HALCON
a product of MVTec

HALCON/HDevelop
Operator-Reference (de)

HALCON 25.11 *Progress*

MVTec Software GmbH

Building Vision for Business

HALCON/HDevelop 25.11.0.0

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Publikation darf ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form, sei es elektronisch, mechanisch, durch Fotokopie, Aufnahme oder andere Verfahren reproduziert, gespeichert oder übertragen werden.

Copyright © 1996-2025 MVTec Software GmbH, München, Deutschland

AMD und AMD Athlon™ sind (eingetragene) Warenzeichen von Advanced Micro Devices, Inc.
OpenCL™ und das OpenCL Logo sind Warenzeichen von Apple Inc., die mit Erlaubnis von Khronos genutzt werden.
Arm® ist ein eingetragenes Warenzeichen von Arm Limited.
OpenGL® und das ovale Logo sind (eingetragene) Warenzeichen von Hewlett Packard Enterprise in den Vereinigten Staaten und/oder anderen Ländern weltweit.
Intel® das Intel® Logo, OpenVINO™ und das OpenVINO™ Logo und Pentium® sind (eingetragene) Warenzeichen von Intel® Corporation oder ihrer Tochterunternehmen.
Linux® ist ein eingetragenes Warenzeichen von Linus Torvalds.
Microsoft, Windows, Microsoft .NET, Visual C++ und Visual Basic sind (eingetragene) Warenzeichen von Microsoft Corporation.
CUDA, cuBLAS und cuDNN sind (eingetragene) Warenzeichen von NVIDIA Corporation.
Sun ist ein Warenzeichen von Oracle Corporation.
Python® ist ein eingetragenes Warenzeichen von PSF.
UNIX® ist ein eingetragenes Warenzeichen von The Open Group.

Alle weiteren national und international anerkannten Warenzeichen und Handelsnamen sind hiermit anerkannt.

Mehr Information über HALCON findet sich unter: `https://www.mvtec.com`

Inhaltsverzeichnis

1 1D-Vermessung **1**

close_measure . . . 3
deserialize_measure . . . 3
fuzzy_measure_pairing . . . 4
fuzzy_measure_pairs . . . 6
fuzzy_measure_pos . . . 8
gen_measure_arc . . . 10
gen_measure_rectangle2 . . . 13
get_measure_param . . . 15
measure_pairs . . . 16
measure_pos . . . 18
measure_projection . . . 20
measure_thresh . . . 21
read_measure . . . 22
reset_fuzzy_measure . . . 23
serialize_measure . . . 23
set_fuzzy_measure . . . 24
set_fuzzy_measure_norm_pair . . . 26
translate_measure . . . 28
write_measure . . . 29

2 2D-Messtechnik **31**

add_metrology_object_circle_measure . . . 34
add_metrology_object_ellipse_measure . . . 36
add_metrology_object_generic . . . 39
add_metrology_object_line_measure . . . 42
add_metrology_object_rectangle2_measure . . . 44
align_metrology_model . . . 46
apply_metrology_model . . . 49
clear_metrology_model . . . 51
clear_metrology_object . . . 51
copy_metrology_model . . . 52
create_metrology_model . . . 53
deserialize_metrology_model . . . 54
get_metrology_model_param . . . 54
get_metrology_object_fuzzy_param . . . 55
get_metrology_object_indices . . . 56
get_metrology_object_measures . . . 57
get_metrology_object_model_contour . . . 58
get_metrology_object_num_instances . . . 59
get_metrology_object_param . . . 60

get_metrology_object_result . . . 62
get_metrology_object_result_contour . . . 64
read_metrology_model . . . 65
reset_metrology_object_fuzzy_param . . . 66
reset_metrology_object_param . . . 67
serialize_metrology_model . . . 67
set_metrology_model_image_size . . . 68
set_metrology_model_param . . . 69
set_metrology_object_fuzzy_param . . . 71
set_metrology_object_param . . . 73
write_metrology_model . . . 76

3 3D-Matching **79**
3.1 3D Gripping Point Detection . . . 81
3.2 3D-Box . . . 88
find_box_3d . . . 88
3.3 Deep 3D Matching . . . 91
apply_deep_matching_3d . . . 96
create_deep_matching_3d . . . 97
get_deep_matching_3d_param . . . 99
get_scene_engine_param . . . 101
open_scene_engine . . . 102
read_deep_matching_3d . . . 104
run_scene_engine . . . 104
set_deep_matching_3d_param . . . 110
set_scene_engine_param . . . 110
write_deep_matching_3d . . . 111
3.4 Deformierbar Oberflächenbasiert . . . 112
add_deformable_surface_model_reference_point . . . 112
add_deformable_surface_model_sample . . . 113
clear_deformable_surface_matching_result . . . 114
clear_deformable_surface_model . . . 114
create_deformable_surface_model . . . 115
deserialize_deformable_surface_model . . . 118
find_deformable_surface_model . . . 118
get_deformable_surface_matching_result . . . 121
get_deformable_surface_model_param . . . 123
read_deformable_surface_model . . . 124
refine_deformable_surface_model . . . 125
serialize_deformable_surface_model . . . 126
write_deformable_surface_model . . . 127
3.5 Formbasiert . . . 127
clear_shape_model_3d . . . 127
create_cam_pose_look_at_point . . . 128
create_shape_model_3d . . . 130
deserialize_shape_model_3d . . . 136
find_shape_model_3d . . . 137
get_shape_model_3d_contours . . . 142
get_shape_model_3d_params . . . 143
project_shape_model_3d . . . 145
read_shape_model_3d . . . 146
serialize_shape_model_3d . . . 147
trans_pose_shape_model_3d . . . 147
write_shape_model_3d . . . 148
3.6 Oberflächenbasiert . . . 149
clear_surface_matching_result . . . 149

clear_surface_model . . . 150
create_surface_model . . . 150
deserialize_surface_model . . . 154
find_surface_model . . . 155
find_surface_model_image . . . 163
get_surface_matching_result . . . 165
get_surface_model_param . . . 166
read_surface_model . . . 168
refine_surface_model_pose . . . 169
refine_surface_model_pose_image . . . 171
serialize_surface_model . . . 172
set_surface_model_param . . . 173
write_surface_model . . . 177

4 3D-Objektmodell **179**

4.1 Generierung . . . 179
clear_object_model_3d . . . 179
copy_object_model_3d . . . 179
deserialize_object_model_3d . . . 182
gen_box_object_model_3d . . . 182
gen_cylinder_object_model_3d . . . 183
gen_empty_object_model_3d . . . 184
gen_object_model_3d_from_points . . . 185
gen_plane_object_model_3d . . . 185
gen_sphere_object_model_3d . . . 186
gen_sphere_object_model_3d_center . . . 187
read_object_model_3d . . . 188
remove_object_model_3d_attrib . . . 193
remove_object_model_3d_attrib_mod . . . 195
serialize_object_model_3d . . . 196
set_object_model_3d_attrib . . . 197
set_object_model_3d_attrib_mod . . . 199
union_object_model_3d . . . 201
write_object_model_3d . . . 202

4.2 Merkmale . . . 203
area_object_model_3d . . . 203
distance_object_model_3d . . . 204
get_object_model_3d_params . . . 209
max_diameter_object_model_3d . . . 214
moments_object_model_3d . . . 215
select_object_model_3d . . . 216
smallest_bounding_box_object_model_3d . . . 218
smallest_sphere_object_model_3d . . . 219
volume_object_model_3d_relative_to_plane . . . 220

4.3 Segmentation . . . 222
fit_primitives_object_model_3d . . . 222
reduce_object_model_3d_by_view . . . 225
segment_object_model_3d . . . 226
select_points_object_model_3d . . . 228

4.4 Transformationen . . . 230
affine_trans_object_model_3d . . . 230
connection_object_model_3d . . . 231
convex_hull_object_model_3d . . . 232
edges_object_model_3d . . . 233
fuse_object_model_3d . . . 234
intersect_plane_object_model_3d . . . 240
object_model_3d_to_xyz . . . 241
prepare_object_model_3d . . . 243

project_object_model_3d . . . 245
projective_trans_object_model_3d . . . 248
register_object_model_3d_global . . . 248
register_object_model_3d_pair . . . 251
render_object_model_3d . . . 253
rigid_trans_object_model_3d . . . 254
sample_object_model_3d . . . 255
simplify_object_model_3d . . . 257
smooth_object_model_3d . . . 259
surface_normals_object_model_3d . . . 261
triangulate_object_model_3d . . . 263
xyz_to_object_model_3d . . . 272

5 3D-Rekonstruktion **275**

5.1 Binokulares Stereo . . . 275
binocular_disparity . . . 275
binocular_disparity_mg . . . 278
binocular_disparity_ms . . . 284
binocular_distance . . . 287
binocular_distance_mg . . . 291
binocular_distance_ms . . . 293
disparity_image_to_xyz . . . 295
disparity_to_distance . . . 296
disparity_to_point_3d . . . 297
distance_to_disparity . . . 298
essential_to_fundamental_matrix . . . 299
gen_binocular_proj_rectification . . . 300
gen_binocular_rectification_map . . . 303
intersect_lines_of_sight . . . 307
match_essential_matrix_ransac . . . 308
match_fundamental_matrix_distortion_ransac . . . 311
match_fundamental_matrix_ransac . . . 315
match_rel_pose_ransac . . . 318
reconst3d_from_fundamental_matrix . . . 321
rel_pose_to_fundamental_matrix . . . 323
vector_to_essential_matrix . . . 324
vector_to_fundamental_matrix . . . 326
vector_to_fundamental_matrix_distortion . . . 329
vector_to_rel_pose . . . 331

5.2 Depth From Focus . . . 334
depth_from_focus . . . 334
select_grayvalues_from_channels . . . 335

5.3 Mehrbild-Stereo . . . 336
clear_stereo_model . . . 339
create_stereo_model . . . 339
get_stereo_model_image_pairs . . . 340
get_stereo_model_object . . . 341
get_stereo_model_object_model_3d . . . 342
get_stereo_model_param . . . 343
reconstruct_points_stereo . . . 344
reconstruct_surface_stereo . . . 346
set_stereo_model_image_pairs . . . 353
set_stereo_model_param . . . 354

5.4 Photometrisches Stereo . . . 361
estimate_al_am . . . 361
estimate_sl_al_lr . . . 362
estimate_sl_al_zc . . . 363
estimate_tilt_lr . . . 363

estimate_tilt_zc . . . 364
photometric_stereo . . . 364
reconstruct_height_field_from_gradient . . . 368
sfs_mod_lr . . . 370
sfs_orig_lr . . . 371
sfs_pentland . . . 373
shade_height_field . . . 374
uncalibrated_photometric_stereo . . . 375
5.5 Sheet-of-light . . . 376
apply_sheet_of_light_calibration . . . 376
calibrate_sheet_of_light . . . 378
clear_sheet_of_light_model . . . 381
create_sheet_of_light_calib_object . . . 382
create_sheet_of_light_model . . . 383
deserialize_sheet_of_light_model . . . 386
get_sheet_of_light_param . . . 387
get_sheet_of_light_result . . . 388
get_sheet_of_light_result_object_model_3d . . . 389
measure_profile_sheet_of_light . . . 389
query_sheet_of_light_params . . . 391
read_sheet_of_light_model . . . 392
reset_sheet_of_light_model . . . 392
serialize_sheet_of_light_model . . . 393
set_profile_sheet_of_light . . . 393
set_sheet_of_light_param . . . 394
write_sheet_of_light_model . . . 398
5.6 Strukturiertes Licht . . . 399

6 Bild **401**
6.1 Bildeinzug . . . 407
close_framegrabber . . . 407
get_framegrabber_callback . . . 408
get_framegrabber_lut . . . 409
get_framegrabber_param . . . 409
grab_data . . . 411
grab_data_async . . . 412
grab_image . . . 413
grab_image_async . . . 414
grab_image_start . . . 415
info_framegrabber . . . 417
open_framegrabber . . . 419
set_framegrabber_callback . . . 422
set_framegrabber_lut . . . 423
set_framegrabber_param . . . 424
6.2 Domain . . . 425
add_channels . . . 425
change_domain . . . 425
full_domain . . . 426
get_domain . . . 427
rectangle1_domain . . . 427
reduce_domain . . . 428
6.3 Format . . . 429
add_image_border . . . 429
change_format . . . 430
crop_domain . . . 431
crop_domain_rel . . . 431
crop_part . . . 432
crop_rectangle1 . . . 433

crop_rectangle2 . . . 434
tile_channels . . . 436
tile_images . . . 437
tile_images_offset . . . 438
6.4 Generierung . . . 440
copy_image . . . 440
gen_image1 . . . 441
gen_image1_extern . . . 442
gen_image1_rect . . . 444
gen_image3 . . . 445
gen_image3_extern . . . 447
gen_image_const . . . 449
gen_image_gray_ramp . . . 451
gen_image_interleaved . . . 452
gen_image_proto . . . 454
gen_image_surface_first_order . . . 455
gen_image_surface_second_order . . . 457
interleave_channels . . . 459
region_to_bin . . . 461
region_to_label . . . 462
region_to_mean . . . 463
6.5 Kanal . . . 464
access_channel . . . 464
append_channel . . . 465
channels_to_image . . . 465
compose2 . . . 466
compose3 . . . 467
compose4 . . . 467
compose5 . . . 468
compose6 . . . 469
compose7 . . . 470
count_channels . . . 471
decompose2 . . . 472
decompose3 . . . 472
decompose4 . . . 473
decompose5 . . . 474
decompose6 . . . 475
decompose7 . . . 476
image_to_channels . . . 477
6.6 Manipulation . . . 478
overpaint_gray . . . 478
overpaint_region . . . 479
paint_gray . . . 481
paint_region . . . 481
paint_xld . . . 483
set_grayval . . . 484
6.7 Merkmale . . . 485
area_center_gray . . . 485
cooc_feature_image . . . 486
cooc_feature_matrix . . . 487
elliptic_axis_gray . . . 489
entropy_gray . . . 490
estimate_noise . . . 491
fit_surface_first_order . . . 493
fit_surface_second_order . . . 494
fuzzy_entropy . . . 496
fuzzy_perimeter . . . 497
gen_cooc_matrix . . . 498

gray_features . . . 500
gray_histo . . . 501
gray_histo_abs . . . 502
gray_histo_range . . . 503
gray_projections . . . 505
histo_2dim . . . 506
intensity . . . 507
min_max_gray . . . 508
moments_gray_plane . . . 509
plane_deviation . . . 510
select_gray . . . 511
shape_histo_all . . . 513
shape_histo_point . . . 514
6.8 Typanpassung . . . 515
complex_to_real . . . 515
convert_image_type . . . 516
real_to_complex . . . 516
real_to_vector_field . . . 517
vector_field_to_real . . . 517
6.9 Zugriff . . . 518
get_grayval . . . 518
get_grayval_contour_xld . . . 519
get_grayval_interpolated . . . 520
get_image_pointer1 . . . 521
get_image_pointer1_rect . . . 523
get_image_pointer3 . . . 524
get_image_size . . . 525
get_image_time . . . 526
get_image_type . . . 526

7 Bildquelle **529**
connect_image_source . . . 535
control_image_source . . . 536
create_image_source . . . 537
disconnect_image_source . . . 539
fetch_from_image_source . . . 539
get_image_source_param . . . 541
query_image_sources . . . 545
set_image_source_param . . . 547
snap_from_image_source . . . 548
start_image_source . . . 549
stop_image_source . . . 550

8 Datei **553**
8.1 Bilddaten . . . 553
deserialize_image . . . 553
image_to_memory_block . . . 554
memory_block_to_image . . . 555
read_image . . . 556
read_image_metadata . . . 558
read_sequence . . . 559
serialize_image . . . 561
write_image . . . 562
write_image_metadata . . . 564
8.2 Objekt . . . 565
deserialize_object . . . 565
read_object . . . 566

serialize_object . . . 566
write_object . . . 567
8.3 Region . . . 568
deserialize_region . . . 568
read_region . . . 568
serialize_region . . . 570
write_region . . . 570
8.4 Sonstiges . . . 571
copy_file . . . 571
delete_file . . . 571
file_exists . . . 572
get_current_dir . . . 572
list_files . . . 573
make_dir . . . 574
read_world_file . . . 574
remove_dir . . . 575
set_current_dir . . . 575
8.5 Tupel . . . 576
deserialize_handle . . . 576
deserialize_tuple . . . 576
read_tuple . . . 577
serialize_handle . . . 577
serialize_tuple . . . 578
tuple_is_serializable . . . 579
tuple_is_serializable_elem . . . 579
write_tuple . . . 580
8.6 XLD . . . 581
deserialize_xld . . . 581
read_contour_xld_arc_info . . . 581
read_contour_xld_dxf . . . 582
read_polygon_xld_arc_info . . . 584
read_polygon_xld_dxf . . . 585
serialize_xld . . . 586
write_contour_xld_arc_info . . . 587
write_contour_xld_dxf . . . 588
write_polygon_xld_arc_info . . . 590
write_polygon_xld_dxf . . . 591
8.7 Zugriff . . . 592
close_file . . . 592
fnew_line . . . 593
fread_bytes . . . 593
fread_char . . . 594
fread_line . . . 595
fread_string . . . 597
fwrite_bytes . . . 598
fwrite_string . . . 599
open_file . . . 600

9 Deep Learning **603**
get_dl_device_param . . . 615
optimize_dl_model_for_inference . . . 617
query_available_dl_devices . . . 619
set_dl_device_param . . . 620
9.1 Anomalieerkennung und Global Context Anomaly Detection . . . 621
train_dl_model_anomaly_dataset . . . 627
9.2 Continual Learning . . . 629
extend_dl_continual_learning . . . 631

init_dl_continual_learning . . . 633
9.3 Framework . . . 635
create_dl_layer_activation . . . 635
create_dl_layer_affine_grid . . . 639
create_dl_layer_anchors . . . 641
create_dl_layer_batch_normalization . . . 645
create_dl_layer_box_proposals . . . 649
create_dl_layer_box_targets . . . 657
create_dl_layer_class_id_conversion . . . 666
create_dl_layer_concat . . . 669
create_dl_layer_convolution . . . 670
create_dl_layer_dense . . . 674
create_dl_layer_depth_max . . . 676
create_dl_layer_depth_to_space . . . 678
create_dl_layer_dropout . . . 680
create_dl_layer_elementwise . . . 681
create_dl_layer_gather . . . 683
create_dl_layer_grid_sample . . . 685
create_dl_layer_identity . . . 687
create_dl_layer_input . . . 688
create_dl_layer_loss_cross_entropy . . . 691
create_dl_layer_loss_ctc . . . 693
create_dl_layer_loss_distance . . . 697
create_dl_layer_loss_focal . . . 699
create_dl_layer_loss_huber . . . 701
create_dl_layer_lrn . . . 703
create_dl_layer_matmul . . . 705
create_dl_layer_permutation . . . 706
create_dl_layer_pooling . . . 708
create_dl_layer_reduce . . . 711
create_dl_layer_reshape . . . 713
create_dl_layer_roi_pooling . . . 715
create_dl_layer_slice . . . 720
create_dl_layer_softmax . . . 722
create_dl_layer_transposed_convolution . . . 724
create_dl_layer_zoom_factor . . . 727
create_dl_layer_zoom_size . . . 729
create_dl_layer_zoom_to_layer_size . . . 731
create_dl_model . . . 733
get_dl_layer_param . . . 735
get_dl_model_layer . . . 735
get_dl_model_layer_activations . . . 736
get_dl_model_layer_gradients . . . 737
get_dl_model_layer_param . . . 737
get_dl_model_layer_weights . . . 738
load_dl_model_weights . . . 740
set_dl_model_layer_param . . . 741
set_dl_model_layer_weights . . . 742
9.4 Klassifikation . . . 743
fit_dl_out_of_distribution . . . 748
9.5 Modell . . . 749
add_dl_pruning_batch . . . 761
apply_dl_model . . . 762
clear_dl_model . . . 764
create_dl_pruning . . . 765
deserialize_dl_model . . . 766
gen_dl_model_heatmap . . . 767
gen_dl_pruned_model . . . 769

get_dl_model_param . . . 769
get_dl_pruning_param . . . 798
read_dl_model . . . 800
serialize_dl_model . . . 808
set_dl_model_param . . . 809
set_dl_pruning_param . . . 813
train_dl_model_batch . . . 814
write_dl_model . . . 817
9.6 Multi-Label-Klassifikation . . . 818
9.7 Objektdetektion und Instanz-Segmentierung . . . 822
create_dl_model_detection . . . 831
9.8 Semantische Segmentierung und Kantenextraktion . . . 836

10 Develop **845**
dev_clear_obj . . . 845
dev_clear_window . . . 845
dev_close_inspect_ctrl . . . 846
dev_close_tool . . . 847
dev_close_window . . . 847
dev_disp_text . . . 848
dev_display . . . 851
dev_error_var . . . 851
dev_get_exception_data . . . 852
dev_get_preferences . . . 853
dev_get_system . . . 854
dev_get_window . . . 854
dev_inspect_ctrl . . . 855
dev_open_dialog . . . 856
dev_open_file_dialog . . . 857
dev_open_tool . . . 858
dev_open_window . . . 862
dev_set_check . . . 864
dev_set_color . . . 865
dev_set_colored . . . 867
dev_set_contour_style . . . 868
dev_set_draw . . . 869
dev_set_line_width . . . 869
dev_set_lut . . . 870
dev_set_paint . . . 871
dev_set_part . . . 872
dev_set_preferences . . . 873
dev_set_shape . . . 874
dev_set_system . . . 875
dev_set_tool_geometry . . . 875
dev_set_window . . . 876
dev_set_window_extents . . . 877
dev_show_tool . . . 878
dev_update_pc . . . 879
dev_update_time . . . 880
dev_update_var . . . 880
dev_update_window . . . 881

11 Filter **883**

11.1 Arithmetik . . . 885
abs_diff_image . . . 885
abs_image . . . 886
acos_image . . . 887
add_image . . . 888
asin_image . . . 889
atan2_image . . . 890
atan_image . . . 891
cos_image . . . 891
div_image . . . 892
exp_image . . . 893
gamma_image . . . 894
invert_image . . . 895
log_image . . . 896
max_image . . . 897
min_image . . . 898
mult_image . . . 899
pow_image . . . 900
scale_image . . . 901
sin_image . . . 902
sqrt_image . . . 903
sub_image . . . 903
tan_image . . . 905
11.2 Bit . . . 906
bit_and . . . 906
bit_lshift . . . 906
bit_mask . . . 907
bit_not . . . 908
bit_or . . . 909
bit_rshift . . . 910
bit_slice . . . 911
bit_xor . . . 912
11.3 FFT . . . 913
convol_fft . . . 913
convol_gabor . . . 914
correlation_fft . . . 914
deserialize_fft_optimization_data . . . 916
energy_gabor . . . 916
fft_generic . . . 917
fft_image . . . 919
fft_image_inv . . . 920
gen_bandfilter . . . 921
gen_bandpass . . . 922
gen_derivative_filter . . . 923
gen_filter_mask . . . 925
gen_gabor . . . 926
gen_gauss_filter . . . 928
gen_highpass . . . 929
gen_lowpass . . . 930
gen_mean_filter . . . 931
gen_sin_bandpass . . . 933
gen_std_bandpass . . . 934
optimize_fft_speed . . . 935
optimize_rft_speed . . . 936
phase_correlation_fft . . . 937
phase_deg . . . 938
phase_rad . . . 939
power_byte . . . 940
power_ln . . . 941

power_real . . . 942
read_fft_optimization_data . . . 943
rft_generic . . . 944
serialize_fft_optimization_data . . . 945
write_fft_optimization_data . . . 946
11.4 Farbe . . . 946
apply_color_trans_lut . . . 946
cfa_to_rgb . . . 947
clear_color_trans_lut . . . 949
create_color_trans_lut . . . 949
gen_canonical_variates_trans . . . 950
gen_principal_comp_trans . . . 951
linear_trans_color . . . 952
principal_comp . . . 953
rgb1_to_gray . . . 954
rgb3_to_gray . . . 955
trans_from_rgb . . . 956
trans_to_rgb . . . 963
11.5 Geometrische Transformationen . . . 969
affine_trans_image . . . 969
affine_trans_image_size . . . 972
convert_map_type . . . 974
map_image . . . 975
mirror_image . . . 976
polar_trans_image_ext . . . 977
polar_trans_image_inv . . . 979
projective_trans_image . . . 981
projective_trans_image_size . . . 983
rotate_image . . . 985
zoom_image_factor . . . 986
zoom_image_size . . . 987
11.6 Glättung . . . 989
anisotropic_diffusion . . . 994
bilateral_filter . . . 995
binomial_filter . . . 1000
eliminate_min_max . . . 1001
eliminate_sp . . . 1003
fill_interlace . . . 1004
gauss_filter . . . 1005
guided_filter . . . 1007
info_smooth . . . 1010
isotropic_diffusion . . . 1011
mean_image . . . 1012
mean_image_shape . . . 1014
mean_n . . . 1015
mean_sp . . . 1016
median_image . . . 1017
median_rect . . . 1019
median_separate . . . 1021
median_weighted . . . 1022
midrange_image . . . 1023
rank_image . . . 1024
rank_n . . . 1026
rank_rect . . . 1027
sigma_image . . . 1029
smooth_image . . . 1031
trimmed_mean . . . 1032
11.7 Inpainting . . . 1034

harmonic_interpolation . . . 1034
inpainting_aniso . . . 1035
inpainting_ced . . . 1037
inpainting_ct . . . 1039
inpainting_mcf . . . 1042
inpainting_texture . . . 1043
11.8 Kanten . . . 1045
close_edges . . . 1045
close_edges_length . . . 1046
derivate_gauss . . . 1047
diff_of_gauss . . . 1051
edges_color . . . 1052
edges_color_sub_pix . . . 1055
edges_image . . . 1057
edges_sub_pix . . . 1060
frei_amp . . . 1063
frei_dir . . . 1064
highpass_image . . . 1065
info_edges . . . 1067
kirsch_amp . . . 1068
kirsch_dir . . . 1069
laplace . . . 1071
laplace_of_gauss . . . 1073
prewitt_amp . . . 1074
prewitt_dir . . . 1075
roberts . . . 1076
robinson_amp . . . 1077
robinson_dir . . . 1078
sobel_amp . . . 1079
sobel_dir . . . 1081
11.9 Linien . . . 1084
bandpass_image . . . 1084
lines_color . . . 1085
lines_facet . . . 1087
lines_gauss . . . 1089
11.10 Match . . . 1092
exhaustive_match . . . 1092
exhaustive_match_mg . . . 1094
gen_gauss_pyramid . . . 1095
monotony . . . 1096
11.11 Optischer Fluss . . . 1097
derivate_vector_field . . . 1097
optical_flow_mg . . . 1099
unwarp_image_vector_field . . . 1107
vector_field_length . . . 1108
11.12 Punkte . . . 1109
corner_response . . . 1109
dots_image . . . 1110
points_foerstner . . . 1111
points_harris . . . 1114
points_harris_binomial . . . 1116
points_lepetit . . . 1117
points_sojka . . . 1119
11.13 Rauschen . . . 1120
add_noise_distribution . . . 1120
add_noise_white . . . 1121
gauss_distribution . . . 1122
noise_distribution_mean . . . 1123

sp_distribution . . . 1124
11.14 Sonstiges . . . 1125
convol_channels . . . 1125
convol_image . . . 1126
deviation_n . . . 1127
expand_domain_gray . . . 1128
gen_savitzky_golay_filter . . . 1130
gray_inside . . . 1130
gray_skeleton . . . 1132
lut_trans . . . 1132
symmetry . . . 1133
topographic_sketch . . . 1135
11.15 Szenenfluss . . . 1136
scene_flow_calib . . . 1136
scene_flow_uncalib . . . 1138
11.16 Texturinspektion . . . 1143
deviation_image . . . 1143
entropy_image . . . 1144
texture_laws . . . 1145
11.17 Verbesserung . . . 1147
coherence_enhancing_diff . . . 1147
emphasize . . . 1149
equ_histo_image . . . 1150
equ_histo_image_rect . . . 1151
illuminate . . . 1153
mean_curvature_flow . . . 1154
scale_image_max . . . 1156
shock_filter . . . 1157
11.18 Wienerfilter . . . 1158
gen_psf_defocus . . . 1158
gen_psf_motion . . . 1160
simulate_defocus . . . 1161
simulate_motion . . . 1162
wiener_filter . . . 1164
wiener_filter_ni . . . 1165

12 Graphik **1169**
12.1 3D-Szene . . . 1169
add_scene_3d_camera . . . 1169
add_scene_3d_instance . . . 1170
add_scene_3d_label . . . 1170
add_scene_3d_light . . . 1172
clear_scene_3d . . . 1173
create_scene_3d . . . 1173
display_scene_3d . . . 1175
get_display_scene_3d_info . . . 1176
remove_scene_3d_camera . . . 1177
remove_scene_3d_instance . . . 1177
remove_scene_3d_label . . . 1178
remove_scene_3d_light . . . 1178
render_scene_3d . . . 1179
set_scene_3d_camera_pose . . . 1179
set_scene_3d_instance_param . . . 1180
set_scene_3d_instance_pose . . . 1183
set_scene_3d_label_param . . . 1183
set_scene_3d_light_param . . . 1185
set_scene_3d_param . . . 1186
set_scene_3d_to_world_pose . . . 1187

12.2 Ausgabe . . . 1187
disp_arc . . . 1187
disp_arrow . . . 1189
disp_channel . . . 1190
disp_circle . . . 1191
disp_color . . . 1192
disp_cross . . . 1193
disp_ellipse . . . 1194
disp_image . . . 1196
disp_line . . . 1197
disp_obj . . . 1198
disp_object_model_3d . . . 1199
disp_polygon . . . 1203
disp_rectangle1 . . . 1204
disp_rectangle2 . . . 1206
disp_region . . . 1207
disp_xld . . . 1208
12.3 Farbtabelle . . . 1209
get_lut . . . 1209
query_lut . . . 1209
set_lut . . . 1210
12.4 Fenster . . . 1213
clear_window . . . 1213
close_window . . . 1213
copy_rectangle . . . 1214
dump_window . . . 1216
dump_window_image . . . 1217
flush_buffer . . . 1218
get_disp_object_model_3d_info . . . 1219
get_os_window_handle . . . 1220
get_window_attr . . . 1222
get_window_extents . . . 1222
get_window_pointer3 . . . 1223
get_window_type . . . 1224
new_extern_window . . . 1225
open_window . . . 1227
query_window_type . . . 1230
set_window_attr . . . 1231
set_window_dc . . . 1232
set_window_extents . . . 1233
set_window_type . . . 1234
unproject_coordinates . . . 1234
update_window_pose . . . 1235
12.5 Maus . . . 1237
get_mbutton . . . 1237
get_mbutton_sub_pix . . . 1238
get_mposition . . . 1239
get_mposition_sub_pix . . . 1240
get_mshape . . . 1241
query_mshape . . . 1241
send_mouse_double_click_event . . . 1242
send_mouse_down_event . . . 1243
send_mouse_drag_event . . . 1244
send_mouse_up_event . . . 1245
set_mshape . . . 1246
12.6 Objekt . . . 1246
attach_background_to_window . . . 1246
attach_drawing_object_to_window . . . 1247

clear_drawing_object . . . 1248
create_drawing_object_circle . . . 1249
create_drawing_object_circle_sector . . . 1250
create_drawing_object_ellipse . . . 1252
create_drawing_object_ellipse_sector . . . 1253
create_drawing_object_line . . . 1254
create_drawing_object_rectangle1 . . . 1255
create_drawing_object_rectangle2 . . . 1256
create_drawing_object_text . . . 1258
create_drawing_object_xld . . . 1259
detach_background_from_window . . . 1260
detach_drawing_object_from_window . . . 1260
get_drawing_object_iconic . . . 1261
get_drawing_object_params . . . 1261
get_window_background_image . . . 1262
set_content_update_callback . . . 1263
set_drawing_object_callback . . . 1264
set_drawing_object_params . . . 1265
set_drawing_object_xld . . . 1267
12.7 Parameter . . . 1268
convert_coordinates_image_to_window . . . 1268
convert_coordinates_window_to_image . . . 1269
get_contour_style . . . 1270
get_draw . . . 1271
get_hsi . . . 1271
get_icon . . . 1272
get_line_style . . . 1273
get_line_width . . . 1273
get_paint . . . 1274
get_part . . . 1275
get_part_style . . . 1275
get_rgb . . . 1276
get_rgba . . . 1277
get_shape . . . 1277
get_window_param . . . 1278
query_all_colors . . . 1279
query_color . . . 1280
query_colored . . . 1280
query_gray . . . 1281
query_line_width . . . 1282
query_paint . . . 1282
query_shape . . . 1283
set_color . . . 1283
set_colored . . . 1286
set_contour_style . . . 1287
set_draw . . . 1288
set_gray . . . 1288
set_hsi . . . 1289
set_icon . . . 1291
set_line_style . . . 1291
set_line_width . . . 1292
set_paint . . . 1293
set_part . . . 1295
set_part_style . . . 1297
set_rgb . . . 1297
set_rgba . . . 1298
set_shape . . . 1299
set_window_param . . . 1300
12.8 Text . . . 1303

disp_text . . . 1303
get_font . . . 1306
get_font_extents . . . 1306
get_string_extents . . . 1307
get_tposition . . . 1308
new_line . . . 1309
query_font . . . 1309
read_char . . . 1310
read_string . . . 1311
set_font . . . 1312
set_tposition . . . 1313
write_string . . . 1314
12.9 Zeichnen . . . 1315
drag_region1 . . . 1316
drag_region2 . . . 1317
drag_region3 . . . 1318
draw_circle . . . 1319
draw_circle_mod . . . 1320
draw_ellipse . . . 1321
draw_ellipse_mod . . . 1323
draw_line . . . 1324
draw_line_mod . . . 1325
draw_nurbs . . . 1326
draw_nurbs_interp . . . 1328
draw_nurbs_interp_mod . . . 1330
draw_nurbs_mod . . . 1332
draw_point . . . 1335
draw_point_mod . . . 1336
draw_polygon . . . 1336
draw_rectangle1 . . . 1337
draw_rectangle1_mod . . . 1338
draw_rectangle2 . . . 1340
draw_rectangle2_mod . . . 1341
draw_region . . . 1342
draw_xld . . . 1343
draw_xld_mod . . . 1344

13 Identifizierung **1347**

13.1 Barcode . . . 1347
clear_bar_code_model . . . 1349
create_bar_code_model . . . 1349
decode_bar_code_rectangle2 . . . 1351
deserialize_bar_code_model . . . 1353
find_bar_code . . . 1353
get_bar_code_object . . . 1357
get_bar_code_param . . . 1358
get_bar_code_param_specific . . . 1360
get_bar_code_result . . . 1362
query_bar_code_params . . . 1370
read_bar_code_model . . . 1371
serialize_bar_code_model . . . 1372
set_bar_code_param . . . 1373
set_bar_code_param_specific . . . 1383
write_bar_code_model . . . 1385
13.2 Datacode . . . 1387
clear_data_code_2d_model . . . 1389
create_data_code_2d_model . . . 1389
deserialize_data_code_2d_model . . . 1394
find_data_code_2d . . . 1394

get_data_code_2d_objects . . . 1401
get_data_code_2d_param . . . 1404
get_data_code_2d_results . . . 1409
query_data_code_2d_params . . . 1426
read_data_code_2d_model . . . 1428
serialize_data_code_2d_model . . . 1429
set_data_code_2d_param . . . 1429
write_data_code_2d_model . . . 1440

14 Inspektion **1443**

14.1 Kleberaupeninspektion . . . 1443
apply_bead_inspection_model . . . 1443
clear_bead_inspection_model . . . 1444
create_bead_inspection_model . . . 1445
get_bead_inspection_param . . . 1447
set_bead_inspection_param . . . 1448
14.2 OCV . . . 1449
close_ocv . . . 1449
create_ocv_proj . . . 1450
deserialize_ocv . . . 1451
do_ocv_simple . . . 1452
read_ocv . . . 1453
serialize_ocv . . . 1454
traind_ocv_proj . . . 1455
write_ocv . . . 1456
14.3 Strukturiertes Licht . . . 1456
clear_structured_light_model . . . 1457
create_structured_light_model . . . 1458
decode_structured_light_pattern . . . 1459
deserialize_structured_light_model . . . 1460
gen_structured_light_pattern . . . 1461
get_structured_light_model_param . . . 1466
get_structured_light_object . . . 1467
read_structured_light_model . . . 1468
reconstruct_surface_structured_light . . . 1469
serialize_structured_light_model . . . 1471
set_structured_light_model_param . . . 1471
write_structured_light_model . . . 1475
14.4 Texturinspektion . . . 1476
add_texture_inspection_model_image . . . 1480
apply_texture_inspection_model . . . 1481
clear_texture_inspection_model . . . 1483
clear_texture_inspection_result . . . 1484
create_texture_inspection_model . . . 1485
deserialize_texture_inspection_model . . . 1486
get_texture_inspection_model_image . . . 1487
get_texture_inspection_model_param . . . 1488
get_texture_inspection_result_object . . . 1490
read_texture_inspection_model . . . 1491
remove_texture_inspection_model_image . . . 1492
serialize_texture_inspection_model . . . 1494
set_texture_inspection_model_param . . . 1495
train_texture_inspection_model . . . 1499
write_texture_inspection_model . . . 1501
14.5 Variationsmodell . . . 1502
clear_train_data_variation_model . . . 1502
clear_variation_model . . . 1502
compare_ext_variation_model . . . 1503

compare_variation_model . . . 1505
create_variation_model . . . 1506
deserialize_variation_model . . . 1507
get_thresh_images_variation_model . . . 1508
get_variation_model . . . 1509
prepare_direct_variation_model . . . 1509
prepare_variation_model . . . 1511
read_variation_model . . . 1512
serialize_variation_model . . . 1513
train_variation_model . . . 1514
write_variation_model . . . 1515

15 Kalibrierung **1517**

15.1 Binokular . . . 1533
binocular_calibration . . . 1533
15.2 Hand-Auge . . . 1537
calibrate_hand_eye . . . 1537
get_calib_data_observ_pose . . . 1543
hand_eye_calibration . . . 1543
set_calib_data_observ_pose . . . 1549
15.3 Inverse Projektion . . . 1550
get_line_of_sight . . . 1550
15.4 Kalibrierkörper . . . 1551
caltab_points . . . 1551
create_caltab . . . 1553
disp_caltab . . . 1559
find_calib_object . . . 1560
find_caltab . . . 1563
find_marks_and_pose . . . 1564
gen_caltab . . . 1567
sim_caltab . . . 1570
15.5 Kameraparameter . . . 1572
cam_mat_to_cam_par . . . 1572
cam_par_to_cam_mat . . . 1573
deserialize_cam_par . . . 1574
read_cam_par . . . 1575
serialize_cam_par . . . 1576
write_cam_par . . . 1576
15.6 Mehrbild . . . 1577
calibrate_cameras . . . 1581
clear_calib_data . . . 1582
clear_camera_setup_model . . . 1582
create_calib_data . . . 1583
create_camera_setup_model . . . 1584
deserialize_calib_data . . . 1586
deserialize_camera_setup_model . . . 1586
get_calib_data . . . 1587
get_calib_data_observ_contours . . . 1597
get_calib_data_observ_points . . . 1598
get_camera_setup_param . . . 1599
query_calib_data_observ_indices . . . 1600
read_calib_data . . . 1601
read_camera_setup_model . . . 1602
remove_calib_data . . . 1602
remove_calib_data_observ . . . 1603
serialize_calib_data . . . 1604
serialize_camera_setup_model . . . 1605
set_calib_data . . . 1605

set_calib_data_calib_object . . . 1608
set_calib_data_cam_param . . . 1609
set_calib_data_observ_points . . . 1610
set_camera_setup_cam_param . . . 1612
set_camera_setup_param . . . 1613
write_calib_data . . . 1614
write_camera_setup_model . . . 1615
15.7 Monokular . . . 1615
camera_calibration . . . 1615
15.8 Projektion . . . 1619
cam_par_pose_to_hom_mat3d . . . 1619
project_3d_point . . . 1619
project_hom_point_hom_mat3d . . . 1620
project_point_hom_mat3d . . . 1621
15.9 Rektifizierung . . . 1622
change_radial_distortion_cam_par . . . 1622
change_radial_distortion_contours_xld . . . 1624
change_radial_distortion_image . . . 1625
change_radial_distortion_points . . . 1626
contour_to_world_plane_xld . . . 1626
gen_image_to_world_plane_map . . . 1628
gen_radial_distortion_map . . . 1630
image_points_to_world_plane . . . 1631
image_to_world_plane . . . 1633
15.10 Selbst-Kalibrierung . . . 1635
radial_distortion_self_calibration . . . 1635
radiometric_self_calibration . . . 1638
stationary_camera_self_calibration . . . 1641

16 Klassifikation **1649**
16.1 Gaußsches Mischverteilungsmodell . . . 1649
add_class_train_data_gmm . . . 1649
add_sample_class_gmm . . . 1650
classify_class_gmm . . . 1651
clear_class_gmm . . . 1652
clear_samples_class_gmm . . . 1652
create_class_gmm . . . 1653
deserialize_class_gmm . . . 1656
evaluate_class_gmm . . . 1656
get_class_train_data_gmm . . . 1658
get_params_class_gmm . . . 1659
get_prep_info_class_gmm . . . 1660
get_sample_class_gmm . . . 1661
get_sample_num_class_gmm . . . 1662
read_class_gmm . . . 1663
read_samples_class_gmm . . . 1664
select_feature_set_gmm . . . 1665
serialize_class_gmm . . . 1667
train_class_gmm . . . 1668
write_class_gmm . . . 1670
write_samples_class_gmm . . . 1671
16.2 K-Nächste-Nachbarn . . . 1671
add_class_train_data_knn . . . 1671
add_sample_class_knn . . . 1672
classify_class_knn . . . 1673
clear_class_knn . . . 1674
create_class_knn . . . 1675
deserialize_class_knn . . . 1676

get_class_train_data_knn . . . 1676
get_params_class_knn . . . 1677
get_sample_class_knn . . . 1678
get_sample_num_class_knn . . . 1678
read_class_knn . . . 1679
select_feature_set_knn . . . 1680
serialize_class_knn . . . 1682
set_params_class_knn . . . 1683
train_class_knn . . . 1684
write_class_knn . . . 1685
16.3 Look-Up-Tabelle . . . 1686
clear_class_lut . . . 1686
create_class_lut_gmm . . . 1686
create_class_lut_knn . . . 1688
create_class_lut_mlp . . . 1690
create_class_lut_svm . . . 1692
16.4 Neuronale Netze . . . 1693
add_class_train_data_mlp . . . 1693
add_sample_class_mlp . . . 1694
classify_class_mlp . . . 1695
clear_class_mlp . . . 1696
clear_samples_class_mlp . . . 1697
create_class_mlp . . . 1697
deserialize_class_mlp . . . 1702
evaluate_class_mlp . . . 1702
get_class_train_data_mlp . . . 1703
get_params_class_mlp . . . 1704
get_prep_info_class_mlp . . . 1705
get_regularization_params_class_mlp . . . 1707
get_rejection_params_class_mlp . . . 1707
get_sample_class_mlp . . . 1708
get_sample_num_class_mlp . . . 1709
read_class_mlp . . . 1710
read_samples_class_mlp . . . 1710
select_feature_set_mlp . . . 1711
serialize_class_mlp . . . 1713
set_regularization_params_class_mlp . . . 1714
set_rejection_params_class_mlp . . . 1720
train_class_mlp . . . 1721
write_class_mlp . . . 1723
write_samples_class_mlp . . . 1724
16.5 Sonstiges . . . 1725
add_sample_class_train_data . . . 1725
clear_class_train_data . . . 1726
create_class_train_data . . . 1726
deserialize_class_train_data . . . 1727
get_sample_class_train_data . . . 1728
get_sample_num_class_train_data . . . 1729
read_class_train_data . . . 1729
select_sub_feature_class_train_data . . . 1730
serialize_class_train_data . . . 1731
set_feature_lengths_class_train_data . . . 1732
write_class_train_data . . . 1733
16.6 Support-Vektor-Maschinen . . . 1734
add_class_train_data_svm . . . 1734
add_sample_class_svm . . . 1735
classify_class_svm . . . 1736
clear_class_svm . . . 1737

clear_samples_class_svm . . . 1737
create_class_svm . . . 1738
deserialize_class_svm . . . 1742
evaluate_class_svm . . . 1743
get_class_train_data_svm . . . 1743
get_params_class_svm . . . 1744
get_prep_info_class_svm . . . 1745
get_sample_class_svm . . . 1747
get_sample_num_class_svm . . . 1748
get_support_vector_class_svm . . . 1748
get_support_vector_num_class_svm . . . 1749
read_class_svm . . . 1750
read_samples_class_svm . . . 1751
reduce_class_svm . . . 1752
select_feature_set_svm . . . 1753
serialize_class_svm . . . 1755
train_class_svm . . . 1756
write_class_svm . . . 1758
write_samples_class_svm . . . 1758

17 Legacy **1761**

17.1 2D-Messtechnik . . . 1761
copy_metrology_object . . . 1761
transform_metrology_object . . . 1762
17.2 Develop . . . 1763
dev_map_par . . . 1763
dev_map_prog . . . 1763
dev_map_var . . . 1764
dev_unmap_par . . . 1764
dev_unmap_prog . . . 1765
dev_unmap_var . . . 1765
17.3 Filter . . . 1766
gauss_image . . . 1766
polar_trans_image . . . 1767
17.4 Graphik . . . 1768
clear_rectangle . . . 1768
disp_distribution . . . 1769
disp_lut . . . 1770
get_comprise . . . 1771
get_fix . . . 1772
get_fixed_lut . . . 1773
get_line_approx . . . 1773
get_lut_style . . . 1774
get_pixel . . . 1774
get_tshape . . . 1775
move_rectangle . . . 1776
open_textwindow . . . 1777
query_tshape . . . 1781
set_comprise . . . 1781
set_fix . . . 1782
set_fixed_lut . . . 1783
set_line_approx . . . 1784
set_lut_style . . . 1785
set_pixel . . . 1786
set_tshape . . . 1787
slide_image . . . 1787
write_lut . . . 1788
17.5 Identifizierung . . . 1789

add_sample_identifier_preparation_data . . . 1792
add_sample_identifier_training_data . . . 1794
apply_sample_identifier . . . 1795
clear_sample_identifier . . . 1798
create_sample_identifier . . . 1799
deserialize_sample_identifier . . . 1801
get_sample_identifier_object_info . . . 1801
get_sample_identifier_param . . . 1803
prepare_sample_identifier . . . 1804
read_sample_identifier . . . 1806
remove_sample_identifier_preparation_data . . . 1806
remove_sample_identifier_training_data . . . 1808
serialize_sample_identifier . . . 1809
set_sample_identifier_object_info . . . 1809
set_sample_identifier_param . . . 1810
train_sample_identifier . . . 1812
write_sample_identifier . . . 1813
17.6 Matching, Komponentenbasiert . . . 1814
clear_component_model . . . 1814
clear_training_components . . . 1815
cluster_model_components . . . 1815
create_component_model . . . 1817
create_trained_component_model . . . 1820
deserialize_component_model . . . 1822
deserialize_training_components . . . 1823
find_component_model . . . 1823
gen_initial_components . . . 1829
get_component_model_params . . . 1832
get_component_model_tree . . . 1832
get_component_relations . . . 1834
get_found_component_model . . . 1836
get_training_components . . . 1837
inspect_clustered_components . . . 1838
modify_component_relations . . . 1839
read_component_model . . . 1841
read_training_components . . . 1842
serialize_component_model . . . 1842
serialize_training_components . . . 1843
train_model_components . . . 1843
write_component_model . . . 1848
write_training_components . . . 1848
17.7 Morphologie . . . 1849
closing_golay . . . 1849
dilation_golay . . . 1850
dilation_seq . . . 1851
erosion_golay . . . 1853
erosion_seq . . . 1854
fitting . . . 1855
gen_struct_elements . . . 1856
golay_elements . . . 1857
hit_or_miss_golay . . . 1860
hit_or_miss_seq . . . 1861
morph_hat . . . 1862
morph_skeleton . . . 1864
morph_skiz . . . 1865
opening_golay . . . 1866
opening_seg . . . 1867
thickening . . . 1868
thickening_golay . . . 1870

thickening_seq . . . 1871
thinning . . . 1872
thinning_golay . . . 1873
thinning_seq . . . 1874
17.8 OCR . . . 1876
close_ocr . . . 1876
create_ocr_class_box . . . 1877
create_text_model . . . 1879
deserialize_ocr . . . 1879
do_ocr_multi . . . 1880
do_ocr_single . . . 1881
info_ocr_class_box . . . 1882
ocr_change_char . . . 1883
ocr_get_features . . . 1883
read_ocr . . . 1884
serialize_ocr . . . 1885
testd_ocr_class_box . . . 1885
traind_ocr_class_box . . . 1886
trainf_ocr_class_box . . . 1887
write_ocr . . . 1888
17.9 Regionen . . . 1889
get_region_chain . . . 1889
hamming_change_region . . . 1890
interjacent . . . 1891
17.10 Segmentation . . . 1892
bin_threshold . . . 1892
expand_line . . . 1893
17.11 Steuerung . . . 1894
ifelse . . . 1894
17.12 Tools . . . 1895
approx_chain . . . 1895
approx_chain_simple . . . 1899
distance_funct_1d . . . 1900
filter_kalman . . . 1901
intersection_ll . . . 1905
partition_lines . . . 1906
read_kalman . . . 1908
select_lines . . . 1910
select_lines_longest . . . 1912
update_kalman . . . 1913
17.13 XLD . . . 1915
union_straight_contours_histo_xld . . . 1915

18 Matching **1917**
18.1 Deep Counting . . . 1917
apply_deep_counting_model . . . 1918
create_deep_counting_model . . . 1919
get_deep_counting_model_param . . . 1920
prepare_deep_counting_model . . . 1922
read_deep_counting_model . . . 1923
set_deep_counting_model_param . . . 1924
write_deep_counting_model . . . 1925
18.2 Deformierbar . . . 1926
clear_deformable_model . . . 1926
create_local_deformable_model . . . 1926
create_local_deformable_model_xld . . . 1928
create_planar_calib_deformable_model . . . 1931
create_planar_calib_deformable_model_xld . . . 1934

create_planar_uncalib_deformable_model . . . 1936
create_planar_uncalib_deformable_model_xld . . . 1940
deserialize_deformable_model . . . 1944
determine_deformable_model_params . . . 1945
find_local_deformable_model . . . 1947
find_planar_calib_deformable_model . . . 1950
find_planar_uncalib_deformable_model . . . 1952
get_deformable_model_contours . . . 1957
get_deformable_model_origin . . . 1958
get_deformable_model_params . . . 1959
read_deformable_model . . . 1960
serialize_deformable_model . . . 1961
set_deformable_model_origin . . . 1961
set_deformable_model_param . . . 1962
set_local_deformable_model_metric . . . 1963
set_planar_calib_deformable_model_metric . . . 1965
set_planar_uncalib_deformable_model_metric . . . 1966
write_deformable_model . . . 1967
18.3 Deskriptorbasiert . . . 1968
clear_descriptor_model . . . 1968
create_calib_descriptor_model . . . 1969
create_uncalib_descriptor_model . . . 1970
deserialize_descriptor_model . . . 1973
find_calib_descriptor_model . . . 1974
find_uncalib_descriptor_model . . . 1976
get_descriptor_model_origin . . . 1979
get_descriptor_model_params . . . 1979
get_descriptor_model_points . . . 1980
get_descriptor_model_results . . . 1981
read_descriptor_model . . . 1982
serialize_descriptor_model . . . 1983
set_descriptor_model_origin . . . 1984
write_descriptor_model . . . 1984
18.4 Formbasiert . . . 1985
adapt_shape_model_high_noise . . . 1985
clear_shape_model . . . 1986
create_aniso_shape_model . . . 1986
create_aniso_shape_model_xld . . . 1992
create_generic_shape_model . . . 1997
create_scaled_shape_model . . . 1997
create_scaled_shape_model_xld . . . 2002
create_shape_model . . . 2006
create_shape_model_xld . . . 2011
deserialize_shape_model . . . 2015
determine_shape_model_params . . . 2015
find_aniso_shape_model . . . 2018
find_aniso_shape_models . . . 2024
find_generic_shape_model . . . 2032
find_scaled_shape_model . . . 2033
find_scaled_shape_models . . . 2039
find_shape_model . . . 2047
find_shape_models . . . 2052
get_generic_shape_model_object . . . 2059
get_generic_shape_model_param . . . 2060
get_generic_shape_model_result . . . 2061
get_generic_shape_model_result_object . . . 2064
get_shape_model_clutter . . . 2065
get_shape_model_contours . . . 2066
get_shape_model_origin . . . 2067

get_shape_model_params . . . 2067
inspect_shape_model . . . 2069
read_shape_model . . . 2070
serialize_shape_model . . . 2071
set_generic_shape_model_object . . . 2071
set_generic_shape_model_param . . . 2072
set_shape_model_clutter . . . 2086
set_shape_model_metric . . . 2089
set_shape_model_origin . . . 2091
set_shape_model_param . . . 2091
train_generic_shape_model . . . 2093
write_shape_model . . . 2094
18.5 Korrelationsbasiert . . . 2095
clear_ncc_model . . . 2095
create_ncc_model . . . 2095
deserialize_ncc_model . . . 2097
determine_ncc_model_params . . . 2098
find_ncc_model . . . 2099
find_ncc_models . . . 2104
get_ncc_model_origin . . . 2108
get_ncc_model_params . . . 2109
get_ncc_model_region . . . 2109
read_ncc_model . . . 2110
serialize_ncc_model . . . 2111
set_ncc_model_origin . . . 2111
set_ncc_model_param . . . 2112
write_ncc_model . . . 2113

19 Matrix **2115**
19.1 Arithmetik . . . 2115
abs_matrix . . . 2115
abs_matrix_mod . . . 2116
add_matrix . . . 2116
add_matrix_mod . . . 2117
div_element_matrix . . . 2118
div_element_matrix_mod . . . 2119
invert_matrix . . . 2120
invert_matrix_mod . . . 2122
mult_element_matrix . . . 2125
mult_element_matrix_mod . . . 2125
mult_matrix . . . 2126
mult_matrix_mod . . . 2129
pow_element_matrix . . . 2131
pow_element_matrix_mod . . . 2131
pow_matrix . . . 2132
pow_matrix_mod . . . 2134
pow_scalar_element_matrix . . . 2135
pow_scalar_element_matrix_mod . . . 2136
scale_matrix . . . 2137
scale_matrix_mod . . . 2138
solve_matrix . . . 2139
sqrt_matrix . . . 2141
sqrt_matrix_mod . . . 2142
sub_matrix . . . 2143
sub_matrix_mod . . . 2144
transpose_matrix . . . 2145
transpose_matrix_mod . . . 2145
19.2 Datei . . . 2146
deserialize_matrix . . . 2146

read_matrix . . . 2147
serialize_matrix . . . 2148
write_matrix . . . 2148
19.3 Eigenwerte . . . 2149
eigenvalues_general_matrix . . . 2149
eigenvalues_symmetric_matrix . . . 2150
generalized_eigenvalues_general_matrix . . . 2152
generalized_eigenvalues_symmetric_matrix . . . 2153
19.4 Generierung . . . 2155
clear_matrix . . . 2155
copy_matrix . . . 2155
create_matrix . . . 2156
repeat_matrix . . . 2158
19.5 Merkmale . . . 2159
determinant_matrix . . . 2159
get_size_matrix . . . 2160
max_matrix . . . 2160
mean_matrix . . . 2161
min_matrix . . . 2163
norm_matrix . . . 2164
sum_matrix . . . 2165
19.6 Zerlegung . . . 2167
decompose_matrix . . . 2167
orthogonal_decompose_matrix . . . 2169
svd_matrix . . . 2173
19.7 Zugriff . . . 2175
get_diagonal_matrix . . . 2175
get_full_matrix . . . 2176
get_sub_matrix . . . 2177
get_value_matrix . . . 2178
set_diagonal_matrix . . . 2179
set_full_matrix . . . 2182
set_sub_matrix . . . 2183
set_value_matrix . . . 2184

20 Morphologie **2187**
20.1 Grauwerte . . . 2187
dual_rank . . . 2189
gen_disc_se . . . 2191
gray_bothat . . . 2192
gray_closing . . . 2193
gray_closing_rect . . . 2194
gray_closing_shape . . . 2195
gray_dilation . . . 2196
gray_dilation_rect . . . 2197
gray_dilation_shape . . . 2198
gray_erosion . . . 2199
gray_erosion_rect . . . 2200
gray_erosion_shape . . . 2201
gray_opening . . . 2202
gray_opening_rect . . . 2203
gray_opening_shape . . . 2204
gray_range_rect . . . 2206
gray_tophat . . . 2207
read_gray_se . . . 2207
20.2 Region . . . 2209
bottom_hat . . . 2211
boundary . . . 2212

closing . . . 2214
closing_circle . . . 2215
closing_rectangle1 . . . 2217
dilation1 . . . 2218
dilation2 . . . 2219
dilation_circle . . . 2221
dilation_rectangle1 . . . 2222
erosion1 . . . 2224
erosion2 . . . 2225
erosion_circle . . . 2227
erosion_rectangle1 . . . 2228
hit_or_miss . . . 2229
minkowski_add1 . . . 2231
minkowski_add2 . . . 2232
minkowski_sub1 . . . 2233
minkowski_sub2 . . . 2235
opening . . . 2236
opening_circle . . . 2238
opening_rectangle1 . . . 2239
pruning . . . 2240
top_hat . . . 2241

21 OCR **2243**

21.1 Convolutional Neural Networks . . . 2243
clear_ocr_class_cnn . . . 2243
deserialize_ocr_class_cnn . . . 2243
do_ocr_multi_class_cnn . . . 2244
do_ocr_single_class_cnn . . . 2245
do_ocr_word_cnn . . . 2246
get_params_ocr_class_cnn . . . 2248
query_params_ocr_class_cnn . . . 2249
read_ocr_class_cnn . . . 2249
serialize_ocr_class_cnn . . . 2250

21.2 Deep OCR . . . 2251
apply_deep_ocr . . . 2256
create_deep_ocr . . . 2258
get_deep_ocr_param . . . 2259
read_deep_ocr . . . 2265
set_deep_ocr_param . . . 2266
write_deep_ocr . . . 2267

21.3 K-Nächste-Nachbarn . . . 2267
clear_ocr_class_knn . . . 2267
create_ocr_class_knn . . . 2268
deserialize_ocr_class_knn . . . 2271
do_ocr_multi_class_knn . . . 2272
do_ocr_single_class_knn . . . 2273
do_ocr_word_knn . . . 2274
get_features_ocr_class_knn . . . 2276
get_params_ocr_class_knn . . . 2276
read_ocr_class_knn . . . 2277
select_feature_set_trainf_knn . . . 2278
serialize_ocr_class_knn . . . 2280
trainf_ocr_class_knn . . . 2280
write_ocr_class_knn . . . 2282

21.4 Lexika . . . 2282
clear_lexicon . . . 2282
create_lexicon . . . 2283
import_lexicon . . . 2284

inspect_lexicon . . . 2284
lookup_lexicon . . . 2285
suggest_lexicon . . . 2285
21.5 Neuronale Netze . . . 2286
clear_ocr_class_mlp . . . 2286
create_ocr_class_mlp . . . 2287
deserialize_ocr_class_mlp . . . 2291
do_ocr_multi_class_mlp . . . 2291
do_ocr_single_class_mlp . . . 2292
do_ocr_word_mlp . . . 2293
get_features_ocr_class_mlp . . . 2295
get_params_ocr_class_mlp . . . 2296
get_prep_info_ocr_class_mlp . . . 2297
get_regularization_params_ocr_class_mlp . . . 2298
get_rejection_params_ocr_class_mlp . . . 2299
read_ocr_class_mlp . . . 2300
select_feature_set_trainf_mlp . . . 2301
select_feature_set_trainf_mlp_protected . . . 2303
serialize_ocr_class_mlp . . . 2304
set_regularization_params_ocr_class_mlp . . . 2305
set_rejection_params_ocr_class_mlp . . . 2307
trainf_ocr_class_mlp . . . 2308
trainf_ocr_class_mlp_protected . . . 2309
write_ocr_class_mlp . . . 2311
21.6 Segmentation . . . 2311
clear_text_model . . . 2311
clear_text_result . . . 2312
create_text_model_reader . . . 2312
find_text . . . 2314
get_text_model_param . . . 2315
get_text_object . . . 2316
get_text_result . . . 2317
segment_characters . . . 2319
select_characters . . . 2322
set_text_model_param . . . 2325
text_line_orientation . . . 2330
text_line_slant . . . 2332
21.7 Support-Vektor-Maschinen . . . 2333
clear_ocr_class_svm . . . 2333
create_ocr_class_svm . . . 2333
deserialize_ocr_class_svm . . . 2337
do_ocr_multi_class_svm . . . 2338
do_ocr_single_class_svm . . . 2338
do_ocr_word_svm . . . 2339
get_features_ocr_class_svm . . . 2341
get_params_ocr_class_svm . . . 2342
get_prep_info_ocr_class_svm . . . 2343
get_support_vector_num_ocr_class_svm . . . 2344
get_support_vector_ocr_class_svm . . . 2345
read_ocr_class_svm . . . 2346
reduce_ocr_class_svm . . . 2347
select_feature_set_trainf_svm . . . 2347
select_feature_set_trainf_svm_protected . . . 2349
serialize_ocr_class_svm . . . 2351
trainf_ocr_class_svm . . . 2352
trainf_ocr_class_svm_protected . . . 2353
write_ocr_class_svm . . . 2354
21.8 Trainingsdateien . . . 2355

append_ocr_trainf . . . 2355
concat_ocr_trainf . . . 2356
protect_ocr_trainf . . . 2356
read_ocr_trainf . . . 2358
read_ocr_trainf_names . . . 2358
read_ocr_trainf_names_protected . . . 2359
read_ocr_trainf_select . . . 2360
write_ocr_trainf . . . 2360
write_ocr_trainf_image . . . 2361

22 Objekt **2363**

22.1 Information . . . 2364
compare_obj . . . 2364
count_obj . . . 2365
get_channel_info . . . 2365
get_obj_class . . . 2366
test_equal_obj . . . 2367
22.2 Manipulation . . . 2368
clear_obj . . . 2368
concat_obj . . . 2369
copy_obj . . . 2370
gen_empty_obj . . . 2371
insert_obj . . . 2371
integer_to_obj . . . 2372
obj_diff . . . 2373
obj_to_integer . . . 2374
remove_obj . . . 2375
replace_obj . . . 2375
select_obj . . . 2376

23 Regionen **2379**

23.1 Generierung . . . 2379
gen_checker_region . . . 2379
gen_circle . . . 2380
gen_circle_sector . . . 2382
gen_ellipse . . . 2384
gen_ellipse_sector . . . 2385
gen_empty_region . . . 2387
gen_grid_region . . . 2388
gen_random_region . . . 2389
gen_random_regions . . . 2390
gen_rectangle1 . . . 2392
gen_rectangle2 . . . 2394
gen_region_contour_xld . . . 2395
gen_region_histo . . . 2396
gen_region_hline . . . 2397
gen_region_line . . . 2398
gen_region_points . . . 2399
gen_region_polygon . . . 2400
gen_region_polygon_filled . . . 2401
gen_region_polygon_xld . . . 2402
gen_region_runs . . . 2402
label_to_region . . . 2404
23.2 Geometrische Transformationen . . . 2405
affine_trans_region . . . 2405
mirror_region . . . 2406
move_region . . . 2407
polar_trans_region . . . 2408
polar_trans_region_inv . . . 2410

projective_trans_region . . . 2412
transpose_region . . . 2413
zoom_region . . . 2415
23.3 Mengen-Operationen . . . 2415
complement . . . 2415
difference . . . 2416
intersection . . . 2417
symm_difference . . . 2418
union1 . . . 2419
union2 . . . 2420
23.4 Merkmale . . . 2420
area_center . . . 2427
area_holes . . . 2428
circularity . . . 2429
compactness . . . 2430
connect_and_holes . . . 2431
contlength . . . 2432
convexity . . . 2433
diameter_region . . . 2434
eccentricity . . . 2435
elliptic_axis . . . 2436
euler_number . . . 2438
find_neighbors . . . 2438
get_region_index . . . 2439
get_region_thickness . . . 2440
hamming_distance . . . 2441
hamming_distance_norm . . . 2442
height_width_ratio . . . 2443
inner_circle . . . 2444
inner_rectangle1 . . . 2445
moments_region_2nd . . . 2446
moments_region_2nd_invar . . . 2448
moments_region_2nd_rel_invar . . . 2449
moments_region_3rd . . . 2450
moments_region_3rd_invar . . . 2451
moments_region_central . . . 2452
moments_region_central_invar . . . 2453
orientation_region . . . 2454
rectangularity . . . 2454
region_features . . . 2455
roundness . . . 2458
runlength_distribution . . . 2459
runlength_features . . . 2460
select_region_point . . . 2461
select_region_spatial . . . 2462
select_shape . . . 2464
select_shape_proto . . . 2467
select_shape_std . . . 2469
smallest_circle . . . 2470
smallest_rectangle1 . . . 2471
smallest_rectangle2 . . . 2472
spatial_relation . . . 2474
23.5 Tests . . . 2475
test_equal_region . . . 2475
test_region_point . . . 2476
test_region_points . . . 2477
test_subset_region . . . 2478
23.6 Transformationen . . . 2479

background_seg . . . 2479
clip_region . . . 2480
clip_region_rel . . . 2481
closest_point_transform . . . 2482
connection . . . 2484
distance_transform . . . 2485
eliminate_runs . . . 2487
expand_region . . . 2488
fill_up . . . 2489
fill_up_shape . . . 2490
junctions_skeleton . . . 2491
merge_regions_line_scan . . . 2492
partition_dynamic . . . 2493
partition_rectangle . . . 2494
rank_region . . . 2494
remove_noise_region . . . 2496
shape_trans . . . 2497
skeleton . . . 2498
sort_region . . . 2499
split_skeleton_lines . . . 2500
split_skeleton_region . . . 2501
23.7 Zugriff . . . 2502
get_region_contour . . . 2502
get_region_convex . . . 2503
get_region_points . . . 2504
get_region_polygon . . . 2505
get_region_runs . . . 2505

24 Segmentation **2507**
24.1 Flächenwachstum . . . 2507
expand_gray . . . 2507
expand_gray_ref . . . 2509
regiongrowing . . . 2511
regiongrowing_mean . . . 2513
regiongrowing_n . . . 2514
24.2 Kanten . . . 2518
detect_edge_segments . . . 2518
hysteresis_threshold . . . 2520
nonmax_suppression_amp . . . 2521
nonmax_suppression_dir . . . 2522
24.3 Klassifikation . . . 2523
add_samples_image_class_gmm . . . 2523
add_samples_image_class_knn . . . 2524
add_samples_image_class_mlp . . . 2525
add_samples_image_class_svm . . . 2526
class_2dim_sup . . . 2527
class_2dim_unsup . . . 2529
class_ndim_norm . . . 2531
classify_image_class_gmm . . . 2533
classify_image_class_knn . . . 2534
classify_image_class_lut . . . 2535
classify_image_class_mlp . . . 2537
classify_image_class_svm . . . 2538
learn_ndim_norm . . . 2539
24.4 Maximally Stable Extremal Regions . . . 2540
segment_image_mser . . . 2540
24.5 Schwellenwert-Verfahren . . . 2546
auto_threshold . . . 2552

binary_threshold . . . 2553
char_threshold . . . 2555
check_difference . . . 2556
dual_threshold . . . 2557
dyn_threshold . . . 2559
fast_threshold . . . 2561
histo_to_thresh . . . 2562
local_threshold . . . 2563
threshold . . . 2565
threshold_sub_pix . . . 2566
var_threshold . . . 2567
zero_crossing . . . 2572
zero_crossing_sub_pix . . . 2573
24.6 Topographie . . . 2574
critical_points_sub_pix . . . 2574
local_max . . . 2576
local_max_sub_pix . . . 2577
local_min . . . 2578
local_min_sub_pix . . . 2579
lowlands . . . 2580
lowlands_center . . . 2581
plateaus . . . 2582
plateaus_center . . . 2584
pouring . . . 2585
saddle_points_sub_pix . . . 2587
watersheds . . . 2588
watersheds_marker . . . 2589
watersheds_threshold . . . 2591

25 Steuerung **2593**

assign . . . 2593
assign_at . . . 2594
break . . . 2594
case . . . 2595
catch . . . 2595
comment . . . 2597
continue . . . 2597
convert_tuple_to_vector_1d . . . 2597
convert_vector_to_tuple . . . 2598
default . . . 2598
else . . . 2599
elseif . . . 2599
endfor . . . 2599
endif . . . 2600
endswitch . . . 2600
endtry . . . 2600
endwhile . . . 2601
executable_expression . . . 2601
exit . . . 2601
export_def . . . 2602
for . . . 2603
global . . . 2605
if . . . 2605
import . . . 2606
insert . . . 2607

par_join . . . 2608
repeat . . . 2608
return . . . 2609
stop . . . 2609
switch . . . 2610
throw . . . 2611
try . . . 2612
until . . . 2613
while . . . 2614

26 System **2617**
26.1 Betriebssystem . . . 2617
count_seconds . . . 2617
get_system_time . . . 2617
system_call . . . 2618
wait_seconds . . . 2619
26.2 Compute-Devices . . . 2619
activate_compute_device . . . 2619
deactivate_all_compute_devices . . . 2620
deactivate_compute_device . . . 2621
get_compute_device_info . . . 2621
get_compute_device_param . . . 2622
init_compute_device . . . 2623
open_compute_device . . . 2624
query_available_compute_devices . . . 2624
release_all_compute_devices . . . 2625
release_compute_device . . . 2626
set_compute_device_param . . . 2626
26.3 Datenbank . . . 2628
count_relation . . . 2628
get_modules . . . 2630
reset_obj_db . . . 2630
26.4 Fehlerbehandlung . . . 2631
get_check . . . 2631
get_error_text . . . 2632
get_extended_error_info . . . 2633
get_spy . . . 2633
query_spy . . . 2634
set_check . . . 2634
set_spy . . . 2636
26.5 I/O-Geräte . . . 2638
close_io_channel . . . 2638
close_io_device . . . 2638
control_io_channel . . . 2639
control_io_device . . . 2639
control_io_interface . . . 2640
get_io_channel_param . . . 2641
get_io_device_param . . . 2642
open_io_channel . . . 2642
open_io_device . . . 2644
query_io_device . . . 2645
query_io_interface . . . 2646
read_io_channel . . . 2647
set_io_channel_param . . . 2648
set_io_device_param . . . 2648
write_io_channel . . . 2649
26.6 Information . . . 2650

get_chapter_info . . . 2650
get_keywords . . . 2651
get_operator_info . . . 2651
get_operator_name . . . 2653
get_param_info . . . 2653
get_param_names . . . 2655
get_param_num . . . 2656
get_param_types . . . 2657
query_operator_info . . . 2658
query_param_info . . . 2658
search_operator . . . 2659
26.7 Multithreading . . . 2660
broadcast_condition . . . 2660
clear_barrier . . . 2660
clear_condition . . . 2661
clear_event . . . 2661
clear_message . . . 2662
clear_message_queue . . . 2663
clear_mutex . . . 2664
create_barrier . . . 2664
create_condition . . . 2665
create_event . . . 2666
create_message . . . 2667
create_message_queue . . . 2668
create_mutex . . . 2669
dequeue_message . . . 2670
enqueue_message . . . 2672
get_current_hthread_id . . . 2673
get_message_obj . . . 2674
get_message_param . . . 2675
get_message_queue_param . . . 2676
get_message_tuple . . . 2677
get_threading_attrib . . . 2678
interrupt_operator . . . 2679
lock_mutex . . . 2680
read_message . . . 2681
set_message_obj . . . 2681
set_message_param . . . 2683
set_message_queue_param . . . 2684
set_message_tuple . . . 2685
signal_condition . . . 2687
signal_event . . . 2687
timed_wait_condition . . . 2688
try_lock_mutex . . . 2688
try_wait_event . . . 2689
unlock_mutex . . . 2689
wait_barrier . . . 2690
wait_condition . . . 2690
wait_event . . . 2691
write_message . . . 2692
26.8 Parallelisierung . . . 2693
get_aop_info . . . 2693
optimize_aop . . . 2694
query_aop_info . . . 2696
read_aop_knowledge . . . 2697
set_aop_info . . . 2699
write_aop_knowledge . . . 2700
26.9 Parameter . . . 2701

get_system . . . 2701
get_system_info . . . 2706
set_operator_timeout . . . 2707
set_system . . . 2708
26.10 Serialisiertes Element . . . 2723
clear_serialized_item . . . 2723
create_serialized_item_ptr . . . 2724
decrypt_serialized_item . . . 2725
encrypt_serialized_item . . . 2726
fread_serialized_item . . . 2726
fwrite_serialized_item . . . 2727
get_serialized_item_ptr . . . 2728
26.11 Seriell . . . 2728
clear_serial . . . 2728
close_serial . . . 2729
get_serial_param . . . 2730
open_serial . . . 2731
read_serial . . . 2731
set_serial_param . . . 2732
write_serial . . . 2734
26.12 Sockets . . . 2734
close_socket . . . 2734
get_next_socket_data_type . . . 2735
get_socket_descriptor . . . 2735
get_socket_param . . . 2736
open_socket_accept . . . 2737
open_socket_connect . . . 2739
receive_data . . . 2740
receive_image . . . 2741
receive_region . . . 2742
receive_serialized_item . . . 2742
receive_tuple . . . 2743
receive_xld . . . 2744
send_data . . . 2744
send_image . . . 2746
send_region . . . 2747
send_serialized_item . . . 2747
send_tuple . . . 2748
send_xld . . . 2748
set_socket_param . . . 2749
socket_accept_connect . . . 2750
26.13 Speicherblock . . . 2751
compare_memory_block . . . 2751
create_memory_block_extern . . . 2752
create_memory_block_extern_copy . . . 2752
get_memory_block_ptr . . . 2753
read_memory_block . . . 2754
write_memory_block . . . 2754
26.14 Verschlüsseltes Element . . . 2755
read_encrypted_item . . . 2755
write_encrypted_item . . . 2756

27 Tools **2757**

27.1 Funktion . . . 2757
abs_funct_1d . . . 2757
compose_funct_1d . . . 2757
create_funct_1d_array . . . 2758
create_funct_1d_pairs . . . 2759

derivate_funct_1d . . . 2760
funct_1d_to_pairs . . . 2760
get_pair_funct_1d . . . 2761
get_y_value_funct_1d . . . 2761
integrate_funct_1d . . . 2762
invert_funct_1d . . . 2763
local_min_max_funct_1d . . . 2763
match_funct_1d_trans . . . 2764
negate_funct_1d . . . 2765
num_points_funct_1d . . . 2766
read_funct_1d . . . 2766
sample_funct_1d . . . 2766
scale_y_funct_1d . . . 2767
smooth_funct_1d_gauss . . . 2768
smooth_funct_1d_mean . . . 2768
transform_funct_1d . . . 2769
write_funct_1d . . . 2770
x_range_funct_1d . . . 2771
y_range_funct_1d . . . 2771
zero_crossings_funct_1d . . . 2771
27.2 Geometrie . . . 2772
angle_ll . . . 2772
angle_lx . . . 2773
apply_distance_transform_xld . . . 2774
area_intersection_rectangle2 . . . 2775
clear_distance_transform_xld . . . 2776
create_distance_transform_xld . . . 2777
deserialize_distance_transform_xld . . . 2779
distance_cc . . . 2779
distance_cc_min . . . 2780
distance_cc_min_points . . . 2781
distance_contours_xld . . . 2782
distance_lc . . . 2784
distance_lr . . . 2784
distance_pc . . . 2785
distance_pl . . . 2786
distance_point_line . . . 2787
distance_point_pluecker_line . . . 2788
distance_pp . . . 2789
distance_pr . . . 2790
distance_ps . . . 2791
distance_rr_min . . . 2792
distance_rr_min_dil . . . 2793
distance_sc . . . 2794
distance_sl . . . 2794
distance_sr . . . 2796
distance_ss . . . 2797
get_distance_transform_xld_contour . . . 2798
get_distance_transform_xld_param . . . 2799
get_points_ellipse . . . 2799
intersection_circle_contour_xld . . . 2801
intersection_circles . . . 2802
intersection_contours_xld . . . 2803
intersection_line_circle . . . 2804
intersection_line_contour_xld . . . 2805
intersection_lines . . . 2806
intersection_segment_circle . . . 2807
intersection_segment_contour_xld . . . 2808
intersection_segment_line . . . 2809

intersection_segments . . . 2810
pluecker_line_to_point_direction . . . 2811
pluecker_line_to_points . . . 2812
point_direction_to_pluecker_line . . . 2813
points_to_pluecker_line . . . 2814
projection_pl . . . 2815
read_distance_transform_xld . . . 2816
serialize_distance_transform_xld . . . 2817
set_distance_transform_xld_param . . . 2817
write_distance_transform_xld . . . 2818
27.3 Gitter-Entzerrung . . . 2819
connect_grid_points . . . 2819
create_rectification_grid . . . 2820
find_rectification_grid . . . 2821
gen_arbitrary_distortion_map . . . 2822
gen_grid_rectification_map . . . 2824
27.4 Hintergrundschätzer . . . 2825
close_bg_esti . . . 2825
create_bg_esti . . . 2826
get_bg_esti_params . . . 2829
give_bg_esti . . . 2831
run_bg_esti . . . 2831
set_bg_esti_params . . . 2833
update_bg_esti . . . 2835
27.5 Hough . . . 2836
hough_circle_trans . . . 2836
hough_circles . . . 2837
hough_line_trans . . . 2837
hough_line_trans_dir . . . 2838
hough_lines . . . 2840
hough_lines_dir . . . 2841
select_matching_lines . . . 2843
27.6 Interpolation . . . 2844
clear_scattered_data_interpolator . . . 2844
create_scattered_data_interpolator . . . 2844
interpolate_scattered_data . . . 2846
interpolate_scattered_data_image . . . 2846
interpolate_scattered_data_points_to_image . . . 2848
27.7 Linien . . . 2849
line_orientation . . . 2849
line_position . . . 2850
27.8 Mosaicking . . . 2851
adjust_mosaic_images . . . 2851
bundle_adjust_mosaic . . . 2854
gen_bundle_adjusted_mosaic . . . 2856
gen_cube_map_mosaic . . . 2858
gen_projective_mosaic . . . 2860
gen_spherical_mosaic . . . 2862
proj_match_points_distortion_ransac . . . 2865
proj_match_points_distortion_ransac_guided . . . 2868
proj_match_points_ransac . . . 2872
proj_match_points_ransac_guided . . . 2875

28 Transformationen **2879**
28.1 2D-Transformationen . . . 2879
affine_trans_pixel . . . 2884
affine_trans_point_2d . . . 2885
deserialize_hom_mat2d . . . 2886

gen_image_warp_map . . . 2887
hom_mat2d_compose . . . 2888
hom_mat2d_determinant . . . 2889
hom_mat2d_identity . . . 2889
hom_mat2d_invert . . . 2890
hom_mat2d_reflect . . . 2891
hom_mat2d_reflect_local . . . 2892
hom_mat2d_rotate . . . 2894
hom_mat2d_rotate_local . . . 2895
hom_mat2d_scale . . . 2896
hom_mat2d_scale_local . . . 2898
hom_mat2d_slant . . . 2899
hom_mat2d_slant_local . . . 2901
hom_mat2d_to_affine_par . . . 2902
hom_mat2d_translate . . . 2903
hom_mat2d_translate_local . . . 2904
hom_mat2d_transpose . . . 2906
hom_mat3d_project . . . 2906
hom_vector_to_proj_hom_mat2d . . . 2908
point_line_to_hom_mat2d . . . 2910
projective_trans_pixel . . . 2914
projective_trans_point_2d . . . 2915
serialize_hom_mat2d . . . 2916
vector_angle_to_rigid . . . 2916
vector_field_to_hom_mat2d . . . 2918
vector_to_aniso . . . 2918
vector_to_hom_mat2d . . . 2920
vector_to_proj_hom_mat2d . . . 2921
vector_to_proj_hom_mat2d_distortion . . . 2923
vector_to_rigid . . . 2926
vector_to_similarity . . . 2927
28.2 3D-Transformationen . . . 2928
affine_trans_point_3d . . . 2928
deserialize_hom_mat3d . . . 2929
hom_mat3d_compose . . . 2930
hom_mat3d_determinant . . . 2931
hom_mat3d_identity . . . 2931
hom_mat3d_invert . . . 2932
hom_mat3d_rotate . . . 2933
hom_mat3d_rotate_local . . . 2935
hom_mat3d_scale . . . 2937
hom_mat3d_scale_local . . . 2938
hom_mat3d_to_pose . . . 2939
hom_mat3d_translate . . . 2941
hom_mat3d_translate_local . . . 2942
hom_mat3d_transpose . . . 2943
point_pluecker_line_to_hom_mat3d . . . 2944
pose_to_hom_mat3d . . . 2945
projective_trans_hom_point_3d . . . 2946
projective_trans_point_3d . . . 2947
serialize_hom_mat3d . . . 2948
vector_to_hom_mat3d . . . 2949
28.3 Duale Quaternionen . . . 2950
deserialize_dual_quat . . . 2950
dual_quat_compose . . . 2951
dual_quat_conjugate . . . 2952
dual_quat_interpolate . . . 2953
dual_quat_normalize . . . 2954
dual_quat_to_hom_mat3d . . . 2954

dual_quat_to_screw . . . 2955
dual_quat_trans_line_3d . . . 2956
dual_quat_trans_point_3d . . . 2958
screw_to_dual_quat . . . 2959
serialize_dual_quat . . . 2960
28.4 Posen . . . 2961
convert_pose_type . . . 2961
create_pose . . . 2962
deserialize_pose . . . 2966
dual_quat_to_pose . . . 2967
get_circle_pose . . . 2968
get_pose_type . . . 2969
get_rectangle_pose . . . 2970
pose_average . . . 2973
pose_compose . . . 2974
pose_invert . . . 2975
pose_to_dual_quat . . . 2976
pose_to_quat . . . 2976
proj_hom_mat2d_to_pose . . . 2977
quat_to_pose . . . 2978
read_pose . . . 2978
serialize_pose . . . 2979
set_origin_pose . . . 2980
vector_to_pose . . . 2981
write_pose . . . 2984
28.5 Quaternionen . . . 2985
axis_angle_to_quat . . . 2985
deserialize_quat . . . 2986
quat_compose . . . 2987
quat_conjugate . . . 2988
quat_interpolate . . . 2988
quat_normalize . . . 2989
quat_rotate_point_3d . . . 2990
quat_to_hom_mat3d . . . 2990
serialize_quat . . . 2991
28.6 Sonstiges . . . 2992
convert_point_3d_cart_to_spher . . . 2992
convert_point_3d_spher_to_cart . . . 2993

29 Tupel **2997**
29.1 Arithmetik . . . 2997
tuple_abs . . . 2997
tuple_acos . . . 2997
tuple_acosh . . . 2998
tuple_add . . . 2999
tuple_asin . . . 2999
tuple_asinh . . . 3000
tuple_atan . . . 3001
tuple_atan2 . . . 3001
tuple_atanh . . . 3002
tuple_cbrt . . . 3003
tuple_ceil . . . 3003
tuple_cos . . . 3004
tuple_cosh . . . 3004
tuple_cumul . . . 3005
tuple_deg . . . 3006
tuple_div . . . 3006
tuple_erf . . . 3007

tuple_erfc . . . 3008
tuple_exp . . . 3008
tuple_exp10 . . . 3009
tuple_exp2 . . . 3010
tuple_fabs . . . 3010
tuple_floor . . . 3011
tuple_fmod . . . 3011
tuple_hypot . . . 3012
tuple_ldexp . . . 3013
tuple_lgamma . . . 3013
tuple_log . . . 3014
tuple_log10 . . . 3015
tuple_log2 . . . 3015
tuple_max2 . . . 3016
tuple_min2 . . . 3016
tuple_mod . . . 3017
tuple_mult . . . 3018
tuple_neg . . . 3018
tuple_pow . . . 3019
tuple_rad . . . 3020
tuple_sgn . . . 3020
tuple_sin . . . 3021
tuple_sinh . . . 3021
tuple_sqrt . . . 3022
tuple_sub . . . 3023
tuple_tan . . . 3023
tuple_tanh . . . 3024
tuple_tgamma . . . 3025
29.2 Bitoperationen . . . 3025
tuple_band . . . 3025
tuple_bnot . . . 3026
tuple_bor . . . 3027
tuple_bxor . . . 3027
tuple_lsh . . . 3028
tuple_rsh . . . 3029
29.3 Datencontainer . . . 3029
copy_dict . . . 3029
create_dict . . . 3030
dict_to_json . . . 3032
get_dict_object . . . 3033
get_dict_param . . . 3034
get_dict_tuple . . . 3035
json_to_dict . . . 3036
read_dict . . . 3037
remove_dict_key . . . 3039
set_dict_object . . . 3039
set_dict_tuple . . . 3041
set_dict_tuple_at . . . 3042
write_dict . . . 3044
29.4 Elementauswahl . . . 3045
tuple_find . . . 3045
tuple_find_first . . . 3046
tuple_find_last . . . 3046
tuple_first_n . . . 3047
tuple_last_n . . . 3048
tuple_select . . . 3048
tuple_select_mask . . . 3049
tuple_select_range . . . 3050

tuple_select_rank . . . 3051
tuple_str_bit_select . . . 3052
tuple_uniq . . . 3052
29.5 Elementreihenfolge . . . 3053
tuple_inverse . . . 3053
tuple_sort . . . 3054
tuple_sort_index . . . 3055
29.6 Generierung . . . 3055
clear_handle . . . 3055
tuple_concat . . . 3056
tuple_constant . . . 3056
tuple_gen_const . . . 3057
tuple_gen_sequence . . . 3058
tuple_rand . . . 3059
tuple_repeat . . . 3059
tuple_repeat_elem . . . 3060
29.7 Konversion . . . 3061
handle_to_integer . . . 3061
integer_to_handle . . . 3061
tuple_chr . . . 3062
tuple_chrt . . . 3063
tuple_int . . . 3064
tuple_number . . . 3064
tuple_ord . . . 3065
tuple_ords . . . 3066
tuple_real . . . 3067
tuple_round . . . 3067
tuple_string . . . 3068
29.8 Logische Operationen . . . 3071
tuple_and . . . 3071
tuple_not . . . 3072
tuple_or . . . 3072
tuple_xor . . . 3073
29.9 Manipulation . . . 3074
tuple_insert . . . 3074
tuple_remove . . . 3074
tuple_replace . . . 3075
29.10 Mengen-Operationen . . . 3076
tuple_difference . . . 3076
tuple_intersection . . . 3077
tuple_symmdiff . . . 3078
tuple_union . . . 3078
29.11 Merkmale . . . 3079
get_handle_object . . . 3079
get_handle_param . . . 3080
get_handle_tuple . . . 3081
tuple_deviation . . . 3082
tuple_histo_range . . . 3082
tuple_length . . . 3083
tuple_max . . . 3084
tuple_mean . . . 3085
tuple_median . . . 3085
tuple_min . . . 3086
tuple_sum . . . 3086
29.12 String-Operationen . . . 3087
tuple_environment . . . 3088
tuple_join . . . 3088
tuple_regexp_match . . . 3089

tuple_regexp_replace . . . 3092
tuple_regexp_select . . . 3093
tuple_regexp_test . . . 3094
tuple_split . . . 3095
tuple_str_distance . . . 3096
tuple_str_first_n . . . 3097
tuple_str_last_n . . . 3098
tuple_str_replace . . . 3099
tuple_strchr . . . 3100
tuple_strlen . . . 3101
tuple_strrchr . . . 3101
tuple_strrstr . . . 3102
tuple_strstr . . . 3103
tuple_substr . . . 3104
29.13 Typ . . . 3105
tuple_is_handle . . . 3105
tuple_is_handle_elem . . . 3106
tuple_is_int . . . 3107
tuple_is_int_elem . . . 3108
tuple_is_mixed . . . 3108
tuple_is_nan_elem . . . 3109
tuple_is_number . . . 3110
tuple_is_real . . . 3111
tuple_is_real_elem . . . 3111
tuple_is_string . . . 3112
tuple_is_string_elem . . . 3113
tuple_is_valid_handle . . . 3114
tuple_sem_type . . . 3115
tuple_sem_type_elem . . . 3116
tuple_type . . . 3116
tuple_type_elem . . . 3118
29.14 Vergleich . . . 3119
tuple_equal . . . 3119
tuple_equal_elem . . . 3119
tuple_greater . . . 3120
tuple_greater_elem . . . 3121
tuple_greater_equal . . . 3122
tuple_greater_equal_elem . . . 3122
tuple_less . . . 3123
tuple_less_elem . . . 3124
tuple_less_equal . . . 3125
tuple_less_equal_elem . . . 3125
tuple_not_equal . . . 3126
tuple_not_equal_elem . . . 3127

30 XLD **3129**

30.1 Generierung . . . 3129
gen_circle_contour_xld . . . 3129
gen_contour_nurbs_xld . . . 3130
gen_contour_polygon_rounded_xld . . . 3132
gen_contour_polygon_xld . . . 3133
gen_contour_region_xld . . . 3133
gen_contours_skeleton_xld . . . 3135
gen_cross_contour_xld . . . 3136
gen_ellipse_contour_xld . . . 3137
gen_nurbs_interp . . . 3138
gen_parallels_xld . . . 3139
gen_polygons_xld . . . 3140
gen_rectangle2_contour_xld . . . 3141

mod_parallels_xld . . . 3142
30.2 Geometrische Transformationen . . . 3143
affine_trans_contour_xld . . . 3143
affine_trans_polygon_xld . . . 3145
gen_parallel_contour_xld . . . 3146
polar_trans_contour_xld . . . 3147
polar_trans_contour_xld_inv . . . 3148
projective_trans_contour_xld . . . 3150
30.3 Mengen-Operationen . . . 3151
difference_closed_contours_xld . . . 3151
difference_closed_polygons_xld . . . 3152
intersection_closed_contours_xld . . . 3153
intersection_closed_polygons_xld . . . 3155
intersection_region_contour_xld . . . 3156
symm_difference_closed_contours_xld . . . 3157
symm_difference_closed_polygons_xld . . . 3158
union2_closed_contours_xld . . . 3159
union2_closed_polygons_xld . . . 3160
30.4 Merkmale . . . 3161
area_center_points_xld . . . 3161
area_center_xld . . . 3162
circularity_xld . . . 3163
compactness_xld . . . 3164
contour_point_num_xld . . . 3165
convexity_xld . . . 3165
diameter_xld . . . 3166
dist_ellipse_contour_points_xld . . . 3167
dist_ellipse_contour_xld . . . 3168
dist_rectangle2_contour_points_xld . . . 3170
eccentricity_points_xld . . . 3171
eccentricity_xld . . . 3172
elliptic_axis_points_xld . . . 3173
elliptic_axis_xld . . . 3175
fit_circle_contour_xld . . . 3176
fit_ellipse_contour_xld . . . 3178
fit_line_contour_xld . . . 3181
fit_rectangle2_contour_xld . . . 3183
get_contour_angle_xld . . . 3185
get_contour_attrib_xld . . . 3186
get_contour_global_attrib_xld . . . 3190
get_regress_params_xld . . . 3193
height_width_ratio_xld . . . 3195
info_parallels_xld . . . 3196
length_xld . . . 3196
local_max_contours_xld . . . 3197
max_parallels_xld . . . 3198
moments_any_points_xld . . . 3199
moments_any_xld . . . 3200
moments_points_xld . . . 3202
moments_xld . . . 3203
orientation_points_xld . . . 3204
orientation_xld . . . 3204
query_contour_attribs_xld . . . 3205
query_contour_global_attribs_xld . . . 3206
rectangularity_xld . . . 3207
select_contours_xld . . . 3207
select_shape_xld . . . 3209
select_xld_point . . . 3211

smallest_circle_xld . . . 3212
smallest_rectangle1_xld . . . 3213
smallest_rectangle2_xld . . . 3214
test_closed_xld . . . 3215
test_self_intersection_xld . . . 3215
test_xld_point . . . 3216
30.5 Transformationen . . . 3217
add_noise_white_contour_xld . . . 3217
clip_contours_xld . . . 3218
clip_end_points_contours_xld . . . 3219
close_contours_xld . . . 3219
combine_roads_xld . . . 3220
crop_contours_xld . . . 3221
merge_cont_line_scan_xld . . . 3222
regress_contours_xld . . . 3223
segment_contour_attrib_xld . . . 3225
segment_contours_xld . . . 3226
shape_trans_xld . . . 3228
smooth_contours_xld . . . 3229
sort_contours_xld . . . 3230
split_contours_xld . . . 3231
union_adjacent_contours_xld . . . 3231
union_cocircular_contours_xld . . . 3233
union_collinear_contours_ext_xld . . . 3236
union_collinear_contours_xld . . . 3238
union_cotangential_contours_xld . . . 3242
union_straight_contours_xld . . . 3246
30.6 Zugriff . . . 3248
get_contour_xld . . . 3248
get_lines_xld . . . 3249
get_parallels_xld . . . 3250
get_polygon_xld . . . 3251

Index **3253**

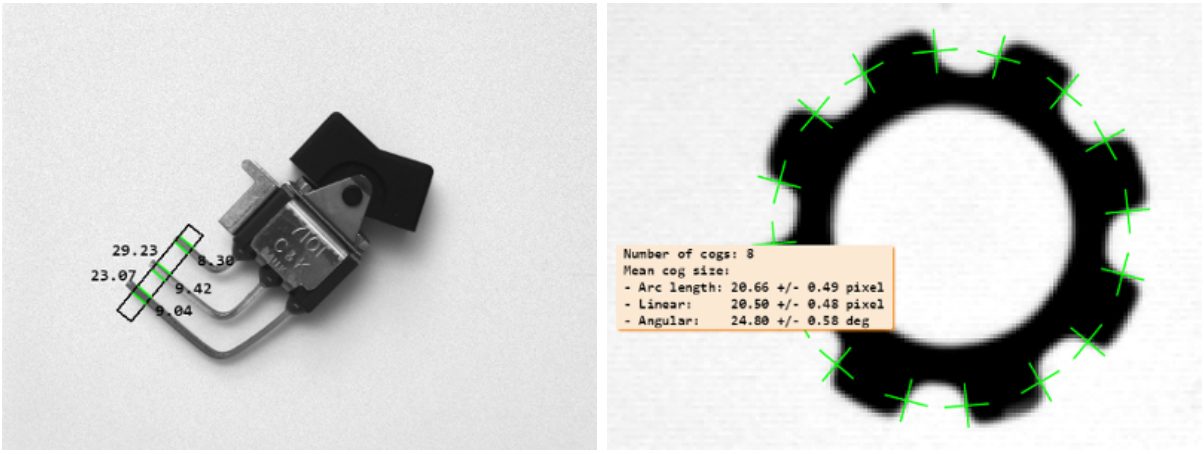
Kapitel 1

1D-Vermessung

Dieses Kapitel beschreibt Operatoren für die 1D-Vermessung.

Konzept der 1D-Vermessung

Mit der 1D-Vermessung können Kanten, d.h., Übergänge von hell nach dunkel oder von dunkel nach hell entlang einer definierten Linie oder eines Kreisbogens gefunden werden. Dies erlaubt die einfache und schnelle Vermessung der Ausmaße von Teilen mit hoher Genauigkeit. Sollen die Ausmaße von geometrischen Primitiven wie Kreise, Ellipsen, Rechtecke oder Linien, für deren Positionen, Ausrichtungen und geometrische Formen Näherungswerte vorhanden sind, vermessen werden, kann 2D-Messtechnik eine sinnvolle Alternative darstellen.



(1) (2)

Vermessung von Kanten und den Distanzen zwischen ihnen entlang einer Linie (1) oder einem Kreisringsegment (2). Diese Bilder stammen aus den Beispielprogrammen fuzzy_measure_pin.hdev und measure_ring.hdev.

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte, die zur Benutzung der 1D-Vermessung benötigt werden, kurz beschrieben.

Generieren eines Messobjekts: Zuerst muss ein Messobjekt generiert werden, welches die Region für die Vermessung beschreibt. Soll entlang einer Linie gemessen werden, ist die Region ein Rechteck. Soll entlang eines Kreisbogens gemessen werden, ist die Region ein Kreisringsegment. Die Generierung des Messobjekts erfolgt über einen der Operatoren

- `gen_measure_rectangle2` oder
- `gen_measure_arc`.

Für eine automatische Ausrichtung des Messobjekts kann formbasiertes Matching (siehe Kapitel Matching / Formbasiert) hilfreich sein.

Ausführen der Messung: Für die eigentliche Vermessung wird dann typischerweise einer der folgenden Operatoren verwendet:

- measure_pos findet geradlinige Kanten, die senkrecht zur Hauptachse des Messobjekts liegen und liefert die Positionen der Kantenmittelpunkte, die Kantenamplituden und die Distanzen zwischen aufeinanderfolgenden Kanten zurück.
- measure_pairs findet geradlinige Kanten, die senkrecht zur Hauptachse des Messobjekts liegen und liefert die Positionen der Kantenmittelpunkte von Kantenpaaren, die Kantenamplituden von Kantenpaaren, die Distanzen zwischen den Kanten der Kantenpaare und die Distanzen zwischen aufeinanderfolgenden Kantenpaaren zurück.
- measure_thresh findet Punkte mit einem bestimmten Grauwert entlang der Hauptachse des Messobjekts und liefert ihre Positionen und die Distanzen zwischen aufeinanderfolgenden Punkten zurück.

Alternativ, wenn zusätzliche Kanten vorhanden sind, die nicht zur Messung gehören, kann auch eine Fuzzy-Vermessung erfolgen. Hier müssen sogenannte Fuzzy-Funktionen definiert werden, die die Merkmale guter Kanten beschreiben. Mögliche Merkmale sind z.B. die Positionen, die Distanzen, die Grauwerte oder die Amplituden der Kanten. Die Funktionen werden mit create_funct_1d_pairs erstellt und an das Messtool mit set_fuzzy_measure oder set_fuzzy_measure_norm_pair übergeben. Basierend auf diesen Funktionen kann dann einer der folgenden Operatoren die am besten geeigneten Kanten auswählen:

- fuzzy_measure_pos findet geradlinige Kanten, die senkrecht zur Hauptachse des Messobjekts liegen und liefert die Positionen der Kantenmittelpunkte, die Kantenamplituden, die Fuzzy-Bewertungen und die Distanzen zwischen aufeinanderfolgenden Kanten zurück.
- fuzzy_measure_pairs findet geradlinige Kanten, die senkrecht zur Hauptachse des Messobjekts liegen und liefert die Positionen der Kanten von Kantenpaaren, die Kantenamplituden von Kantenpaaren, die Positionen der Mittelpunkte der Kantenpaare, die Fuzzy-Bewertungen, die Distanzen zwischen den Kanten der Kantenpaare und die Distanzen zwischen aufeinanderfolgenden Kantenpaaren zurück.
- fuzzy_measure_pairing ist wie fuzzy_measure_pairs mit der Ausnahme, dass es über den Parameter Pairing zusätzlich möglich ist, sich überschneidende und ineinanderliegende Kantenpaare zu extrahieren.

Alternativ zur automatischen Extraktion von Kanten oder Punkten innerhalb des Messobjekts kann auch das eindimensionale Grauwertprofil senkrecht zur Hauptachse des Messobjekts extrahiert werden und daraus individuell die benötigte Information abgeleitet werden. Das Extrahieren des Grauwertprofils erfolgt mit dem Operator

- measure_projection.

Freigeben des Handles für das Messobjekt: Wird das Messobjekt nicht mehr gebraucht, erfolgt die Freigabe seines Handles mit

- close_measure.

Weitere Operatoren

Zusätzlich zu den oben genannten Operatoren kann mit reset_fuzzy_measure eine Fuzzy-Funktion, die mit set_fuzzy_measure oder set_fuzzy_measure_norm_pair vorher gesetzt wurde, gelöscht werden, mit translate_measure der Referenzpunkt des Messobjekts an eine festgelegte Position verschoben werden, mit write_measure und read_measure das Messobjekt in eine Datei geschrieben und daraus wieder ausgelesen werden, und mit serialize_measure und deserialize_measure kann das Messobjekt serialisiert bzw. deserialisiert werden.

Glossar

Im Folgenden werden die wichtigsten Begriffe, die im Umfeld der 1D-Vermessung verwendet werden, beschrieben:

Messobjekt Datenstruktur für eine rechteckige oder kreisringförmige Region, die für die Extraktion geradliniger Kanten senkrecht zu ihrer Hauptachse vorbereitet ist.

Kreisring Ein Kreisbogen mit zugehöriger Dicke.

Weiterführende Information

Weitere Details zur 1D-Vermessung finden sich im finden sich im „Solution Guide Basics“ und „Solution Guide on 1D Measuring“.

Zur 1D-Vermessung und vielen weiteren Themen gibt es interaktive Online-Kurse an der MVTec Academy .

close_measure (: : MeasureHandle :)

Löschen eines Messobjekts.

close_measure löscht das Messobjekt, das in MeasureHandle übergeben wird. Der für das Messobjekt verwendete Speicher wird freigegeben.

Das Konzept der 1D-Vermessung ist bei der Einleitung zu Kapitel 1D-Vermessung beschrieben.

Parameter

▷ **MeasureHandle** (input_control) . . . . . measure ⇝ *handle*
Handle des Messobjekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert close_measure den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MeasureHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

gen_measure_rectangle2, gen_measure_arc, measure_pos, measure_pairs

Alternativen

clear_handle

Siehe auch

clear_handle

Modul

1D Metrology

deserialize_measure (: : SerializedItemHandle : MeasureHandle)

Deserialisieren eines serialisierten Messobjekts.

deserialize_measure deserialisiert ein Messobjekt, welches mit serialize_measure serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte Messobjekt wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten Messobjekt mit dem Handle MeasureHandle gespeichert.

Das Konzept der 1D-Vermessung ist bei der Einleitung zu Kapitel 1D-Vermessung beschrieben.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **MeasureHandle** (output_control) . . . . . measure ⇝ *handle*
Handle des Messobjekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_measure` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_measure`

Nachfolger

`measure_pos`, `measure_pairs`

Siehe auch

`read_measure`, `write_measure`

Modul

1D Metrology

fuzzy_measure_pairing (Image : : MeasureHandle, Sigma, AmpThresh, FuzzyThresh, Transition, Pairing, NumPairs : RowEdgeFirst, ColumnEdgeFirst, AmplitudeFirst, RowEdgeSecond, ColumnEdgeSecond, AmplitudeSecond, RowPairCenter, ColumnPairCenter, FuzzyScore, IntraDistance)

Extraktion geradliniger Kantenpaare senkrecht zu einem Rechteck oder Kreisringsegment.

`fuzzy_measure_pairing` dient zur Extraktion von *geradlinigen* Kantenpaaren, die *senkrecht* zur Hauptachse eines Rechtecks oder zu einem Kreisbogensegment liegen.

Das Konzept der 1D-Vermessung ist bei der Einleitung zu Kapitel 1D-Vermessung beschrieben.

Der Algorithmus von `fuzzy_measure_pairing` arbeitet analog zu `fuzzy_measure_pairs` (siehe dort für Details) mit der Ausnahme, dass es über den Parameter `Pairing` zusätzlich möglich ist, sich überschneidende und ineinanderliegende Kantenpaare zu extrahieren. Derzeit steht nur der Wert *'no_restriction'* zu Verfügung, der alle möglichen Kantenpaare zurückliefert, die sich sowohl gegenseitig überlagern als auch einschließen können.

Es werden nur die `NumPairs` am besten bewerteten Kantenpaare zurückgeliefert, wobei der Wert 0 bedeutet, dass alle gefundenen Kantenkombinationen zurückgeliefert werden.

Die extrahierten Kanten werden als einzelne Punkte, die auf der Hauptachse des Rechtecks oder dem mittleren Bogen des Kreisringsegments liegen, zurückgegeben. Die zugehörigen Kantenamplituden werden in `AmplitudeFirst` und `AmplitudeSecond`, die Fuzzy-Bewertungen in `FuzzyScore` zurückgeliefert. Zusätzlich wird noch der Abstand innerhalb eines Kantenpaares in `IntraDistance` zurückgeliefert.

Achtung

`fuzzy_measure_pairing` liefert nur dann brauchbare Ergebnisse, falls die Annahme, dass die Kanten gerade und senkrecht zur Hauptachse des Rechtecks oder zum Kreisringsegment sind, erfüllt ist. `fuzzy_measure_pairing` sollte daher z.B. nicht dazu verwendet werden, Kanten von gekrümmten Objekten zu extrahieren. Weiterhin sollte der Benutzer darauf achten, dass das Rechteck / das Kreisringsegment möglichst senkrecht zu den Bildkanten liegt. Außerdem darf `Sigma` nicht größer als ca. 0.5 * Length1 (siehe `gen_measure_rectangle2` für Length1) sein.

Es ist zu beachten, dass `fuzzy_measure_pairing` den Definitionsbereich von `Image` aus Geschwindigkeitsgründen ignoriert. Falls bestimmte Bildbereiche von der Messung ausgeschlossen werden sollen, sollte ein neues Messobjekt mit entsprechend angepassten Parametern erzeugt werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **MeasureHandle** (input_control) . . . . . measure ⇝ *handle*
  Handle des Messobjekts.
- ▷ **Sigma** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Sigma der Gaußglättung.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0, 10.0}
  Wertebereich: 0.4 ≤ `Sigma` ≤ 100 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
- ▷ **AmpThresh** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Minimale Amplitude einer Kante.
  Default: 30.0
  Wertevorschläge: `AmpThresh` ∈ {5.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0, 90.0, 110.0}
  Wertebereich: 1 ≤ `AmpThresh` ≤ 255 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.5
  Empfohlene Schrittweite: 2
- ▷ **FuzzyThresh** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Minimale Fuzzy-Bewertung.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: `FuzzyThresh` ∈ {0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9}
  Wertebereich: 0.0 ≤ `FuzzyThresh` ≤ 1.0 (lin)
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
- ▷ **Transition** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Auswahl des ersten Grauwertüberganges der Kantenpaare.
  Default: 'all'
  Werteliste: `Transition` ∈ {'all', 'positive', 'negative'}
- ▷ **Pairing** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Beschränkung der Paarbildung.
  Default: 'no_restriction'
  Werteliste: `Pairing` ∈ {'no_restriction'}
- ▷ **NumPairs** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
  Maximale Anzahl der Kantenpaare.
  Default: 10
  Wertevorschläge: `NumPairs` ∈ {0, 1, 10, 20, 50}
  Wertebereich: 0 ≤ NumPairs
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **RowEdgeFirst** (output_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate der ersten Kante.
- ▷ **ColumnEdgeFirst** (output_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate der ersten Kante.
- ▷ **AmplitudeFirst** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Kantenamplitude der ersten Kante (mit Vorzeichen).
- ▷ **RowEdgeSecond** (output_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate der zweiten Kante.
- ▷ **ColumnEdgeSecond** (output_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate der zweiten Kante.
- ▷ **AmplitudeSecond** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Kantenamplitude der zweiten Kante (mit Vorzeichen).
- ▷ **RowPairCenter** (output_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Mittelpunktes des Kantenpaares.
- ▷ **ColumnPairCenter** (output_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Mittelpunktes des Kantenpaares.
- ▷ **FuzzyScore** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Fuzzy-Bewertung des Kantenpaares.

▷ **IntraDistance** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Abstand zwischen Kanten eines Kantenpaars.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `fuzzy_measure_pairing` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_measure_rectangle2`, `gen_measure_arc`, `set_fuzzy_measure`

Nachfolger

`close_measure`

Alternativen

`edges_sub_pix`, `fuzzy_measure_pairs`, `measure_pairs`

Siehe auch

`fuzzy_measure_pos`, `measure_pos`

Modul

1D Metrology

fuzzy_measure_pairs (Image : : MeasureHandle, Sigma, AmpThresh, FuzzyThresh, Transition : RowEdgeFirst, ColumnEdgeFirst, AmplitudeFirst, RowEdgeSecond, ColumnEdgeSecond, AmplitudeSecond, RowEdgeCenter, ColumnEdgeCenter, FuzzyScore, IntraDistance, InterDistance)

Extraktion geradliniger Kantenpaare senkrecht zu einem Rechteck oder Kreisringsegment.

`fuzzy_measure_pairs` dient zur Extraktion von *geradlinigen* Kantenpaaren, die *senkrecht* zur Hauptachse eines Rechtecks oder zu einem Kreisringsegment liegen. Im Unterschied zu `measure_pairs` können die Kantenpaare zusätzlich mit Hilfe von Fuzzy-Funktionen bewertet und ausgewählt werden.

Das Konzept der 1D-Vermessung ist bei der Einleitung zu Kapitel 1D-Vermessung beschrieben.

Der Algorithmus von `fuzzy_measure_pairs` arbeitet analog zu `fuzzy_measure_pos`. Benachbarte Kanten werden jedoch zu Paaren mit unterschiedlichen Kantenübergängen (Vorzeichen) zusammengefasst. Um sich überlappende oder einschließende Kantenpaare zu extrahieren, verwenden Sie bitte `fuzzy_measure_pairing`.

Falls `Transition` = *'positive'* werden in `RowEdgeFirst` und `ColumnEdgeFirst` Kantenpunkte mit Übergang von Dunkel nach Hell und in `RowEdgeSecond` und `ColumnEdgeSecond` mit Übergang von Hell nach Dunkel übergeben. Im Modus *'negative'* ist dies genau umgekehrt. Im Modus *'all'* bestimmt die erste gefundene Kante die Art der Paarbildung. D.h., je nach Lage des Messobjekts werden entweder hell-dunkel-hell Übergänge oder dunkel-hell-dunkel Übergänge gefunden. Dieses Vorgehen ist dann nützlich, wenn z.B. Objekte vermessen werden, die unterschiedliche Helligkeiten in Relation zum Hintergrund aufweisen.

Sind die subpixelgenauen Positionen der Kanten ermittelt, werden sie zu Paaren gruppiert. Dabei werden die Kanten derart zu Paaren sortiert, dass Überschneidungen und Einschlüsse der Paaren untereinander verhindert werden. Die Merkmale der Kantenpaare werden mit Hilfe einer zugehörigen Fuzzy-Funktion bewertet, welche mit `set_fuzzy_measure` b.z.w. `set_fuzzy_measure_norm_pair` gesetzt werden kann. Welche Kantenpaare ausgewählt werden wird mit dem Parameter `FuzzyThresh` beeinflusst, welcher eine Schwelle über die Bewertung aller Fuzzy-Sets angibt, d.h. über den geometrischen Mittelwert der einzelnen Gewichtungen der Sets.

Die extrahierten Kanten werden als einzelne Punkte, die auf der Hauptachse des Rechtecks oder dem mittleren Bogen des Kreisringsegments liegen, zurückgegeben. Die zugehörigen Kantenamplituden werden in

AmplitudeFirst und AmplitudeSecond, die Fuzzy-Bewertungen in FuzzyScore zurückgeliefert. Zusätzlich wird noch der Abstand innerhalb eines Kantenpaares in IntraDistance und der Abstand von aufeinanderfolgenden Kantenpaaren in InterDistance zurückgeliefert. Dabei entspricht IntraDistance[i] dem Abstand von EdgeFirst[i] und EdgeSecond[i], während InterDistance[i] dem Abstand von EdgeSecond[i] und EdgeFirst[i+1] entspricht. D.h., das Tupel InterDistance enthält ein Element weniger als die Tupel der Kantenpaare.

Achtung

fuzzy_measure_pairs liefert nur dann brauchbare Ergebnisse, falls die Annahme, dass die Kanten gerade und senkrecht zur Hauptachse des Rechtecks oder zum Kreisringsegment sind, erfüllt ist. fuzzy_measure_pairs sollte daher z.B. nicht dazu verwendet werden, Kanten von gekrümmten Objekten zu extrahieren. Weiterhin sollte der Benutzer darauf achten, dass das Rechteck / das Kreisringsegment möglichst senkrecht zu den Bildkanten liegt. Außerdem darf Sigma nicht größer als ca. 0.5 * Length1 (siehe gen_measure_rectangle2 für Length1) sein.

Es ist zu beachten, dass fuzzy_measure_pairs den Definitionsbereich von Image aus Geschwindigkeitsgründen ignoriert. Falls bestimmte Bildbereiche von der Messung ausgeschlossen werden sollen, sollte ein neues Messobjekt mit entsprechend angepassten Parametern erzeugt werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **MeasureHandle** (input_control) ..... measure ⇝ *handle*
  Handle des Messobjekts.
- ▷ **Sigma** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Sigma der Gaußglättung.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: Sigma ∈ {0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0, 10.0}
  Wertebereich: 0.4 ≤ Sigma ≤ 100 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
- ▷ **AmpThresh** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Minimale Amplitude einer Kante.
  Default: 30.0
  Wertevorschläge: AmpThresh ∈ {5.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0, 90.0, 110.0}
  Wertebereich: 1 ≤ AmpThresh ≤ 255 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.5
  Empfohlene Schrittweite: 2
- ▷ **FuzzyThresh** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Minimale Fuzzy-Bewertung.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: FuzzyThresh ∈ {0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9}
  Wertebereich: 0.0 ≤ FuzzyThresh ≤ 1.0 (lin)
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
- ▷ **Transition** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Auswahl des ersten Grauwertüberganges der Kantenpaare.
  Default: 'all'
  Werteliste: Transition ∈ {'all', 'positive', 'negative'}
- ▷ **RowEdgeFirst** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate der ersten Kante.
- ▷ **ColumnEdgeFirst** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate der ersten Kante.
- ▷ **AmplitudeFirst** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Kantenamplitude der ersten Kante (mit Vorzeichen).
- ▷ **RowEdgeSecond** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate der zweiten Kante.
- ▷ **ColumnEdgeSecond** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Mittelpunktes der Kante.
- ▷ **AmplitudeSecond** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Kantenamplitude der zweiten Kante (mit Vorzeichen).

▷ **RowEdgeCenter** (output_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinate des Mittelpunktes des Kantenpaares.

▷ **ColumnEdgeCenter** (output_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinate des Mittelpunktes des Kantenpaares.

▷ **FuzzyScore** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Fuzzy-Bewertung des Kantenpaares.

▷ **IntraDistance** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Abstand zwischen Kanten eines Kantenpaars.

▷ **InterDistance** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Kantenpaaren.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `fuzzy_measure_pairs` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_measure_rectangle2`, `gen_measure_arc`, `set_fuzzy_measure`

Nachfolger

`close_measure`

Alternativen

`edges_sub_pix`, `fuzzy_measure_pairing`, `measure_pairs`

Siehe auch

`fuzzy_measure_pos`, `measure_pos`

Modul

1D Metrology

fuzzy_measure_pos (Image : : MeasureHandle, Sigma, AmpThresh, FuzzyThresh, Transition : RowEdge, ColumnEdge, Amplitude, FuzzyScore, Distance)

Extraktion geradliniger Kanten senkrecht zu einem Rechteck oder Kreisringsegment.

`fuzzy_measure_pos` dient zur Extraktion von *geradlinigen* Kanten, die *senkrecht* zur Hauptachse eines Rechtecks oder zu einem Kreisringsegment liegen. Im Unterschied zu `measure_pos` können die Kanten zusätzlich mit Hilfe von Fuzzy-Funktionen bewertet und ausgewählt werden.

Das Konzept der 1D-Vermessung ist bei der Einleitung zu Kapitel 1D-Vermessung beschrieben.

Der Algorithmus von `fuzzy_measure_pos` erzeugt zunächst ein eindimensionales Grauwertprofil durch Mittelung der Grauwerte entlang von Geraden senkrecht zur Hauptachse des Rechtecks oder zum Kreisringsegment. Dabei wird das Eingabebild `Image` an Subpixel-Positionen abgetastet, die einen ganzzahligen Zeilen- und Spalten-Abstand (im Koordinatensystem des Rechtecks) zum Mittelpunkt des Rechtecks haben. Weil die Abtastung des Bildes einige Berechnungen erfordert, die in mehreren Messungen verwendet werden können, wird der Operator `gen_measure_rectangle2` (bzw. `gen_measure_arc`) verwendet, um diese Berechnungen nur einmal ausführen zu müssen, und somit die Geschwindigkeit von `fuzzy_measure_pos` signifikant zu erhöhen. Aufgrund der Tatsache, dass eine bessere Interpolation bei der Subpixel-Abtastung der Grauwerte zu einer besseren Genauigkeit der extrahierten Kanten führt, aber auch die Laufzeit des Operators erhöht, können verschiedene Interpolationsverfahren in `gen_measure_rectangle2` (bzw. `gen_measure_arc`) gewählt werden. (Die Interpolation beeinflusst nur Rechtecke, die nicht parallel zu den Koordinatenachsen des Bildes sind, und Kreisringsegmente.) Das Messobjekt, das mit `gen_measure_rectangle2` (bzw. `gen_measure_arc`) erzeugt wurde, wird in `MeasureHandle` übergeben.

Nach der Bestimmung des eindimensionalen Kantenprofils werden die subpixelgenauen Kantenpositionen durch Faltung des Profils mit den Ableitungen einer Gauß-Maske mit Standardabweichung `Sigma` berechnet. Auffällige Kanten können mit dem Parameter `AmpThresh` selektiert werden, der einen Schwellenwert für die Kantenamplitude, d.h. den Absolutbetrag der ersten Ableitung, festlegt. Außerdem ist es möglich, nur positive Kanten, also solche, die einen Übergang von Dunkel nach Hell in der Richtung der Hauptachse des Rechtecks oder des Kreisringsegments darstellen (`Transition` = *'positive'*), nur negative Kanten, also Hell-Dunkel-Übergänge (`Transition` = *'negative'*) oder alle Kanten zu selektieren (`Transition` = *'all'*).

Sind die subpixelgenauen Kanten extrahiert, werden ausgewählte Merkmale der Kanten mit Hilfe einer zugehörigen Fuzzy-Funktion bewertet, welche mit `set_fuzzy_measure` gesetzt werden kann. Welche Kanten ausgewählt werden wird mit dem Parameter `FuzzyThresh` beeinflusst, welcher eine Schwelle über die Bewertung aller Fuzzy-Sets angibt, d.h. über den geometrischen Mittelwert der einzelnen Gewichtungen der Sets.

Die extrahierten Kanten werden als einzelne Punkte, die auf der Hauptachse des Rechtecks oder dem mittleren Bogen des Kreisringsegments liegen, in (`RowEdge`, `ColumnEdge`) zurückgegeben. Die zugehörigen Kantenamplituden werden in `Amplitude`, die Fuzzy-Bewertungen der Kanten in `FuzzyScore` zurückgeliefert. Zusätzlich wird noch der Abstand von aufeinanderfolgenden Kantenpunkten in `Distance` zurückgeliefert. Dabei entspricht Distance[i] dem Abstand von Edge[i] und Edge[i+1]. D.h., das Tupel `Distance` enthält ein Element weniger als die Tupel `RowEdge` und `ColumnEdge`.

Achtung

`fuzzy_measure_pos` liefert nur dann brauchbare Ergebnisse, falls die Annahme, dass die Kanten gerade und senkrecht zur Hauptachse des Rechtecks oder zum Kreisringsegment sind, erfüllt ist. `fuzzy_measure_pos` sollte daher z.B. nicht dazu verwendet werden, Kanten von gekrümmten Objekten zu extrahieren. Weiterhin sollte der Benutzer darauf achten, dass das Rechteck / das Kreisringsegment möglichst senkrecht zu den Bildkanten liegt. Außerdem darf `Sigma` nicht größer als ca. 0.5 * Length1 (siehe `gen_measure_rectangle2` für Length1) sein.

Es ist zu beachten, dass `fuzzy_measure_pos` den Definitionsbereich von `Image` aus Geschwindigkeitsgründen ignoriert. Falls bestimmte Bildbereiche von der Messung ausgeschlossen werden sollen, sollte ein neues Messobjekt mit entsprechend angepassten Parametern erzeugt werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **`MeasureHandle`** (input_control) ..... measure ⇝ *handle*
  Handle des Messobjekts.
- ▷ **`Sigma`** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Sigma der Gaußglättung.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0, 10.0}
  Wertebereich: 0.4 ≤ `Sigma` ≤ 100 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
- ▷ **`AmpThresh`** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Minimale Amplitude einer Kante.
  Default: 30.0
  Wertevorschläge: `AmpThresh` ∈ {5.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0, 90.0, 110.0}
  Wertebereich: 1 ≤ `AmpThresh` ≤ 255 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.5
  Empfohlene Schrittweite: 2
- ▷ **`FuzzyThresh`** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Minimale Fuzzy Bewertung.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: `FuzzyThresh` ∈ {0.1, 0.3, 0.5, 0.6, 0.7, 0.9}
  Wertebereich: 0.0 ≤ `FuzzyThresh` ≤ 1.0 (lin)
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
- ▷ **`Transition`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Hell/Dunkel oder Dunkel/Hell Kante.
  Default: 'all'
  Werteliste: `Transition` ∈ {'all', 'positive', 'negative'}

▷ **RowEdge** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinate des Mittelpunktes der Kante.

▷ **ColumnEdge** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinate des Mittelpunktes der Kante.

▷ **Amplitude** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Kantenamplitude der Kanten (mit Vorzeichen).

▷ **FuzzyScore** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Fuzzy-Bewertung der Kante.

▷ **Distance** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Kante.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `fuzzy_measure_pos` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_measure_rectangle2`, `gen_measure_arc`, `set_fuzzy_measure`

Nachfolger

`close_measure`

Alternativen

`edges_sub_pix`, `measure_pos`

Siehe auch

`fuzzy_measure_pairing`, `fuzzy_measure_pairs`, `measure_pairs`

Modul

1D Metrology

gen_measure_arc (: : CenterRow, CenterCol, Radius, AngleStart, AngleExtent, AnnulusRadius, Width, Height, Interpolation : MeasureHandle)

Vorbereitung der Extraktion geradliniger Kanten senkrecht zu einem Kreisringsegment.

`gen_measure_arc` bereitet die Extraktion *geradliniger* Kanten, die *senkrecht* zu einem Kreisringsegment liegen, vor. Mit Kreisring ist hier ein Kreisbogen mit zugehöriger Dicke gemeint. Der Mittelpunkt des Kreisbogens wird in den Parametern `CenterRow` und `CenterCol` übergeben, sein Radius in `Radius`, der Startwinkel in `AngleStart` und der Winkelbereich des Bogens relativ zum Startwinkel in `AngleExtent`. Falls `AngleExtent` > 0 wird ein Bogen entgegen dem Uhrzeigersinn erzeugt, ansonsten ein Bogen im Uhrzeigersinn. Der Radius des Rings, d.h. seine halbe Dicke, wird mit `AnnulusRadius` bestimmt.

Das Konzept der 1D-Vermessung ist bei der Einleitung zu Kapitel 1D-Vermessung beschrieben.

Der Algorithmus zur Kantenextraktion ist bei `measure_pos` beschrieben. Wie dort dargestellt, können verschiedene Arten der Interpolation zur Berechnung des Grauwertprofils verwendet werden. Mit `Interpolation` = *'nearest_neighbor'* werden die Grauwerte bei der Messung durch den Grauwert des nächstgelegenen Pixels, d.h. durch konstante Interpolation, bestimmt. Für `Interpolation` = *'bilinear'* wird bilineare Interpolation verwendet und für `Interpolation` = *'bicubic'* bikubische Interpolation.

Um die eigentlichen Messungen möglichst schnell ausführen zu können, werden alle Berechnungen, die für mehrere Messungen verwendet werden können, schon im Operator `gen_measure_arc` ausgeführt. Hierzu wird eine optimierte Datenstruktur, ein sogenanntes Messobjekt, aufgebaut, das in `MeasureHandle` zurückgegeben wird. Die später bei der Messung verwendete Bildgröße muss in den Parametern `Width` und `Height` angegeben werden.

Der Systemparameter *'int_zooming'* (siehe `set_system`) beeinflusst die Genauigkeit und Geschwindigkeit der Berechnung des Messobjekts. Falls *'int_zooming'* auf *'true'* gesetzt wird, werden die internen Berechnungen in Festkommaarithmetik durchgeführt, was zu wesentlich kürzeren Laufzeiten führt. Allerdings ist hier die geometrische Genauigkeit etwas geringer. Falls *'int_zooming'* auf *'false'* gesetzt wird, werden die internen Berechnungen in Gleitkommaarithmetik durchgeführt, was zur bestmöglichen geometrischen Genauigkeit führt, die Laufzeit allerdings signifikant erhöht.

Achtung

Es ist zu beachten, dass bei Verwendung von bilinearer oder bikubischer Interpolation nicht nur das Messrechteck ins Bild passen muss, sondern auch ein Rand um das Messrechteck. Die Breite des Randes (in alle vier Richtungen) muss mindestens ein Pixel für bilineare Interpolation und mindestens zwei Pixel für bikubische Interpolation sein. Für Projektionslinien, die diese Bedingung nicht erfüllen, wird kein Grauwert berechnet. Somit kann an diesen Stellen auch keine Kante extrahiert werden.

Es ist außerdem zu beachten, dass die Mittelpunktskoordinaten des Kreisringsegments intern gerundet werden, so dass der Mittelpunkt auf dem Pixelraster liegt. Dadurch kann Konsistenz sichergestellt werden.

Parameter

▷ **`CenterRow`** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des Mittelpunktes des Bogens.
Default: 100.0
Wertevorschläge: `CenterRow` ∈ {10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0, 400.0, 500.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ CenterRow (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **`CenterCol`** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des Mittelpunktes des Bogens.
Default: 100.0
Wertevorschläge: `CenterCol` ∈ {10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0, 400.0, 500.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ CenterCol (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **`Radius`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Radius des Bogens.
Default: 50.0
Wertevorschläge: `Radius` ∈ {10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0, 400.0, 500.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0
Restriktion: AnnulusRadius <= Radius

▷ **`AngleStart`** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / integer
Start des Bogens im Bogenmaß.
Default: 0.0
Wertevorschläge: `AngleStart` ∈ {-3.14159, -2.35619, -1.57080, -0.78540, 0.0, 0.78540, 1.57080, 2.35619, 3.14159}
Wertebereich: -3.14159 ≤ `AngleStart` ≤ 3.14159 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.03142
Empfohlene Schrittweite: 0.31416

▷ **`AngleExtent`** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / integer
Winkelausdehnung des Bogens im Bogenmaß.
Default: 6.28318
Wertevorschläge: `AngleExtent` ∈ {-6.28318, -5.49779, -4.71239, -3.92699, -3.14159, -2.35619, -1.57080, -0.78540, 0.78540, 1.57080, 2.35619, 3.14159, 3.92699, 4.71239, 5.49779, 6.28318}
Wertebereich: -6.28318 ≤ `AngleExtent` ≤ 6.28318 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.03142
Empfohlene Schrittweite: 0.31416

▷ **AnnulusRadius** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Radius (halbe Breite) des Rings.
Default: 10.0
Wertevorschläge: AnnulusRadius ∈ {10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0, 400.0, 500.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0
Restriktion: AnnulusRadius > 0

▷ **Width** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Breite des später zu verarbeitenden Bildes.
Default: 512
Wertevorschläge: Width ∈ {128, 160, 192, 256, 320, 384, 512, 640, 768}
Wertebereich: 0 ≤ Width (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 16

▷ **Height** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Höhe des später zu verarbeitenden Bildes.
Default: 512
Wertevorschläge: Height ∈ {120, 128, 144, 240, 256, 288, 480, 512, 576}
Wertebereich: 0 ≤ Height (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 16

▷ **Interpolation** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der zu verwendenden Interpolation.
Default: 'nearest_neighbor'
Werteliste: Interpolation ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic'}

▷ **MeasureHandle** (output_control) . . . . . measure ⇝ *handle*
Handle des Messobjekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gen_measure_arc den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

draw_circle

Nachfolger

measure_pos, measure_pairs, fuzzy_measure_pos, fuzzy_measure_pairs, fuzzy_measure_pairing

Alternativen

edges_sub_pix

Siehe auch

gen_measure_rectangle2

Modul

1D Metrology

gen_measure_rectangle2 (: : Row, Column, Phi, Length1, Length2, Width, Height, Interpolation : MeasureHandle)

Vorbereitung der Extraktion geradliniger Kanten senkrecht zu einem Rechteck.

gen_measure_rectangle2 bereitet die Extraktion *geradliniger* Kanten, die *senkrecht* zur Hauptachse eines Rechtecks liegen, vor. Der Mittelpunkt des Rechtecks wird in den Parametern Row und Column übergeben, die Richtung der Hauptachse in Phi und die Längen der beiden Achsen, d.h. die halben Durchmesser des Rechtecks, in Length1 und Length2.

Das Konzept der 1D-Vermessung ist bei der Einleitung zu Kapitel 1D-Vermessung beschrieben.

Der Algorithmus zur Kantenextraktion ist bei measure_pos beschrieben. Wie dort beschrieben, können verschiedene Arten der Interpolation zur Berechnung des Grauwertprofils verwendet werden. Mit Interpolation = *'nearest_neighbor'* werden die Grauwerte bei der Messung durch den Grauwert des nächstgelegenen Pixels, d.h. durch konstante Interpolation, bestimmt. Für Interpolation = *'bilinear'* wird bilineare Interpolation verwendet und für Interpolation = *'bicubic'* bikubische Interpolation.

Um die eigentlichen Messungen möglichst schnell ausführen zu können, werden alle Berechnungen, die für mehrere Messungen verwendet werden können, schon im Operator gen_measure_rectangle2 ausgeführt. Hierzu wird eine optimierte Datenstruktur, ein sogenanntes Messobjekt, aufgebaut, das in MeasureHandle zurückgegeben wird. Die später bei der Messung verwendete Bildgröße muss in den Parametern Width und Height angegeben werden.

Der Systemparameter *'int_zooming'* (siehe set_system) beeinflusst die Genauigkeit und Geschwindigkeit der Berechnung des Messobjekts. Falls *'int_zooming'* auf *'true'* gesetzt wird, werden die internen Berechnungen in Festkommaarithmetik durchgeführt, was zu wesentlich kürzeren Laufzeiten führt. Allerdings ist hier die geometrische Genauigkeit etwas geringer. Falls *'int_zooming'* auf *'false'* gesetzt wird, werden die internen Berechnungen in Gleitkommaarithmetik durchgeführt, was zur bestmöglichen geometrischen Genauigkeit führt, die Laufzeit allerdings signifikant erhöht.

Achtung

Es ist zu beachten, dass bei Verwendung von bilinearer oder bikubischer Interpolation nicht nur das Messrechteck ins Bild passen muss, sondern auch ein Rand um das Messrechteck. Die Breite des Randes (in alle vier Richtungen) muss mindestens ein Pixel für bilineare Interpolation und mindestens zwei Pixel für bikubische Interpolation sein. Für Projektionslinien, die diese Bedingung nicht erfüllen, wird kein Grauwert berechnet. Somit kann an diesen Stellen auch keine Kante extrahiert werden.

Es ist außerdem zu beachten, dass die Mittelpunktskoordinaten des Rechtecks intern gerundet werden, so dass der Mittelpunkt auf dem Pixelraster liegt. Dadurch kann Konsistenz sichergestellt werden.

Parameter

▷ **Row** (input_control) . . . . . rectangle2.center.y ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des Mittelpunktes des Rechtecks.
Default: 300.0
Wertevorschläge: Row ∈ {10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0, 400.0, 500.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Row ≤ 511.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Column** (input_control) . . . . . rectangle2.center.x ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des Mittelpunktes des Rechtecks.
Default: 200.0
Wertevorschläge: Column ∈ {10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0, 400.0, 500.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Column ≤ 511.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Phi** (input_control) . . . . . rectangle2.angle.rad ⇝ *real* / integer
Winkel der Längsachse des Rechtecks zur Horizontalen (Bogenmaß).
Default: 0.0
Wertevorschläge: Phi ∈ {-1.178097, -0.785398, -0.392699, 0.0, 0.392699, 0.785398, 1.178097}
(lin)
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **Length1** (input_control) . . . . . rectangle2.hwidth ⇝ *real* / integer
Halbe Breite des Rechtecks.
Default: 100.0
Wertevorschläge: Length1 ∈ {3.0, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0, 500.0}
Wertebereich: 1.0 ≤ Length1 (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Length2** (input_control) . . . . . rectangle2.hheight ⇝ *real* / integer
Halbe Höhe des Rechtecks.
Default: 20.0
Wertevorschläge: Length2 ∈ {1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Length2 (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Width** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Breite des später zu verarbeitenden Bildes.
Default: 512
Wertevorschläge: Width ∈ {128, 160, 192, 256, 320, 384, 512, 640, 768}
Wertebereich: 0 ≤ Width (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 16

▷ **Height** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Höhe des später zu verarbeitenden Bildes.
Default: 512
Wertevorschläge: Height ∈ {120, 128, 144, 240, 256, 288, 480, 512, 576}
Wertebereich: 0 ≤ Height (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 16

▷ **Interpolation** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der zu verwendenden Interpolation.
Default: 'nearest_neighbor'
Werteliste: Interpolation ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic'}

▷ **MeasureHandle** (output_control) . . . . . measure ⇝ *handle*
Handle des Messobjekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gen_measure_rectangle2 den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

draw_rectangle2

Nachfolger

measure_pos, measure_pairs, fuzzy_measure_pos, fuzzy_measure_pairs, fuzzy_measure_pairing, measure_thresh

Alternativen

edges_sub_pix

Siehe auch

gen_measure_arc

Modul

1D Metrology

get_measure_param (: : MeasureHandle, GenParamName : GenParamValue)

Auslesen von Einstellungen und Eigenschaften eines Messobjekts.

get_measure_param liefert Einstellungen und Eigenschaften des Messobjekts MeasureHandle. Die Namen der abzurufenden Eigenschaften werden im generischen Parameter GenParamName übergeben, die entsprechenden Werte werden in GenParamValue zurückgegeben.

Die Werte, die für GenParamName möglich sind, hängen von der Art des Messobjekts sowie den gesetzten Eigenschaften ab. Falls eine Eigenschaft nicht verfügbar ist, so liefert get_measure_param einen Fehler zurück.

Eigenschaften für alle Messobjekte

- *'type'*: Typ des Messobjekts, entweder *'rectangle2'* falls das Objekt mit gen_measure_rectangle2 erstellt wurde oder *'arc'* falls das Objekt mit gen_measure_arc erstellt wurde.
- *'image_width'*, *'image_height'*: Breite bzw. Höhe des Bildes, für welches das Messobjekt erstellt wurde.
- *'interpolation'*: Verwendete Interpolationsart: *'nearest_neighbor'*, *'bilinear'* oder *'bicubic'*.

Eigenschaften für rechteckige Messobjekte

Eigenschaften für Messobjekte, die mit gen_measure_rectangle2 erstellt wurden.

- *'row'*, *'column'*: Zeile bzw. Spalte des Mittelpunkts des Messrechtecks.
- *'phi'*: Rotationswinkel des Messrechtecks.
- *'length1'*, *'length2'*: Seitenlängen des Messrechtecks.

Eigenschaften für kreissegmentförmige Messobjekte

Eigenschaften für Messobjekte, die mit gen_measure_arc erstellt wurden.

- *'row'*, *'column'*: Zeile bzw. Spalte des Mittelpunkts des Kreisringsegments.
- *'radius'*: Radius des Kreisringsegments.
- *'angle_start'*, *'angle_extent'*: Startwinkel und Winkelbereich des Kreisringsegments.
- *'annulus_radius'*: Radius des Kreisringsegments.

Eigenschaften für Messobjekte mit Fuzzy-Funktionen

Eigenschaften für Messobjekte, für die Fuzzy-Funktionen mit set_fuzzy_measure oder set_fuzzy_measure_norm_pair festgelegt wurden:

- *'fuzzy_contrast'*: Fuzzy-Funktion zum Bewerten der Amplituden.
- *'fuzzy_position'*, *'fuzzy_position_center'*, *'fuzzy_position_end'*, *'fuzzy_position_first_edge'*, *'fuzzy_position_last_edge'*: Fuzzy-Funktionen zum Bewerten des gerichteten Abstands der gefundenen Kanten zum Referenzpunkt des Messobjekts.
- *'fuzzy_position_pair'*, *'fuzzy_position_pair_center'*, *'fuzzy_position_pair_end'*, *'fuzzy_position_first_pair'*, *'fuzzy_position_last_pair'*: Fuzzy-Funktionen zum Bewerten des Abstands von Kantenpaaren zum Referenzpunkt.
- *'fuzzy_size'*, *'fuzzy_size_diff'*, *'fuzzy_size_abs_diff'*: Fuzzy-Funktion zum Bewerten des Abstands zwischen den beiden Kanten eines Paares.
- *'fuzzy_gray'*: Fuzzy-Funktion zum Gewichten des Mittelwerts der projizierten Grauwertprofilen zwischen den beiden Kanten eines Paars.

Parameter

▷ **MeasureHandle** (input_control) . . . . . measure ⇝ *handle*
Handle des Messobjekts.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Name der abzurufenden Eigenschaft.
Default: 'type'
Werteliste: GenParamName ∈ {'type', 'image_width', 'image_height', 'interpolation', 'row', 'column', 'phi', 'length1', 'length2', 'radius', 'angle_start', 'angle_extent', 'annulus_radius', 'fuzzy_contrast',

'fuzzy_gray', 'fuzzy_position', 'fuzzy_position_center', 'fuzzy_position_end', 'fuzzy_position_first_edge', 'fuzzy_position_last_edge', 'fuzzy_position_pair', 'fuzzy_position_pair_center', 'fuzzy_position_pair_end', 'fuzzy_position_first_pair', 'fuzzy_position_last_pair', 'fuzzy_size', 'fuzzy_size_diff', 'fuzzy_size_abs_diff'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *real* / string / integer
Wert der abgerufenen Eigenschaft.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_measure_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_measure_rectangle2`, `gen_measure_arc`

Siehe auch

`gen_measure_rectangle2`, `gen_measure_arc`, `translate_measure`

Modul

1D Metrology

measure_pairs (Image : : MeasureHandle, Sigma, Threshold, Transition, Select : RowEdgeFirst, ColumnEdgeFirst, AmplitudeFirst, RowEdgeSecond, ColumnEdgeSecond, AmplitudeSecond, IntraDistance, InterDistance)

Extraktion geradliniger Kantenpaare senkrecht zu einem Rechteck oder Kreisringsegment.

`measure_pairs` dient zur Extraktion von *geradlinigen* Kantenpaaren, die *senkrecht* zur Hauptachse eines Rechtecks oder zu einem Kreisringsegment liegen.

Das Konzept der 1D-Vermessung ist bei der Einleitung zu Kapitel 1D-Vermessung beschrieben.

Der Algorithmus von `measure_pairs` arbeitet analog zu `measure_pos`. Die Kanten werden jedoch zu Paaren mit unterschiedlichen Kantenübergängen (Vorzeichen) zusammengefasst. Falls `Transition` = *'positive'* werden in `RowEdgeFirst` und `ColumnEdgeFirst` Kantenpunkte mit Übergang von Dunkel nach Hell und in `RowEdgeSecond` und `ColumnEdgeSecond` mit Übergang von Hell nach Dunkel übergeben. Im Modus *'negative'* ist dies genau umgekehrt. Im Modus *'all'* bestimmt die jeweils erste gefundene Kante die Art der Paarbildung. D.h., je nach Lage des Messobjekts werden entweder hell-dunkel-hell Übergänge oder dunkel-hell-dunkel Übergänge gefunden. Dieses Vorgehen ist dann nützlich, wenn z.B. Objekte vermessen werden, die unterschiedliche Helligkeiten in Relation zum Hintergrund aufweisen.

Treten Kanten mit gleichen Vorzeichen mehrfach hintereinander auf, so wird jeweils die erste Kante der Folge zur Paarbildung verwendet. Dies kann in Anwendungen problematisch sein, in denen der Schwellenwert `Threshold` nicht so groß gewählt werden kann, dass aufeinanderfolgende Kanten gleichen Vorzeichens über den Schwellenwert eliminiert werden. Daher gibt es zu jedem der oben genannten Modi einen zweiten Modus, der nur die jeweils stärksten aufeinanderfolgenden aufsteigenden und absteigenden Kanten selektiert. Dieser Modus wird selektiert, indem an den jeweiligen Modus in `Transition` der String *'_strongest'* angehängt wird, also z.B. *'negative_strongest'*. Schließlich kann gewählt werden, welche der extrahierten Kantenpaare zurückgeliefert werden sollen. Wenn `Select` auf *'all'* gesetzt wird, werden alle gefundenen Paare zurückgegeben, falls `Select` auf *'first'* gesetzt wird nur das erste Kantenpaar und falls `Select` auf *'last'* gesetzt wird nur das letzte.

Die extrahierten Kanten werden als einzelne Punkte, die auf der Hauptachse des Rechtecks oder auf dem mittleren Bogen des Kreisringsegments liegen, zurückgegeben. Die zugehörigen Kantenamplituden werden in `AmplitudeFirst` und `AmplitudeSecond` zurückgeliefert. Zusätzlich wird noch der Abstand innerhalb eines Kantenpaares in `IntraDistance` und der Abstand von aufeinanderfolgenden Kantenpaaren in

InterDistance zurückgeliefert. Dabei entspricht IntraDistance[i] dem Abstand von EdgeFirst[i] und EdgeSecond[i], während InterDistance[i] dem Abstand von EdgeSecond[i] und EdgeFirst[i+1] entspricht. D.h., das Tupel InterDistance enthält ein Element weniger als die Tupel der Kantenpaare.

Achtung

measure_pairs liefert nur dann brauchbare Ergebnisse, falls die Annahme, dass die Kanten gerade und senkrecht zur Hauptachse des Rechtecks oder zum Kreisringsegment sind, erfüllt ist. measure_pairs sollte daher z.B. nicht dazu verwendet werden, Kanten von gekrümmten Objekten zu extrahieren. Weiterhin sollte der Benutzer darauf achten, dass das Rechteck / das Kreisringsegment möglichst senkrecht zu den Bildkanten liegt. Außerdem darf Sigma nicht größer als ca. 0.5 * Length1 (siehe gen_measure_rectangle2 für Length1) sein.

Es ist zu beachten, dass measure_pairs den Definitionsbereich von Image aus Geschwindigkeitsgründen ignoriert. Falls bestimmte Bildbereiche von der Messung ausgeschlossen werden sollen, sollte ein neues Messobjekt mit entsprechend angepassten Parametern erzeugt werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **MeasureHandle** (input_control) . . . . . measure ⇝ *handle*
  Handle des Messobjekts.
- ▷ **Sigma** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Sigma der Gaußglättung.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: Sigma ∈ {0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0, 10.0}
  Wertebereich: 0.4 ≤ Sigma ≤ 100 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
- ▷ **Threshold** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Minimale Amplitude einer Kante.
  Default: 30.0
  Wertevorschläge: Threshold ∈ {5.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0, 90.0, 110.0}
  Wertebereich: 1 ≤ Threshold ≤ 255 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.5
  Empfohlene Schrittweite: 2
- ▷ **Transition** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Auswahl des Grauwertüberganges, der zur Paarbildung verwendet wird.
  Default: 'all'
  Werteliste: Transition ∈ {'all', 'positive', 'negative', 'all_strongest', 'positive_strongest', 'negative_strongest'}
- ▷ **Select** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Auswahl der Kantenpaare.
  Default: 'all'
  Werteliste: Select ∈ {'all', 'first', 'last'}
- ▷ **RowEdgeFirst** (output_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Mittelpunktes der ersten Kante.
- ▷ **ColumnEdgeFirst** (output_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Mittelpunktes der ersten Kante.
- ▷ **AmplitudeFirst** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Kantenamplitude der ersten Kante (mit Vorzeichen).
- ▷ **RowEdgeSecond** (output_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Mittelpunktes der zweiten Kante.
- ▷ **ColumnEdgeSecond** (output_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Mittelpunktes der zweiten Kante.
- ▷ **AmplitudeSecond** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Kantenamplitude der zweiten Kante (mit Vorzeichen).
- ▷ **IntraDistance** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Abstand zwischen Kanten eines Kantenpaars.
- ▷ **InterDistance** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Kantenpaaren.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `measure_pairs` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_measure_rectangle2`

Nachfolger

`close_measure`

Alternativen

`edges_sub_pix`, `fuzzy_measure_pairs`, `fuzzy_measure_pairing`

Siehe auch

`measure_pos`, `fuzzy_measure_pos`

Modul

1D Metrology

measure_pos (Image : : MeasureHandle, Sigma, Threshold, Transition, Select : RowEdge, ColumnEdge, Amplitude, Distance)

Extraktion geradliniger Kanten senkrecht zu einem Rechteck oder Kreisringsegment.

`measure_pos` dient zur Extraktion von *geradlinigen* Kanten, die *senkrecht* zur Hauptachse eines Rechtecks oder zu einem Kreisringsegment liegen.

Das Konzept der 1D-Vermessung ist bei der Einleitung zu Kapitel 1D-Vermessung beschrieben.

Der Algorithmus von `measure_pos` erzeugt zunächst ein eindimensionales Grauwertprofil durch Mittelung der Grauwerte entlang von Geraden senkrecht zur Hauptachse des Rechtecks oder zum Kreisringsegment. Dabei wird das Eingabebild `Image` an Subpixel-Positionen abgetastet, die einen ganzzahligen Zeilen- und Spalten-Abstand (im Koordinatensystem des Rechtecks) zum Mittelpunkt des Rechtecks haben. Weil die Abtastung des Bildes einige Berechnungen erfordert, die in mehreren Messungen verwendet werden können, wird der Operator `gen_measure_rectangle2` b.z.w. `gen_measure_arc` verwendet, um diese Berechnungen nur einmal ausführen zu müssen, und somit die Geschwindigkeit von `measure_pos` signifikant zu erhöhen. Aufgrund der Tatsache, dass eine bessere Interpolation bei der Subpixel-Abtastung der Grauwerte zu einer besseren Genauigkeit der extrahierten Kanten führt, aber auch die Laufzeit des Operators erhöht, können verschiedene Interpolationsverfahren in `gen_measure_rectangle2` und `gen_measure_arc` gewählt werden. (Die Interpolation beeinflusst nur Rechtecke, die nicht parallel zu den Koordinatenachsen des Bildes sind, und Kreisringsegmente.) Das Messobjekt, das mit `gen_measure_rectangle2` / `gen_measure_arc` erzeugt wurde, wird in `MeasureHandle` übergeben.

Nach der Bestimmung des eindimensionalen Kantenprofils werden die subpixelgenauen Kantenpositionen durch Faltung des Profils mit den Ableitungen einer Gauß-Maske mit Standardabweichung `Sigma` berechnet. Auffällige Kanten können mit dem Parameter `Threshold`, der einen Schwellenwert für die Kantenamplitude (`Amplitude`), d.h. den Absolutbetrag der ersten Ableitung, angibt, selektiert werden. Es ist zu beachten, dass die Amplitudenwerte mit dem Faktor `Sigma` $\cdot \sqrt{2\pi}$ skaliert werden. Außerdem ist es möglich, nur positive Kanten, also solche, die einen Übergang von Dunkel nach Hell in der Richtung der Hauptachse des Rechtecks oder des Kreisringsegments darstellen, (`Transition` = *'positive'*), nur negative Kanten, also Hell-Dunkel-Übergänge, (`Transition` = *'negative'*) oder alle Kanten zu selektieren (`Transition` = *'all'*). Schließlich kann gewählt werden, welche der extrahierten Kanten zurückgeliefert werden sollen. Wenn `Select` auf *'all'* gesetzt wird, werden alle gefundenen Kanten zurückgegeben, falls `Select` auf *'first'* gesetzt wird, nur die erste Kante, und falls `Select` auf *'last'* gesetzt wird, nur die letzte.

Die extrahierten Kanten werden als einzelne Punkte, die auf der Hauptachse des Rechtecks oder dem mittleren Bogen des Kreisringsegments liegen, in (`RowEdge`, `ColumnEdge`) zurückgegeben. Die zugehörigen Kantenamplituden werden in `Amplitude` zurückgeliefert. Zusätzlich wird noch der Abstand von aufeinanderfolgenden

Kantenpunkten in Distance zurückgeliefert. Dabei entspricht Distance[i] dem Abstand von Edge[i] und Edge[i+1]. D.h., das Tupel Distance enthält ein Element weniger als die Tupel RowEdge und ColumnEdge.

Achtung

measure_pos liefert nur dann brauchbare Ergebnisse, falls die Annahme, dass die Kanten gerade und senkrecht zur Hauptachse des Rechtecks oder dem Kreisringsegments sind, erfüllt ist. measure_pos sollte daher z.B. nicht dazu verwendet werden, Kanten von gekrümmten Objekten zu extrahieren. Weiterhin sollte der Benutzer darauf achten, dass das Rechteck / das Kreisringsegment möglichst senkrecht zu den Bildkanten liegt. Außerdem darf Sigma nicht größer als ca. 0.5 * Length1 (siehe gen_measure_rectangle2 für Length1) sein.

Es ist zu beachten, dass measure_pos den Definitionsbereich von Image aus Geschwindigkeitsgründen ignoriert. Falls bestimmte Bildbereiche von der Messung ausgeschlossen werden sollen, sollte ein neues Messobjekt mit entsprechend angepassten Parametern erzeugt werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **MeasureHandle** (input_control) ..... measure ⇝ *handle*
  Handle des Messobjekts.
- ▷ **Sigma** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Sigma der Gaußglättung.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: Sigma ∈ {0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0, 10.0}
  Wertebereich: 0.4 ≤ Sigma ≤ 100 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
- ▷ **Threshold** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Minimale Amplitude einer Kante.
  Default: 30.0
  Wertevorschläge: Threshold ∈ {5.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0, 90.0, 110.0}
  Wertebereich: 1 ≤ Threshold ≤ 255 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.5
  Empfohlene Schrittweite: 2
- ▷ **Transition** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Hell/dunkel oder dunkel/hell Kante.
  Default: 'all'
  Werteliste: Transition ∈ {'all', 'positive', 'negative'}
- ▷ **Select** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Auswahl der Endpunkte.
  Default: 'all'
  Werteliste: Select ∈ {'all', 'first', 'last'}
- ▷ **RowEdge** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Mittelpunktes der Kante.
- ▷ **ColumnEdge** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Mittelpunktes der Kante.
- ▷ **Amplitude** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Kantenamplitude der Kante (mit Vorzeichen).
- ▷ **Distance** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Kanten.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert measure_pos den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_measure_rectangle2

Nachfolger

close_measure

Alternativen

edges_sub_pix, fuzzy_measure_pos

Siehe auch

measure_pairs, fuzzy_measure_pairs, fuzzy_measure_pairing

Modul

1D Metrology

measure_projection (Image : : MeasureHandle : GrayValues)

Extraktion eines Grauwertprofils senkrecht zu einem Rechteck oder einem Kreisringsegment.

measure_projection extrahiert ein eindimensionales Grauwertprofil durch Mittelung der Grauwerte entlang von Geraden senkrecht zur Hauptachse eines Rechtecks oder zu einem Kreisringsegment. Dabei wird das Eingabebild Image an Subpixel-Positionen abgetastet, die einen ganzzahligen Zeilen- und Spalten-Abstand (im Koordinatensystem des Rechtecks) zum Mittelpunkt des Rechtecks haben. Weil die Abtastung des Bildes einige Berechnungen erfordert, die in mehreren Projektionen verwendet werden können, wird der Operator gen_measure_rectangle2 verwendet, um diese Berechnungen nur einmal ausführen zu müssen, und somit die Geschwindigkeit von measure_projection signifikant zu erhöhen. Aufgrund der Tatsache, dass eine bessere Interpolation bei der Subpixel-Abtastung der Grauwerte zu einer besseren Genauigkeit des extrahierten Grauwertprofils führt, aber auch die Laufzeit des Operators erhöht, können verschiedene Interpolationsverfahren in gen_measure_rectangle2 gewählt werden (die Interpolation beeinflusst nur Rechtecke, die nicht parallel zu den Koordinatenachsen des Bildes sind, und Kreisringsegmente). Das Messobjekt, das mit gen_measure_rectangle2 erzeugt wurde, wird in MeasureHandle übergeben.

Das Konzept der 1D-Vermessung ist bei der Einleitung zu Kapitel 1D-Vermessung beschrieben.

Achtung

Es ist zu beachten, dass measure_projection den Definitionsbereich von Image aus Geschwindigkeitsgründen ignoriert. Falls bestimmte Bildbereiche von der Messung ausgeschlossen werden sollen, sollte ein neues Messobjekt mit entsprechend angepassten Parametern erzeugt werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **MeasureHandle** (input_control) ..... measure ⇝ *handle*
  Handle des Messobjekts.
- ▷ **GrayValues** (output_control) ..... number-array ⇝ *real*
  Grauwertprofil.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert measure_projection den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_measure_rectangle2

Nachfolger

close_measure

Alternativen

gray_projections

Modul

1D Metrology

measure_thresh (Image : : MeasureHandle, Sigma, Threshold, Select : RowThresh, ColumnThresh, Distance)

Extraktion von Punkten mit einem bestimmten Grauwert entlang eines Rechtecks oder einem Kreisringsegment.

measure_thresh bestimmt in einem eindimensionalen Grauwertprofil die Punkte mit dem Grauwert Threshold. Da das Grauwertprofil auf die Hauptachse (respektive den Bogen) des mit MeasureHandle übergebenen Messobjekts projiziert wird, entsprechen die im Grauwertprofil ermittelten Punkte bestimmten Bildkoordinaten; diese werden mit RowThresh und ColumnThresh zurückgeliefert.

Das Konzept der 1D-Vermessung ist bei der Einleitung zu Kapitel 1D-Vermessung beschrieben.

Durchstößt das Grauwertprofil an mehreren Stellen den übergebenen Schwellenwert, kann mit dem Parameter Select ausgewählt werden, ob nur der erste (*'first'*), nur der letzte (*'last'*), der erste und der letzte (*'first_last'*) oder alle (*'all'*) Punkte zurückgeliefert werden sollen. In den letzten beiden Fällen enthält Distance die Abstände zwischen benachbarten Punkten.

Das zugrundegelegte Grauwertprofil wird durch Mittelung der Grauwerte entlang all der Liniensegmente gebildet, die wie folgt durch das Measure-Rechteck definiert werden:

1. Die Liniensegmente stehen senkrecht zur Hauptachse des Rechtecks,
2. sie haben einen ganzzahligen Abstand zum Rechteckmittelpunkt,
3. sie werden durch das Rechteck begrenzt.

Für jedes Liniensegment werden die Grauwerte aller Punkte, die einen ganzzahligen Abstand zur Hauptachse des Rechtecks besitzen, gemittelt. Durch Verschiebung und Drehung des Measure-Rechtecks gegenüber den Bildkoordinaten wird das Eingabebild Image im Allgemeinen an Subpixel-Positionen abgetastet.

Da für die Bildabtastung einige Berechnungen erforderlich sind, die in verschiedenen Operatoren Verwendung finden können und darüber hinaus mit einem gewissen Rechenaufwand verbunden sind, erfolgen sie losgelöst von den übrigen Berechnungen mit Hilfe des Operators gen_measure_rectangle2 b.z.w. gen_measure_arc. Dort kann auch eine Interpolationsmethode, die für die Subpixel-Abtastung verwendet werden soll, angegeben werden.

Achtung

measure_thresh liefert nur dann brauchbare Ergebnisse, falls die Annahme, dass die Kanten gerade und senkrecht zur Hauptachse des Rechtecks sind, erfüllt ist. measure_thresh sollte daher z.B. nicht dazu verwendet werden, Kanten von gekrümmten Objekten zu extrahieren. Weiterhin sollte der Benutzer darauf achten, dass das Rechteck möglichst senkrecht zu den Bildkanten liegt. Außerdem darf Sigma nicht größer als ca. 0.5 * Length1 (siehe gen_measure_rectangle2 für Length1) sein.

Es ist zu beachten, dass measure_thresh den Definitionsbereich von Image aus Geschwindigkeitsgründen ignoriert. Falls bestimmte Bildbereiche von der Messung ausgeschlossen werden sollen, sollte ein neues Messobjekt mit entsprechend angepassten Parametern erzeugt werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Eingabebild.

▷ **MeasureHandle** (input_control) ..... measure ⇝ *handle*
Handle des Messobjekts.

▷ **Sigma** (input_control) ..... number ⇝ *real*
Sigma der Gaußglättung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: Sigma ∈ {0.0, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0, 10.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Sigma ≤ 100 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **Threshold** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Schwellenwert.
Default: 128.0
Wertebereich: 0 ≤ Threshold ≤ 255 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.5
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Select** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Auswahl der Ergebnispunkte.
Default: 'all'
Werteliste: Select ∈ {'all', 'first', 'last', 'first_last'}

▷ **RowThresh** (output_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten der Punkte mit Schwellenwert.

▷ **ColumnThresh** (output_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten der Punkte mit Schwellenwert.

▷ **Distance** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Punkten.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert measure_thresh den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_measure_rectangle2

Nachfolger

close_measure

Alternativen

measure_pos, edges_sub_pix, measure_pairs

Modul

1D Metrology

read_measure (: : FileName : MeasureHandle)

Einlesen eines Messobjekts aus einer Datei.

read_measure liest ein Messobjekt, welches mit write_measure geschrieben wurde, aus der Datei FileName ein. Die Dateiendung für ein Messobjekt in HALCON ist 'mtr'. Die im gelesenen Messobjekt vorhandenen Werte werden in einem Messobjekt mit dem Handle MeasureHandle gespeichert.

Das Konzept der 1D-Vermessung ist bei der Einleitung zu Kapitel 1D-Vermessung beschrieben.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: .msr

▷ **MeasureHandle** (output_control) . . . . . measure ⇝ *handle*
Handle des Messobjekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert read_measure den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`measure_pos`, `measure_pairs`

Siehe auch

`write_measure`

Modul

1D Metrology

`reset_fuzzy_measure ( : : MeasureHandle, SetType : )`

Lösche eine Fuzzy-Funktion.

`reset_fuzzy_measure` löscht eine Fuzzy-Funktion des Fuzzy-Sets `SetType`. Diese Funktion wurde vorher mit `set_fuzzy_measure` gesetzt.

Das Konzept der 1D-Vermessung ist bei der Einleitung zu Kapitel 1D-Vermessung beschrieben.

Parameter

▷ **`MeasureHandle`** (input_control) . . . . . measure ⇝ *handle*
Handle des Messobjekts.

▷ **`SetType`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Auswahl des Fuzzy-Sets.
Default: 'contrast'
Werteliste: `SetType` ∈ {'position', 'position_pair', 'size', 'gray', 'contrast'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MeasureHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`set_fuzzy_measure`

Nachfolger

`fuzzy_measure_pos`, `fuzzy_measure_pairs`

Siehe auch

`set_fuzzy_measure`, `set_fuzzy_measure_norm_pair`

Modul

1D Metrology

`serialize_measure ( : : MeasureHandle : SerializedItemHandle )`

Serialisieren eines Messobjekts.

serialize_measure serialisiert die Daten eines Messobjekts (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von write_measure in eine Datei geschrieben werden. Das Messobjekt wird in dem Handle MeasureHandle übergeben. Das serialisierte Messobjekt wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_measure wieder deserialisiert werden.

Das Konzept der 1D-Vermessung ist bei der Einleitung zu Kapitel 1D-Vermessung beschrieben.

Parameter

▷ **MeasureHandle** (input_control) . . . . . measure ⇝ *handle*
Handle des Messobjekts.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert serialize_measure den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MeasureHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

gen_measure_rectangle2, gen_measure_arc

Nachfolger

fwrite_serialized_item, send_serialized_item, deserialize_measure

Siehe auch

read_measure, write_measure

Modul

1D Metrology

set_fuzzy_measure (: : MeasureHandle, SetType, Function :)

Spezifikation einer Fuzzy-Funktion.

set_fuzzy_measure legt eine Fuzzy-Funktion fest, welche dem Parameter Function übergeben wird und in den Operatoren fuzzy_measure_pos, fuzzy_measure_pairs und fuzzy_measure_pairing die gefundenen Kanten bewertet. Zu diesem Zweck können Bewertungskriterien für verschiedene Merkmale von Kanten und Kantenpaaren mit je einer Funktion beschrieben werden. Ein auf diese Weise charakterisiertes Merkmal wird Fuzzy-Set genannt. Wird keine Funktion für ein Fuzzy-Set definiert, so wird dieses Merkmal nicht für die Bewertung der gefundenen Kantenpaare herangezogen. Durch erneutes Setzen eines Fuzzy-Sets lässt sich hingegen die zuvor definierte Fuzzy-Funktion überschrieben. Gelöscht wird eine für ein Fuzzy-Set definierte Funktion mit Hilfe des reset_fuzzy_measure Operators.

Das Konzept der 1D-Vermessung ist bei der Einleitung zu Kapitel 1D-Vermessung beschrieben.

Es können Funktionen für fünf unterschiedliche Typen von Fuzzy-Sets definiert werden, wobei die Unterarten eines Sets nur gegeneinander exklusiv gesetzt werden können:

- *'contrast'* verwendet eine Fuzzy-Funktion, welche die Amplituden der extrahierten Kanten bewertet. Im Falle von Kantenpaaren ermittelt sich die Fuzzy-Bewertung durch das geometrische Mittel der Einzelbewertungen beider Kanten.

- Die Fuzzy-Funktion des Sets *'position'* bewertet den gerichteten Abstand p von jeder gefundenen Kante zum Referenzpunkt des Messobjekts, welches mit `gen_measure_arc` oder `gen_measure_rectangle2` erzeugt wird. Im Falle der Extraktion von Kantenpaare mit `fuzzy_measure_pairs`/`fuzzy_measure_pairing` setzt das Ergebnis der Bewertung aus dem geometrischen Mittel der Bewertungen der zugehörigen beiden Einzelkanten zusammen. *'position'* legt den Referenzpunkt an den Anfang, während *'position_center'* b.z.w. *'position_end'* den Referenzpunkt auf die Mitte b.z.w. das Ende des eindimensionalen Grauwertprofils setzten. Wenn die Bewertung von der Position des zu messenden Objektes entlang des Grauwertprofils abhängt, lässt sich der Referenzpunkt mit Hilfe von *'position_first_edge'* / *'position_last_edge'* auf die erste/letzte extrahierte Kante setzten.
- Ähnlich zu *'position'* bewertet *'position_pair'* den Abstand jeden Kantenpaares zu dem Referenzpunkt. Die Position eines Paares wird dabei durch die Mitte der beiden Einzelkanten definiert. Der Bezugspunkt des Messobjekts kann dabei entsprechend mit *'position_pair_center'*, *'position_pair_end'* und *'position_first_pair'*, *'position_last_pair'* beeinflusst werden. Im Gegensatz zu *'position'* wird dieses Fuzzy-Set nur von den Operatoren `fuzzy_measure_pairs`/ `fuzzy_measure_pairing` verwendet.
- *'size'* bezeichnet ein Fuzzy-Set, das den Abstand zwischen den beiden Kanten eines Paares in Pixeln bewertet. Die Verarbeitungsgeschwindigkeit von `fuzzy_measure_pairs` / `fuzzy_measure_pairing` lässt sich erhöhen, indem eine obere Grenze x_max für die Breite festgelegt und die korrespondierende Ordinate auf den Wert 0.0 gesetzt wird. Dadurch wird erreicht, dass nicht mehr alle möglichen Paare betrachtet werden müssen.
- Die Fuzzy-Funktion des Sets *'gray'* gewichtet den Mittelwert des projizierten Grauwertprofils zwischen den beiden Kanten eines Paares. Dieses Fuzzy-Set wird daher nur von den Operatoren `fuzzy_measure_pairs` und/ `fuzzy_measure_pairing` unterstützt.

Eine normalisierte Fuzzy-Funktion wird durch eine stückweise lineare Funktion beschrieben, welche aus mindestens zwei Stützstellen besteht, die in aufsteigender Reihenfolge ihres Abszissenwertes x sortiert sind. Die Werte x stellen den Merkmalswert der Kanten dar und müssen im Wertebereich des jeweiligen Set-Typs liegen, d.h., für die Funktionen *'contrast'* und *'gray'* gilt für Byte-Bildes beispielsweise der Wertebreich $0.0 \leq x \leq 255.0$. Für *'size'* muss $0.0 \leq x$ gelten und für *'position'* kann x jede beliebige reale Zahl sein. Die Ordinate y beschreibt die Gewichtung zum korrespondierenden Merkmalwert x und muss in dem Bereich von $0.0 \leq y \leq 1.0$ liegen. Außerhalb des Funktionsintervalls, welches durch den größten und kleinsten Abszissenwert x festgelegt ist, wird die Fuzzy-Funktion konstant mit den Ordinatenwerten der Intervallgrenzen fortgeführt. Zwischen den Stützstellen wird der Funktionswert linear interpoliert. Solche Fuzzy-Funktionen können mit Hilfe des `create_funct_1d_pairs` Operators erzeugt werden.

Wird mehr als ein Fuzzy-Set definiert setzt sich für `fuzzy_measure_pos` / `fuzzy_measure_pairs` / `fuzzy_measure_pairing` die resultierende Fuzzy-Bewertung aus dem geometrischen Mittel der Bewertungen aus den einzelnen Sets zusammen.

Parameter

▷ **`MeasureHandle`** (input_control) . . . . . measure ⇝ *handle*
Handle des Messobjekts.

▷ **`SetType`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Auswahl des Fuzzy-Sets.
Default: 'contrast'
Werteliste: `SetType` ∈ {'position', 'position_center', 'position_end', 'position_first_edge', 'position_last_edge', 'position_pair_center', 'position_pair_end', 'position_first_pair', 'position_last_pair', 'size', 'gray', 'contrast'}

▷ **`Function`** (input_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
Fuzzy-Funktion.

Beispiel

```
* how to use a fuzzy function
* ...
gen_measure_rectangle2 (50, 100, 0, 200, 100, 512, 512, 'nearest_neighbor', \
                        MeasureHandle)
* create a generalized fuzzy function to evaluate edge pairs
* * (30% uncertainty).
create_funct_1d_pairs ([0.7,1.0,1.3], [0.0,1.0,0.0], SizeFunction)
```

```
* and transform it to expected size of 13.45 pixels
transform_funct_1d (SizeFunction, [1.0,0.0,13.45,0.0], TransformedFunction)
set_fuzzy_measure (MeasureHandle, 'size', TransformedFunction)

fuzzy_measure_pairs (Image, MeasureHandle, 1, 30, 0.5, 'all', RowEdgeFirst, \
                     ColumnEdgeFirst, AmplitudeFirst, RowEdgeSecond, \
                     ColumnEdgeSecond, AmplitudeSecond, RowEdgeCenter, \
                     ColumnEdgeCenter, FuzzyScore, IntraDistance, \
                     InterDistance)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MeasureHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`gen_measure_arc`, `gen_measure_rectangle2`, `create_funct_1d_pairs`, `transform_funct_1d`

Nachfolger

`fuzzy_measure_pos`, `fuzzy_measure_pairs`

Alternativen

`set_fuzzy_measure_norm_pair`

Siehe auch

`reset_fuzzy_measure`

Modul

1D Metrology

`set_fuzzy_measure_norm_pair` `( : : MeasureHandle, PairSize, SetType, Function : )`

Spezifikation einer normierte Fuzzy-Funktion für Kantenpaare.

`set_fuzzy_measure_norm_pair` legt eine normierte Fuzzy-Funktion fest, welche dem Parameter `Function` übergeben wird und in den Operatoren `fuzzy_measure_pos`, `fuzzy_measure_pairs` und `fuzzy_measure_pairing` die gefundenen Kantenpaare bewertet. Zu diesem Zweck können Bewertungskriterien für verschiedene Merkmale von Kantenpaaren mit je einer Funktion beschrieben werden. Ein auf diese Weise charakterisiertes Merkmal wird Fuzzy-Set genannt. Wird keine Funktion für ein Fuzzy-Set definiert, so wird dieses Merkmal nicht für die Bewertung der gefundenen Kantenpaare herangezogen. Durch erneutes Setzen eines Fuzzy-Sets lässt sich hingegen die zuvor definierte Fuzzy-Funktion überschrieben. Gelöscht wird eine für ein Fuzzy-Set definierte Funktion mit Hilfe des `reset_fuzzy_measure` Operators. Im Unterschied zu `set_fuzzy_measure`, muss die Abszisse x der Funktion relativ zur beabsichtigten Breite s (gegeben durch `PairSize`) der Kantenpaare festgelegt werden. Damit erreicht man eine allgemeine Verwendung der definierten Funktionen.

Das Konzept der 1D-Vermessung ist bei der Einleitung zu Kapitel 1D-Vermessung beschrieben.

Es können Funktionen für drei unterschiedliche Typen von Fuzzy-Sets definiert werden, wobei die Unterarten eines Sets nur gegeneinander exklusiv gesetzt werden können:

- *'size'* bezeichnet ein Fuzzy-Set, das den absoluten Abstand d zwischen den beiden Kanten eines Paares in Pixeln bewertet.

  $$x = \frac{d}{s}(x \geq 0) \ .$$

  .
  Die Verarbeitungsgeschwindigkeit von `fuzzy_measure_pairs` / `fuzzy_measure_pairing` lässt sich erhöhen, indem eine obere Grenze x_{max} für die Breite festgelegt und die korrespondierende Ordinate auf den Wert 0.0 gesetzt wird. Dadurch wird erreicht, dass nicht mehr alle möglichen Paare betrachtet werden müssen. Dieses Fuzzy-Set kann aber auch als Differenz der Breiten (*'size_diff'*)

  $$x = \frac{s - d}{s}(x \leq 1)$$

  oder ihren Absolutbetrag (*'size_abs_diff'*)

  $$x = \frac{|s - d|}{s}(0 \leq x \leq 1) \ .$$

  .
  definiert werden. Dieses Fuzzy-Set wird nur von den Operatoren `fuzzy_measure_pairs` und `fuzzy_measure_pairing` verwendet.
- Die Fuzzy-Funktion des Sets *'position'* bewertet den vorzeichenbehafteten Abstand p von jeder gefundenen Kante zum Referenzpunkt des Messobjekts, welches mit `gen_measure_arc` oder `gen_measure_rectangle2` erzeugt wird:

  $$x = \frac{p}{s} \ .$$

  .
  Im Falle der Extraktion von Kantenpaaren mit `fuzzy_measure_pairs`/ `fuzzy_measure_pairing` setzt das Ergebnis der Bewertung aus dem geometrischen Mittel der Bewertungen der zugehörigen beiden Einzelkanten zusammen. *'position'* legt den Referenzpunkt an den Anfang, während *'position_center'* b.z.w. *'position_end'* den Referenzpunkt auf die Mitte b.z.w. das Ende des eindimensionalen Grauwertprofils setzten. Wenn die Bewertung von der Position des zu messenden Objektes entlang des Grauwertprofils abhängt, lässt sich der Referenzpunkt mit Hilfe von *'position_first_edge'* / *'position_last_edge'* auf die erste/letzte extrahierte Kante setzten.
- Ähnlich zu *'position'* bewertet *'position_pair'* den vorzeichenbehafteten Abstand jeden Kantenpaares zu dem Referenzpunkt. Die Position eines Paares wird dabei durch die Mitte der beiden Einzelkanten definiert. Der Bezugspunkt des Messobjekts kann dabei entsprechend mit *'position_pair_center'*, *'position_pair_end'* und *'position_first_pair'*, *'position_last_pair'* beeinflusst werden. Im Gegensatz zu *'position'* wird dieses Fuzzy-Set nur von den Operatoren `fuzzy_measure_pairs`/`fuzzy_measure_pairing` verwendet.

Eine normalisierte Fuzzy-Funktion wird durch eine stückweise lineare Funktion beschrieben, welche aus mindestens zwei Stützstellen besteht, die in aufsteigender Reihenfolge ihres Abszissenwertes x sortiert sind. Die Ordinate y beschreibt die Gewichtung zum korrespondierenden Merkmalwert x und muss in dem Bereich von 0.0 $\leq$ y $\leq$ 1.0 liegen. Außerhalb des Funktionsintervalls, welches durch den größten und kleinsten Abszissenwert x festgelegt ist, wird die Fuzzy-Funktion konstant mit den Ordinatenwerten der Intervallgrenzen fortgeführt. Solche Fuzzy-Funktionen können mit Hilfe des `create_funct_1d_pairs` Operators erzeugt werden.

Wird mehr als ein Fuzzy-Set definiert setzt sich für `fuzzy_measure_pos` / `fuzzy_measure_pairs` / `fuzzy_measure_pairing` die resultierende Fuzzy-Bewertung aus dem geometrischen Mittel der Bewertungen aus den einzelnen Sets zusammen.

Parameter

▷ **`MeasureHandle`** (input_control) . . . . . measure ⇝ *handle*
Handle des Messobjekts.

▷ **`PairSize`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Gesuchte Breite der Kantenpaare.
Default: 10.0
Wertevorschläge: `PairSize` ∈ {4.0, 6.0, 8.0, 10.0, 15.0, 20.0, 30.0}
Wertebereich: 0.0 $\leq$ PairSize
Minimale Schrittweite: 0.1
Empfohlene Schrittweite: 1.0

▷ **SetType** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Auswahl des Fuzzy-Sets.
Default: 'size_abs_diff'
Werteliste: SetType ∈ {'size', 'size_diff', 'size_abs_diff', 'position', 'position_center', 'position_end', 'position_first_edge', 'position_last_edge', 'position_pair_center', 'position_pair_end', 'position_first_pair', 'position_last_pair'}

▷ **Function** (input_control) ..... function_1d ⇝ *real* / integer
Fuzzy-Funktion.

Beispiel

```
* how to use a fuzzy function
* ...
gen_measure_rectangle2 (50, 100, 0, 200, 100, 512, 512, 'nearest_neighbor', \
                        MeasureHandle)
* create a generalized fuzzy function to evaluate edge pairs
* * (30% uncertainty).
create_funct_1d_pairs ([0.7,1.0,1.3], [0.0,1.0,0.0], SizeFunction)
* and set it for an expected pair size of 13.45 pixels
set_fuzzy_measure_norm_pair (MeasureHandle, 13.45, 'size', SizeFunction)

fuzzy_measure_pairs (Image, MeasureHandle, 1, 30, 0.5, 'all', RowEdgeFirst, \
                     ColumnEdgeFirst, AmplitudeFirst, RowEdgeSecond, \
                     ColumnEdgeSecond, AmplitudeSecond, RowEdgeCenter, \
                     ColumnEdgeCenter, FuzzyScore, IntraDistance, \
                     InterDistance)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MeasureHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

gen_measure_arc, gen_measure_rectangle2, create_funct_1d_pairs

Nachfolger

fuzzy_measure_pairs, fuzzy_measure_pairing

Alternativen

transform_funct_1d, set_fuzzy_measure

Siehe auch

reset_fuzzy_measure

Modul

1D Metrology

translate_measure (: : MeasureHandle, Row, Column :)

Translation eines Messobjekts.

translate_measure verschiebt den Referenzpunkt des durch MeasureHandle angegebenen Messobjekts zum Punkt (Row, Column). Falls das Messobjekt und das verschobene Messobjekt vollständig im Bild liegen,

wird das Messobjekt in effizienter Weise an den neuen Referenzpunkt angepasst. Ansonsten wird das Messobjekt mit den bei der Generierung angegebenen Daten am neuen Referenzpunkt mit gen_measure_rectangle2 oder gen_measure_arc neu generiert.

Das Konzept der 1D-Vermessung ist bei der Einleitung zu Kapitel 1D-Vermessung beschrieben.

Parameter

▷ **MeasureHandle** (input_control) . . . . . measure ⇝ *handle*
Handle des Messobjekts.

▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des neuen Referenzpunktes.
Default: 50.0
Wertevorschläge: Row ∈ {10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0, 400.0, 500.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Row ≤ 511.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des neuen Referenzpunktes.
Default: 100.0
Wertevorschläge: Column ∈ {10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0, 400.0, 500.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Column ≤ 511.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert translate_measure den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MeasureHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

gen_measure_rectangle2, gen_measure_arc

Nachfolger

measure_pos, measure_pairs, fuzzy_measure_pos, fuzzy_measure_pairs, fuzzy_measure_pairing, measure_thresh

Alternativen

gen_measure_rectangle2, gen_measure_arc

Siehe auch

close_measure

Modul

1D Metrology

write_measure (: : MeasureHandle, FileName :)

Schreiben eines Messobjekts in eine Datei.

write_measure schreibt ein Messobjekt, welches z.B. von gen_measure_rectangle2 erzeugt wurde, in die Datei FileName. Das Messobjekt ist durch das Handle MeasureHandle definiert. Das Messobjekt kann mit read_measure wieder eingelesen werden. Die Dateiendung für ein Messobjekt in HALCON ist 'mtr'.

Das Konzept der 1D-Vermessung ist bei der Einleitung zu Kapitel 1D-Vermessung beschrieben.

Parameter

▷ **MeasureHandle** (input_control) . . . . . measure ⇝ *handle*
Handle des Messobjekts.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.msr`

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `write_measure` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_measure_rectangle2`, `gen_measure_arc`

Siehe auch

`read_measure`

Modul

1D Metrology

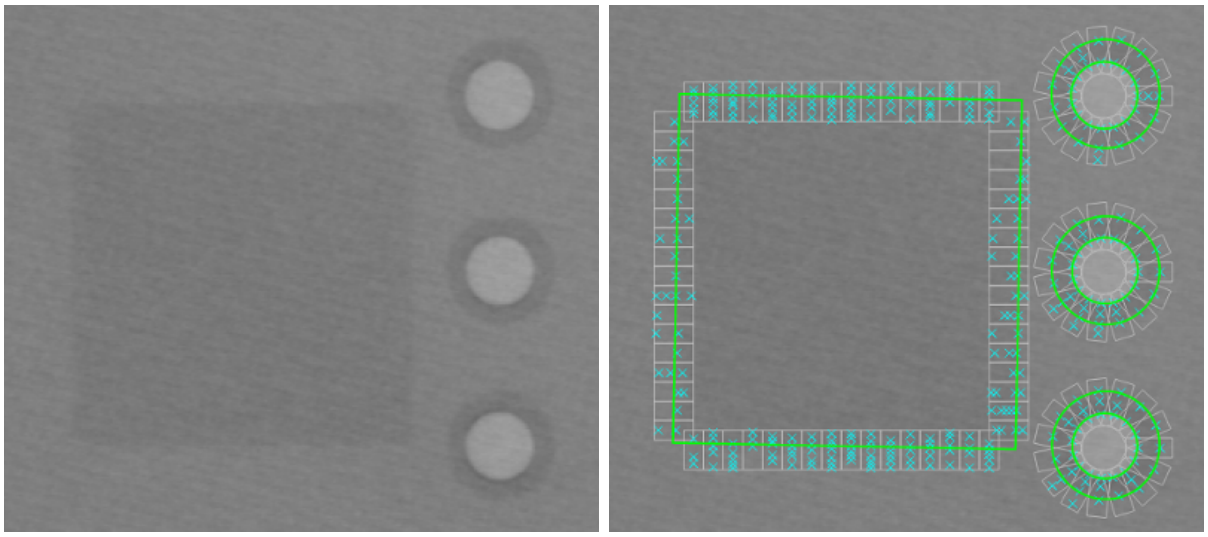
Kapitel 2

2D-Messtechnik

Dieses Kapitel beschreibt Operatoren für die 2D-Messtechnik.

Konzept der 2D-Messtechnik

Mit 2D-Messtechnik können Objekte einer bestimmten geometrischen Form vermessen werden. Die dafür verfügbaren geometrischen Formen umfassen Kreise, Ellipsen, Rechtecke und Linien. Es müssen genäherte Werte für die Positionen, Orientierungen und geometrischen Formen der zu vermessenden Objekte vorhanden sein. Dann werden in der Nähe der Umrandungen der genäherten Objekte im Bild die tatsächlichen Kanten der Objekte lokalisiert. Die Parameter der geometrischen Formen werden dann so angepasst, dass sie optimal zu den Bilddaten passen. Die Ergebnisse der Messungen sind die optimierten Parameter.



(1) (2)

Die geometrischen Formen in (1) werden mit 2D-Messtechnik vermessen (2): Es wird ein Messmodel mit 4 Metrology-Messobjekten erstellt (blaue Konturen). Unter Benutzung der Kantenpunkte (Kreuze in Cyan), die innerhalb der Messregionen (graue Rechtecke) gefunden wurden, werden die geometrischen Formen (grüne Konturen) angepasst und ihre Parameter können abgefragt werden. Wie man für die Metrology-Messobjekte vom Typ Kreis sieht, können auch mehrere Instanzen pro Objekt gefunden werden. Dieses Bild stammt aus dem Beispielprogramm `apply_metrology_model.hdev`.

Die genäherten Werte für die Formparameter eines Objekts sowie Parameter zur Steuerung der Messung werden in einer Datenstruktur gespeichert, die als Metrology-Messobjekt bezeichnet wird. Die Kanten des Objekts im Bild werden in den sogenannten Messregionen gesucht. Diese sind rechteckige Regionen, deren Hauptachsen senkrecht zum Rand der genäherten Objekte liegen. Parameter, die die Größe und Verteilung der Messregionen beeinflussen, werden zusammen mit den genäherten Formparametern für jedes Objekt festgelegt. Bei der Messung wird die Anpassung der geometrischen Form an die gefundenen Kantenpositionen mittels eines RANSAC-Algorithmus

vorgenommen. Alle Messobjekte, alle weiteren für die Messung notwendigen Informationen und die Ergebnisse der Messungen werden im sogenannten Messmodel gespeichert.

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte, die zur Benutzung der 2D-Messtechnik benötigt werden, kurz beschrieben.

Erstellen der Datenstruktur des Messmodells: Als erstes muss das Messmodell erstellt werden. Dies geschieht mit dem Operator

- `create_metrology_model`.

Das Messmodell dient als Container für ein oder mehrere Metrology-Messobjekte. Für eine effiziente Messung sollte dann die Größe des Bildes, auf dem die Messungen durchgeführt werden, festgelegt werden. Dies erfolgt mit dem Operator

- `set_metrology_model_image_size`

Bereitstellen der genäherten Werte: Anschließend werden die Metrology-Messobjekte zum Messmodell hinzugefügt. Jedes Metrology-Messobjekt besteht aus genäherten Parametern für die Form des zugehörigen Objekts im Bild und aus Parametern, die die Messungen steuern. Die Parameter, die die Messungen steuern enthalten z.B. Parameter, die die Dimensionen und die Verteilung der Messregionen festlegen. Des weiteren können verschiedene generische Parameter für jedes Metrology-Messobjekt festgelegt werden. Die Metrology-Messobjekte werden mit den folgenden Operatoren definiert:

- `add_metrology_object_circle_measure` für Kreise,
- `add_metrology_object_ellipse_measure` für Ellipsen,
- `add_metrology_object_rectangle2_measure` für Rechtecke und
- `add_metrology_object_line_measure` für Linien.
- `add_metrology_object_generic` erlaubt es, Metrology-Messobjekte verschiedener Formen (Kreis, Ellipse, etc.) mit einem einzigen Operator zu definieren.

Um die definierten Metrology-Messobjekte visuell zu prüfen, können die XLD-Konturen ihrer Umrandungen mit dem Operator `get_metrology_object_model_contour` abgerufen werden. Um die Messregionen visuell zu überprüfen, kann auf die XLD-Konturen ihrer Umrandungen mit dem Operator `get_metrology_object_measures` zugegriffen werden.

Ändern der Modellparameter: Wenn eine Kamerakalibrierung ausgeführt wurde, werden die Kameraparameter und die Pose des Weltkoordinatensystems zum Messmodel hinzugefügt. Dies erfolgt über den Operator

- `set_metrology_model_param`.

In diesem Fall werden die Ergebnisse der Messungen, die mit `get_metrology_object_result` abgerufen werden, im Weltkoordinatensystem zurückgegeben. Weiterhin kann das Referenzsystem, in dem die Metrology-Messobjekte vorliegen, mit `set_metrology_model_param` geändert werden.

Ändern der Objektparameter: Viele Parameter können beim Hinzufügen der Metrology-Messobjekte gesetzt werden. Einige davon können anschließend noch mithilfe des Operators

- `set_metrology_object_param`.

geändert werden.

Ausrichten des Messmodells (Alignment): Der Operator

- `align_metrology_model`

verschiebt und rotiert das Messmodell vor einer Messung, so dass es über dem zu messenden Objekt im aktuellen Bild liegt. Diese Modellausrichtung ist temporär und wird durch die nächste ersetzt. Die Parameter der einzelnen Objekte werden nicht verändert. Typischerweise werden die für die Modellausrichtung benötigten Parameter über formbasiertes Matching ermittelt.

Durchführen der Messungen: Die eigentlichen Messungen im Bild erfolgen mit dem Operator

- apply_metrology_model.

Dieser findet die Kanten innerhalb der Messregionen und passt die festgelegten geometrischen Formen an die Kantenpositionen unter Verwendung eines RANSAC-Algorithmus an. Die Kanten werden intern mit den Operatoren measure_pos oder fuzzy_measure_pos (siehe auch Kapitel 1D-Vermessung) ermittelt. Der letztere verwendet Fuzzy-Funktionen und wird nur verwendet, wenn vor der Messung mindestens eine Fuzzy-Funktion mithilfe von set_metrology_object_fuzzy_param gesetzt wurde. Wenn mehr als eine Instanz der zurückgegebenen Objektform benötigt wird (siehe Bild oben), muss der generische Parameter *'num_instances'* auf die Anzahl benötigter Instanzen gesetzt werden. Der Parameter kann beim Setzen der einzelnen Metrology-Messobjekte oder später mit dem Operator set_metrology_object_param gesetzt werden.

Zugriff auf die Ergebnisse: Nach der Messung kann auf die Ergebnisse zugegriffen werden. Die angepassten geometrischen Formen der Objekte werden mit dem Operator

- get_metrology_object_result

abgefragt. Auf die Zeilen- und Spaltenkoordinaten der gefundenen Kanten kann mit dem Operator

- get_metrology_object_measures

zugegriffen werden. Die Zeilen- und Spaltenkoordinaten der Kanten, die tatsächlich für die Berechnung der Ergebnisse benutzt wurden, können ebenfalls mit get_metrology_object_result abgefragt werden. Eine Visualisierung der gemessenen Formen als XLD Konturen erhält man mit

- get_metrology_object_result_contour.

Weitere Operatoren

Zusätzlich zu den oben genannten Operatoren kann das Messmodell mit copy_metrology_model kopiert werden. Um ein Messmodell in eine Datei zu schreiben ist der Operator write_metrology_model zu verwenden. Das Model kann unter Verwendung des Operators read_metrology_model wieder eingelesen werden. Mit serialize_metrology_model bzw. deserialize_metrology_model kann das Messmodell serialisiert oder deserialisiert werden.

Die im Messmodell vorhandenen Informationen können auf verschiedene Arten abgefragt werden. Zum Beispiel erhält man die Indizes der Metrology-Messobjekte mit get_metrology_object_indices. Parameter, die für das ganze Messmodell zutreffen, können mit get_metrology_model_param abgefragt werden. Zum Abfragen der Fuzzy-Parameter des Messmodells (wenn vorhanden) steht get_metrology_object_fuzzy_param zur Verfügung. Die Anzahl der Instanzen der Metrology-Messobjekte eines Messmodells erhält man mit get_metrology_object_num_instances. Und die aktuelle Konfiguration des Messmodells kann mit get_metrology_object_param abgefragt werden.

Außerdem können alle Parameter eines Messmodells mit reset_metrology_object_param zurückgesetzt werden. Sollen nur eventuell vorhandene Fuzzy-Parameter und Fuzzy-Funktionen zurückgesetzt werden, kann reset_metrology_object_fuzzy_param benutzt werden.

Glossar

Im Folgenden werden die wichtigsten Begriffe, die im Umfeld der 2D-Messtechnik verwendet werden, beschrieben:

Messmodell Datenstruktur, die alle Metrology-Messobjekte, alle Informationen, die für die Messung gebraucht werden, sowie die Messergebnisse enthält.

Metrology-Messobjekt Datenstruktur für das Objekt, das mit 2D-Messtechnik vermessen werden soll. Das Metrology Messobjekt ist durch eine bestimmte geometrische Form repräsentiert für deren Formparameter Näherungswerte bekannt sind. Außerdem enthält es Parameter zur Steuerung der Messung, z.B. Parameter, die die Dimensionen und die Verteilung der Messregionen bestimmen.

Messregionen Rechteckige Regionen, die senkrecht zum Rand der genäherten Objekte angeordnet sind. Innerhalb dieser Regionen werden Kanten extrahiert, die benutzt werden, um die exakten Formparameter der Metrology-Messobjekte zu ermitteln.

Zurückgegebene Instanz eines Metrology-Messobjekts Für jedes Metrology-Messobjekt können unterschiedliche Instanzen des Objekts durch die Messung zurückgegeben werden, z.B. wenn in der Nähe der Umrandung der genäherten Form verschiedene parallele Strukturen der gleichen Form vorhanden sind. Die Reihenfolge der zurückgegebenen Instanzen ist zufällig, d.h. die Reihenfolge stellt kein Maß für die Qualität der Anpassung dar.

Weiterführende Information

Weitere Details zur 2D-Messtechnik finden sich im „Solution Guide on 2D Measuring".

add_metrology_object_circle_measure (: : MetrologyHandle, Row, Column, Radius, MeasureLength1, MeasureLength2, MeasureSigma, MeasureThreshold, GenParamName, GenParamValue : Index)

Hinzufügen eines Kreises oder Kreisbogens zu einem Messmodell.

add_metrology_object_circle_measure fügt ein Metrology-Messobjekt vom Typ Kreis oder Kreisbogen zu einem Messmodell hinzu und bereitet die rechteckigen Messregionen vor. Das Handle des Messmodells muss in MetrologyHandle übergeben werden.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Die genäherte geometrische Form des Metrology-Messobjekts vom Typ Kreis wird durch seinen Mittelpunkt (Row, Column) und den Radius beschrieben. Die Messregionen liegen *senkrecht* zum Kreisrand. Die halben Kantenlängen der Messregionen senkrecht und tangential zum Kreis werden jeweils in MeasureLength1 und in MeasureLength2 gesetzt. Die Mittelpunkte der Messregionen liegen auf dem Rand des Kreises. Der Parameter MeasureSigma legt eine Standardabweichung für die Glättung der Grauwerte im Bild durch den Operator apply_metrology_model fest. Auffällige Kanten können mit dem Parameter MeasureThreshold, der einen Schwellenwert für die Kantenamplitude, d.h. den Absolutbetrag der ersten Ableitung, angibt, selektiert werden. Der Operator add_metrology_object_circle_measure gibt den Index des hinzugefügten Metrology-Messobjekts in dem Parameter Index zurück.

Des weiteren können in GenParamName und GenParamValue generische Parameter angepasst werden. Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die dazugehörigen Werte GenParamValue zur Festlegung eines Kreisbogens sind verfügbar:

'start_phi': Der Parameter legt den Anfangswinkel des Kreisbogens fest. Um einen geschlossenen Kreis zu erhalten, müssen der Wert des Parameters *'start_phi'* auf 0 und der Wert des Parameters *'end_phi'* auf 2π gesetzt sein (bei positivem Umlaufsinn). Die Eingabewerte werden automatisch auf das Intervall $[0, 2\pi]$ abgebildet.

Wertevorschläge: *0.0*, *0.78*, *6.28318*

Default: *0.0*

'end_phi': Der Parameter legt den Endwinkel des Kreisbogens fest. Um einen geschlossenen Kreis zu erhalten, müssen der Wert des Parameters *'start_phi'* auf 0 und der Wert des Parameters *'end_phi'* auf 2π gesetzt sein (bei positivem Umlaufsinn). Die Eingabewerte werden automatisch auf das Intervall $[0, 2\pi]$ abgebildet.

Wertevorschläge: *0.0*, *0.78*, *6.28318*

Default: *6.28318*

'point_order': Der Parameter legt die Richtung des Kreisbogens fest. Wird der Wert auf *'positive'* gesetzt, ist der Kreisbogen zwischen *'start_phi'* und *'end_phi'* im mathematisch positiven Sinn (gegen den Uhrzeigersinn) definiert. Wird der Wert auf *'negative'* gesetzt, ist der Kreisbogen zwischen *'start_phi'* und *'end_phi'* im mathematisch negativen Sinn (im Uhrzeigersinn) definiert.

Werteliste: *'positive'*, *'negative'*

Default: *'positive'*

Weitere generische Parameter sind alle generischen Parameter, die im Operator set_metrology_object_param zur Verfügung stehen. In den meisten Fällen reichen die Standardwerte aus, so dass keine Anpassung nötig ist.

Parameter

- ▷ **MetrologyHandle** (input_control) . . . . . metrology_model ⇝ *handle*
  Handle des Messmodells.
- ▷ **Row** (input_control) . . . . . circle.center.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des Mittelpunkts des Kreises oder des Kreisbogens.
- ▷ **Column** (input_control) . . . . . circle.center.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des Mittelpunkts des Kreises oder des Kreisbogens.
- ▷ **Radius** (input_control) . . . . . circle.radius(-array) ⇝ *real* / integer
  Radius des Kreises oder Kreisbogens.
- ▷ **MeasureLength1** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Halbe Länge der Messregionen senkrecht zum Rand.
  Default: 20.0
  Wertevorschläge: `MeasureLength1` ∈ {10.0, 20.0, 30.0}
  Wertebereich: 1.0 ≤ MeasureLength1
  Minimale Schrittweite: 1.0
  Empfohlene Schrittweite: 10.0
  Restriktion: MeasureLength1 < Radius
- ▷ **MeasureLength2** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Halbe Länge der Messregionen tangential zum Rand.
  Default: 5.0
  Wertevorschläge: `MeasureLength2` ∈ {3.0, 5.0, 10.0}
  Wertebereich: 1.0 ≤ MeasureLength2
  Minimale Schrittweite: 1.0
  Empfohlene Schrittweite: 10.0
- ▷ **MeasureSigma** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Sigma der Gaußfunktion für die Glättung.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `MeasureSigma` ∈ {0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0, 10.0}
  Wertebereich: 0.4 ≤ `MeasureSigma` ≤ 100.0
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
- ▷ **MeasureThreshold** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Minimale Amplitude einer Kante.
  Default: 30.0
  Wertevorschläge: `MeasureThreshold` ∈ {5.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0, 90.0, 110.0}
  Wertebereich: 1 ≤ `MeasureThreshold` ≤ 255 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.5
  Empfohlene Schrittweite: 2
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'distance_threshold', 'end_phi', 'instances_outside_measure_regions', 'max_num_iterations', 'measure_distance', 'measure_interpolation', 'measure_select', 'measure_transition', 'min_score', 'num_instances', 'num_measures', 'point_order', 'rand_seed', 'start_phi'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string
  Werte der generischen Parameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 'all', 'true', 'false', 'first', 'last', 'positive', 'negative', 'uniform', 'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic'}
- ▷ **Index** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Index des erstellten Metrology-Messobjekts.

Beispiel

```
read_image (Image, 'rings_and_nuts')
create_metrology_model (MetrologyHandle)
get_image_size (Image, Width, Height)
```

```
set_metrology_model_image_size (MetrologyHandle, Width, Height)
add_metrology_object_circle_measure (MetrologyHandle, 120, 130, 35, 10, 2, \
                                     1, 30, ['measure_distance'], [40], Index)
apply_metrology_model (Image, MetrologyHandle)
get_metrology_object_result (MetrologyHandle, Index, 'all', 'result_type', \
                             'all_param', Circle)
get_metrology_object_result_contour (Contour, MetrologyHandle, Index, \
                                     'all', 1.5)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `add_metrology_object_circle_measure` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MetrologyHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`set_metrology_model_image_size`

Nachfolger

`align_metrology_model`, `apply_metrology_model`

Alternativen

`add_metrology_object_generic`

Siehe auch

`get_metrology_object_model_contour`, `set_metrology_model_param`, `add_metrology_object_ellipse_measure`, `add_metrology_object_line_measure`, `add_metrology_object_rectangle2_measure`

Modul

2D Metrology

add_metrology_object_ellipse_measure (: : MetrologyHandle, Row, Column, Phi, Radius1, Radius2, MeasureLength1, MeasureLength2, MeasureSigma, MeasureThreshold, GenParamName, GenParamValue : Index)

Hinzufügen einer Ellipse oder eines Ellipsenbogens zu einem Messmodell.

`add_metrology_object_ellipse_measure` fügt ein Metrology-Messobjekt vom Typ Ellipse oder einen Ellipsenbogen zu einem Messmodell hinzu und bereitet die rechteckigen Messregionen vor. Das Handle des Messmodells muss in `MetrologyHandle` übergeben werden.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Die genäherte geometrische Form des Metrology-Messobjekts vom Typ Ellipse wird durch ihren Mittelpunkt (`Row`, `Column`), die Orientierung der Hauptachse `Phi` und die Länge der großen Halbachse `Radius1` bzw. der kleinen Halbachse `Radius2` beschrieben. Der Eingabewert `Phi` wird automatisch auf das Intervall $]-\pi,\pi]$ abgebildet. Die Messregionen liegen *senkrecht* zum Ellipsenrand. Die halbe Kantenlänge der Messregionen senkrecht und tangential zur Ellipse werden jeweils in `MeasureLength1` und in `MeasureLength2` gesetzt. Die Mittelpunkte der Messregionen liegen auf dem Rand der Ellipse. Der Parameter `MeasureSigma` legt eine Standardabweichung für die Glättung der Grauwerte im Bild durch den Operator `apply_metrology_model`

fest. Auffällige Kanten können mit dem Parameter `MeasureThreshold`, der einen Schwellenwert für die Kantenamplitude, d.h. den Absolutbetrag der ersten Ableitung, angibt, selektiert werden. Der Operator `add_metrology_object_ellipse_measure` gibt den Index des hinzugefügten Metrology-Messobjekts in dem Parameter `Index` zurück.

Des weiteren können in `GenParamName` und `GenParamValue` generische Parameter angepasst werden. Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die dazugehörigen Werte `GenParamValue` zur Festlegung eines Ellipsenbogens sind verfügbar:

'start_phi': Der Parameter legt den Anfangswinkel des Ellipsenbogens fest. Der Anfangswinkel wird relativ zur positiven großen Halbachse gemessen, deren Orientierung durch `Phi` gegeben ist und bezieht sich auf den kleinsten die Ellipse umgebenden Kreis. Der tatsächliche Anfangspunkt der Ellipse ergibt sich aus dem Schnittpunkt der Ellipse mit der Orthogonalprojektion des entsprechenden Kreispunktes auf die große Halbachse. Der Winkel wird dabei im Ellipsenkoordinatensystem bezogen auf die Hauptachse der Ellipse mathematisch positiv angegeben. Die beiden Hauptpole der Ellipse haben demnach die Winkel 0 bzw. π, die Nebenpole die Winkel $\pi/2$ bzw. $3\pi/2$. Um eine geschlossene Ellipse zu erhalten, müssen der Wert des Parameters *'start_phi'* auf 0 und der Wert des Parameters *'end_phi'* auf 2π gesetzt sein (bei positivem Umlaufsinn). Die Eingabewerte werden automatisch auf das Intervall $[0, 2\pi]$ abgebildet.

Wertevorschläge: *0.0*, *0.78*, *6.28318*

Default: *0.0*

'end_phi': Der Parameter legt den Endwinkel des Ellipsenbogens fest. Der Endwinkel wird relativ zur positiven großen Halbachse gemessen, deren Orientierung durch `Phi` gegeben ist und bezieht sich auf den kleinsten die Ellipse umgebenden Kreis. Der tatsächliche Endpunkt der Ellipse ergibt sich aus dem Schnittpunkt der Ellipse mit der Orthogonalprojektion des entsprechenden Kreispunktes auf die große Halbachse. Der Winkel wird dabei im Ellipsenkoordinatensystem bezogen auf die Hauptachse der Ellipse mathematisch positiv angegeben. Die beiden Hauptpole der Ellipse haben demnach die Winkel 0 bzw. π, die Nebenpole die Winkel $\pi/2$ bzw. $3\pi/2$. Um eine geschlossene Ellipse zu erhalten, müssen der Wert des Parameters *'start_phi'* auf 0 und der Wert des Parameters *'end_phi'* auf 2π gesetzt sein (bei positivem Umlaufsinn). Die Eingabewerte werden automatisch auf das Intervall $[0, 2\pi]$ abgebildet.

Wertevorschläge: *0.0*, *0.78*, *6.28318*

Default: *6.28318*

'point_order': Der Parameter legt die Richtung des Ellipsenbogens fest. Wird der Wert auf *'positive'* gesetzt, ist der Ellipsenbogen zwischen *'start_phi'* und *'end_phi'* im mathematisch positiven Sinn (gegen den Uhrzeigersinn) definiert. Wird der Wert auf *'negative'* gesetzt, ist der Ellipsenbogen zwischen *'start_phi'* und *'end_phi'* im mathematisch negativen Sinn (im Uhrzeigersinn) definiert.

Werteliste: *'positive'*, *'negative'*

Default: *'positive'*

Weitere generische Parameter sind alle generischen Parameter, die im Operator `set_metrology_object_param` zur Verfügung stehen. In den meisten Fällen reichen die Standardwerte aus, so dass keine Anpassung nötig ist.

Parameter

- ▷ **`MetrologyHandle`** (input_control) . . . . . metrology_model ⇝ *handle*
  Handle des Messmodells.
- ▷ **`Row`** (input_control) . . . . . ellipse.center.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des Mittelpunkts der Ellipse.
- ▷ **`Column`** (input_control) . . . . . ellipse.center.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des Mittelpunkts der Ellipse.
- ▷ **`Phi`** (input_control) . . . . . ellipse.angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
  Orientierung der Hauptachse [rad].
- ▷ **`Radius1`** (input_control) . . . . . ellipse.radius1(-array) ⇝ *real* / integer
  Länge der großen Halbachse.
- ▷ **`Radius2`** (input_control) . . . . . ellipse.radius2(-array) ⇝ *real* / integer
  Länge der kleinen Halbachse.

▷ **MeasureLength1** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Halbe Länge der Messregionen senkrecht zum Rand.
Default: 20.0
Wertevorschläge: `MeasureLength1` ∈ {10.0, 20.0, 30.0}
Wertebereich: 1.0 ≤ MeasureLength1
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0
Restriktion: MeasureLength1 < Radius1 && MeasureLength1 < Radius2

▷ **MeasureLength2** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Halbe Länge der Messregionen tangential zum Rand.
Default: 5.0
Wertevorschläge: `MeasureLength2` ∈ {3.0, 5.0, 10.0}
Wertebereich: 1.0 ≤ MeasureLength2
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **MeasureSigma** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Sigma der Gaußfunktion für die Glättung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `MeasureSigma` ∈ {0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0, 10.0}
Wertebereich: 0.4 ≤ `MeasureSigma` ≤ 100.0
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **MeasureThreshold** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Minimale Amplitude einer Kante.
Default: 30.0
Wertevorschläge: `MeasureThreshold` ∈ {5.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0, 90.0, 110.0}
Wertebereich: 1 ≤ `MeasureThreshold` ≤ 255 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.5
Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'distance_threshold', 'end_phi', 'instances_outside_measure_regions', 'max_num_iterations', 'measure_distance', 'measure_interpolation', 'measure_select', 'measure_transition', 'min_score', 'num_instances', 'num_measures', 'point_order', 'rand_seed', 'start_phi'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string
Werte der generischen Parameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 'all', 'true', 'false', 'first', 'last', 'positive', 'negative', 'uniform', 'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic'}

▷ **Index** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Index des erstellten Metrology-Messobjekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `add_metrology_object_ellipse_measure` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MetrologyHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

set_metrology_model_image_size

Nachfolger

align_metrology_model, apply_metrology_model

Alternativen

add_metrology_object_generic

Siehe auch

get_metrology_object_model_contour, set_metrology_model_param, add_metrology_object_circle_measure, add_metrology_object_line_measure, add_metrology_object_rectangle2_measure

Modul

2D Metrology

add_metrology_object_generic (: : MetrologyHandle, Shape, ShapeParam, MeasureLength1, MeasureLength2, MeasureSigma, MeasureThreshold, GenParamName, GenParamValue : Index)

Hinzufügen eines Metrology-Messobjekts zu einem Messmodell.

add_metrology_object_generic fügt ein Metrology-Messobjekt vom Typ Shape zu einem Messmodell hinzu und bereitet die rechteckigen Messregionen vor.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Handle des Messmodells wird in MetrologyHandle übergeben. Shape definiert den Typ des Objekts der zum Messmodell hinzugefügt werden soll. add_metrology_object_generic gibt den Index des hinzugefügten Metrology-Messobjekts im Parameter Index zurück. Beachten Sie, dass add_metrology_object_generic die Funktionalität der Operatoren add_metrology_object_circle_measure, add_metrology_object_ellipse_measure, add_metrology_object_rectangle2_measure und add_metrology_object_line_measure in einem Operator zusammenfasst.

Liste der geometrischen Formen

Mittels Shape wird spezifiziert, welche Art von Metrology-Messobjekt dem Messmodell hinzugefügt wird. Abhängig vom Wert von Shape werden folgende Werte erwartet:

'circle': Die geometrische Form des Metrology-Messobjekts vom Typ Kreis oder Kreisbogen wird durch seinen Mittelpunkt (Row, Column) und den Radius beschrieben.

ShapeParam=*[Row, Column, Radius]*

'rectangle2': Die geometrische Form des Metrology-Messobjekts vom Typ Rechteck wird durch seinen Mittelpunkt (Row, Column), die Orientierung der Hauptachse Phi und die halben Kantenlängen Length1 und Length2 beschrieben. Der Eingabewert für Phi wird automatisch auf das Intervall $]-\pi,\pi]$ abgebildet.

ShapeParam=*[Row, Column, Phi, Length1, Length2]*

'ellipse': Die geometrische Form des Metrology-Messobjekts vom Typ Ellipse wird durch ihren Mittelpunkt (Row, Column), die Orientierung der Hauptachse Phi und die Länge der großen und kleinen Halbachsen Radius1 und Radius2 beschrieben. Der Eingabewert für Phi wird automatisch auf das Intervall $]-\pi,\pi]$ abgebildet.

ShapeParam=*[Row, Column, Phi, Radius1, Radius2]*

'line': Die geometrische Form des Metrology-Messobjekts vom Typ Linie wird durch die Koordinaten des Startpunkts (RowBegin, ColumnBegin) und die Koordinaten des Endpunkts (RowEnd, ColumnEnd) beschrieben.

ShapeParam=*[RowBegin, ColumnBegin, RowEnd, ColumnEnd]*

Definition der Messregionen

add_metrology_object_generic bereitet die rechteckigen Messregionen vor. Die Messregionen liegen *senkrecht* zur Objektkontur. Die halben Kantenlängen der Messregionen senkrecht und tangential zur Objektkontur werden jeweils in MeasureLength1 und in MeasureLength2 gesetzt. Die Mittelpunkte der Messregionen liegen auf dem Rand der Objektkontur. Der Parameter MeasureSigma legt eine Standardabweichung für

die Glättung der Grauwerte im Bild durch den Operator apply_metrology_model fest. Auffällige Kanten können mit dem Parameter MeasureThreshold, der einen Schwellenwert für die Kantenamplitude, d.h. den Absolutbetrag der ersten Ableitung, angibt, selektiert werden.

Generische Parameter

In GenParamName und GenParamValue können generische Parameter übergeben werden. Setzbar sind alle generischen Parameter, die auch im Operator set_metrology_object_param zur Verfügung stehen. In den meisten Fällen reichen die Standardwerte aus, so dass keine Anpassung nötig ist. Zusätzlich sind die folgenden generischen Parameter GenParamName und die dazugehörigen Werte GenParamValue zur Festlegung eines Kreis- oder Ellipsenbogens nur für Shape = 'circle' oder 'ellipse' verfügbar:

'start_phi': Der Parameter legt den Anfangswinkel des Kreis- bzw. Ellipsenbogens fest. Für eine Ellipse wird der Anfangswinkel relativ zur positiven großen Halbachse gemessen und bezieht sich auf den kleinsten die Ellipse umgebenden Kreis. Der tatsächliche Anfangspunkt der Ellipse ergibt sich aus dem Schnittpunkt der Ellipse mit der Orthogonalprojektion des entsprechenden Kreispunktes auf die große Halbachse. Um einen geschlossenen Kreis bzw. eine geschlossene Ellipse zu erhalten, müssen der Wert des Parameters *'start_phi'* auf 0 und der Wert des Parameters *'end_phi'* auf 2π gesetzt sein (bei positivem Umlaufsinn). Die Eingabewerte werden automatisch auf das Intervall $[0, 2\pi]$ abgebildet.
Wertevorschläge: *0.0*, *0.78*, *6.28318*
Default: *0.0*

'end_phi': Der Parameter legt den Endwinkel des Kreis- bzw. Ellipsenbogens fest. Für eine Ellipse wird der Endwinkel relativ zur positiven großen Halbachse gemessen und bezieht sich auf den kleinsten die Ellipse umgebenden Kreis. Der tatsächliche Endpunkt der Ellipse ergibt sich aus dem Schnittpunkt der Ellipse mit der Orthogonalprojektion des entsprechenden Kreispunktes auf die große Halbachse. Um einen geschlossenen Kreis bzw. eine geschlossene Ellipse zu erhalten, müssen der Wert des Parameters *'start_phi'* auf 0 und der Wert des Parameters *'end_phi'* auf 2π gesetzt sein (bei positivem Umlaufsinn). Die Eingabewerte werden automatisch auf das Intervall $[0, 2\pi]$ abgebildet.
Wertevorschläge: *0.0*, *0.78*, *6.28318*
Default: *6.28318*

'point_order': Der Parameter legt die Richtung des Kreis- bzw. Ellipsenbogens fest. Wird der Wert auf *'positive'* gesetzt, ist der Bogen zwischen *'start_phi'* und *'end_phi'* im mathematisch positiven Sinn (gegen den Uhrzeigersinn) definiert. Wird der Wert auf *'negative'* gesetzt, ist der Bogen zwischen *'start_phi'* und *'end_phi'* im mathematisch negativen Sinn (im Uhrzeigersinn) definiert.
Werteliste: *'positive'*, *'negative'*
Default: *'positive'*

Parameter

▷ **MetrologyHandle** (input_control) ..... metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

▷ **Shape** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Typ des zu erstellenden Metrology-Messobjekts.
Default: 'circle'
Werteliste: Shape ∈ {'circle', 'ellipse', 'rectangle2', 'line'}

▷ **ShapeParam** (input_control) ..... attribute.value-array ⇝ *real* / integer
Parameter des zu erstellenden Metrology-Messobjekts.

▷ **MeasureLength1** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Halbe Länge der Messregionen senkrecht zum Rand.
Default: 20.0
Wertevorschläge: MeasureLength1 ∈ {10.0, 20.0, 30.0}
Wertebereich: 1.0 ≤ MeasureLength1 ≤ 511.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **MeasureLength2** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Halbe Länge der Messregionen tangential zum Rand.
Default: 5.0
Wertevorschläge: MeasureLength2 ∈ {3.0, 5.0, 10.0}
Wertebereich: 1.0 ≤ MeasureLength2 ≤ 511.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **`MeasureSigma`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Sigma der Gaußfunktion für die Glättung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `MeasureSigma` ∈ {0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0, 10.0}
Wertebereich: 0.4 ≤ `MeasureSigma` ≤ 100 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **`MeasureThreshold`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Minimale Amplitude einer Kante.
Default: 30.0
Wertevorschläge: `MeasureThreshold` ∈ {5.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0, 90.0, 110.0}
Wertebereich: 1 ≤ `MeasureThreshold` ≤ 255 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.5
Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'distance_threshold', 'end_phi', 'instances_outside_measure_regions', 'max_num_iterations', 'measure_distance', 'measure_interpolation', 'measure_select', 'measure_transition', 'min_score', 'num_instances', 'num_measures', 'point_order', 'rand_seed', 'start_phi'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) ..... attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string
Werte der generischen Parameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 'all', 'true', 'false', 'first', 'last', 'positive', 'negative', 'uniform', 'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic'}

▷ **`Index`** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Index des erstellten Metrology-Messobjekts.

Beispiel

```
create_metrology_model (MetrologyHandle)
read_image (Image, 'fabrik')
get_image_size (Image, Width, Height)
set_metrology_model_image_size (MetrologyHandle, Width, Height)
LinePar := [45,360,415,360]
RectPar1 := [270,232,rad(0),30,25]
RectPar2 := [360,230,rad(0),30,25]
LinePar := [45,360,415,360]
RectPar3 := [245,320,rad(-90),70,35]
* Add two rectangles
add_metrology_object_generic (MetrologyHandle, 'rectangle2', \
                              [RectPar1,RectPar2], 20, 5, 1, 30, [], [], \
                              Indices)
* Add a rectangle and a line
add_metrology_object_generic (MetrologyHandle, ['rectangle2','line'], \
                              [RectPar3,LinePar], 20, 5, 1, 30, [], [], \
                              Index)
get_metrology_object_model_contour (Contour, MetrologyHandle, 'all', 1.5)
apply_metrology_model (Image, MetrologyHandle)
get_metrology_object_result_contour (Contour1, MetrologyHandle, 'all', \
                                     'all', 1.5)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `add_metrology_object_generic` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MetrologyHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`set_metrology_model_image_size`, `set_metrology_model_param`

Nachfolger

`align_metrology_model`, `apply_metrology_model`, `set_metrology_model_param`

Siehe auch

`get_metrology_object_model_contour`

Modul

2D Metrology

add_metrology_object_line_measure (: : MetrologyHandle, RowBegin, ColumnBegin, RowEnd, ColumnEnd, MeasureLength1, MeasureLength2, MeasureSigma, MeasureThreshold, GenParamName, GenParamValue : Index)

Hinzufügen einer Linie zu einem Messmodell.

`add_metrology_object_line_measure` fügt ein Metrology-Messobjekt vom Typ Line zu einem Messmodell hinzu und bereitet die rechteckigen Messregionen vor. Das Handle des Messmodells muss in `MetrologyHandle` übergeben werden.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Die genäherte geometrische Form des Metrology-Messobjekts vom Typ Linie wird durch die Koordinaten des Startpunkts (`RowBegin`, `ColumnBegin`) und die Koordinaten des Endpunkts (`RowEnd`, `ColumnEnd`) beschrieben. Die Messregionen liegen *senkrecht* zur Linie. Die halbe Kantenlänge der Messregionen senkrecht und tangential zur Linie werden jeweils in `MeasureLength1` und in `MeasureLength2` gesetzt. Die Mittelpunkte der Messregionen liegen auf dem Rand des Objekts. Der Parameter `MeasureSigma` legt eine Standardabweichung für die Glättung der Grauwerte im Bild durch den Operator `apply_metrology_model` fest. Auffällige Kanten können mit dem Parameter `MeasureThreshold`, der einen Schwellenwert für die Kantenamplitude, d.h. den Absolutbetrag der ersten Ableitung, angibt, selektiert werden.

Des weiteren können in `GenParamName` und `GenParamValue` generische Parameter angepasst werden. Als generische Parameter sind alle generischen Parameter möglich, die im Operator `set_metrology_object_param` zur Verfügung stehen. In den meisten Fällen reichen die Standardwerte aus, so dass keine Anpassung nötig ist.

Der Operator `add_metrology_object_line_measure` gibt den Index des hinzugefügten Metrology-Messobjekts im dem Parameter `Index` zurück.

Parameter

- ▷ **MetrologyHandle** (input_control) ..... metrology_model ⇝ *handle*
  Handle des Messmodells.
- ▷ **RowBegin** (input_control) ..... line.begin.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des Startpunktes der Linie.
- ▷ **ColumnBegin** (input_control) ..... line.begin.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des Startpunktes der Linie.
- ▷ **RowEnd** (input_control) ..... line.end.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des Endpunktes der Linie.
- ▷ **ColumnEnd** (input_control) ..... line.end.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des Endpunktes der Linie.

▷ **MeasureLength1** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Halbe Länge der Messregionen senkrecht zum Rand.
Default: 20.0
Wertevorschläge: MeasureLength1 ∈ {10.0, 20.0, 30.0}
Wertebereich: 1.0 ≤ MeasureLength1
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **MeasureLength2** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Halbe Länge der Messregionen tangential zum Rand.
Default: 5.0
Wertevorschläge: MeasureLength2 ∈ {3.0, 5.0, 10.0}
Wertebereich: 1.0 ≤ MeasureLength2
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **MeasureSigma** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Sigma der Gaußfunktion für die Glättung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: MeasureSigma ∈ {0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0, 10.0}
Wertebereich: 0.4 ≤ MeasureSigma ≤ 100.0
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **MeasureThreshold** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Minimale Amplitude einer Kante.
Default: 30.0
Wertevorschläge: MeasureThreshold ∈ {5.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0, 90.0, 110.0}
Wertebereich: 1 ≤ MeasureThreshold ≤ 255 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.5
Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'distance_threshold', 'instances_outside_measure_regions', 'max_num_iterations', 'measure_distance', 'measure_interpolation', 'measure_select', 'measure_transition', 'min_score', 'num_instances', 'num_measures', 'rand_seed'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string
Werte der generischen Parameter.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 'all', 'true', 'false', 'first', 'last', 'positive', 'negative', 'uniform', 'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic'}

▷ **Index** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Index des erstellten Metrology-Messobjekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert add_metrology_object_line_measure den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MetrologyHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

set_metrology_model_image_size

Nachfolger

align_metrology_model, apply_metrology_model

Alternativen

add_metrology_object_generic

Siehe auch

get_metrology_object_model_contour, set_metrology_model_param, add_metrology_object_circle_measure, add_metrology_object_ellipse_measure, add_metrology_object_rectangle2_measure

Modul

2D Metrology

add_metrology_object_rectangle2_measure (: : MetrologyHandle, Row, Column, Phi, Length1, Length2, MeasureLength1, MeasureLength2, MeasureSigma, MeasureThreshold, GenParamName, GenParamValue : Index)

Hinzufügen eines Rechtecks zu einem Messmodell.

add_metrology_object_rectangle2_measure fügt ein Metrology-Messobjekt vom Typ Rechteck zu einem Messmodell hinzu und bereitet die rechteckigen Messregionen vor. Das Handle des Messmodells muss in MetrologyHandle übergeben werden.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Die genäherte geometrische Form des Metrology-Messobjekts vom Typ Rechteck wird durch seinen Mittelpunkt (Row, Column), die Orientierung der Hauptachse Phi und die halben Kantenlängen Length1 und Length2 beschrieben. Der Eingabewert Phi wird automatisch auf das Intervall $]-\pi,\pi]$ abgebildet. Die Messregionen liegen *senkrecht* zum Rand des Rechtecks. Die halben Kantenlängen der Messregionen senkrecht und tangential zum Rechteck werden jeweils in MeasureLength1 und in MeasureLength2 gesetzt. Die Mittelpunkte der Messregionen liegen auf dem Rand des Rechtecks. Der Parameter MeasureSigma legt eine Standardabweichung für die Glättung der Grauwerte im Bild durch den Operator apply_metrology_model fest. Auffällige Kanten können mit dem Parameter MeasureThreshold, der einen Schwellenwert für die Kantenamplitude, d.h. den Absolutbetrag der ersten Ableitung, angibt, selektiert werden.

Des weiteren können in GenParamName und GenParamValue generische Parameter angepasst werden. Als generische Parameter sind alle generischen Parameter möglich, die im Operator set_metrology_object_param zur Verfügung stehen. In den meisten Fällen reichen die Standardwerte aus, so dass keine Anpassung nötig ist.

Der Operator add_metrology_object_rectangle2_measure gibt den Index des hinzugefügten Metrology-Messobjekts in dem Parameter Index zurück.

Parameter

- ▷ **MetrologyHandle** (input_control) . . . . . metrology_model ⇝ *handle*
  Handle des Messmodells.
- ▷ **Row** (input_control) . . . . . rectangle2.center.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des Mittelpunkts des Rechtecks.
- ▷ **Column** (input_control) . . . . . rectangle2.center.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des Mittelpunkts des Rechtecks.
- ▷ **Phi** (input_control) . . . . . rectangle2.angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
  Orientierung der Hauptachse [rad].
- ▷ **Length1** (input_control) . . . . . rectangle2.hwidth(-array) ⇝ *real* / integer
  Erster Halbmesser (halbe Länge) des Rechtecks.
- ▷ **Length2** (input_control) . . . . . rectangle2.hheight(-array) ⇝ *real* / integer
  Zweiter Halbmesser (halbe Länge) des Rechtecks.

▷ **MeasureLength1** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Halbe Länge der Messregionen senkrecht zum Rand.
Default: 20.0
Wertevorschläge: MeasureLength1 ∈ {10.0, 20.0, 30.0}
Wertebereich: 1.0 ≤ MeasureLength1
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0
Restriktion: MeasureLength1 < Length1 && MeasureLength1 < Length2

▷ **MeasureLength2** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Halbe Länge der Messregionen tangential zum Rand.
Default: 5.0
Wertevorschläge: MeasureLength2 ∈ {3.0, 5.0, 10.0}
Wertebereich: 1.0 ≤ MeasureLength2
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **MeasureSigma** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Sigma der Gaußfunktion für die Glättung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: MeasureSigma ∈ {0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0, 10.0}
Wertebereich: 0.4 ≤ MeasureSigma ≤ 100.0
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **MeasureThreshold** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Minimale Amplitude einer Kante.
Default: 30.0
Wertevorschläge: MeasureThreshold ∈ {5.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0, 90.0, 110.0}
Wertebereich: 1 ≤ MeasureThreshold ≤ 255 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.5
Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'distance_threshold', 'instances_outside_measure_regions', 'max_num_iterations', 'measure_distance', 'measure_interpolation', 'measure_select', 'measure_transition', 'min_score', 'num_instances', 'num_measures', 'rand_seed'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string
Werte der generischen Parameter.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 'all', 'true', 'false', 'first', 'last', 'positive', 'negative', 'uniform', 'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic'}

▷ **Index** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Index des erstellten Metrology-Messobjekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert add_metrology_object_rectangle2_measure den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MetrologyHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

set_metrology_model_image_size

Nachfolger

align_metrology_model, apply_metrology_model

Alternativen

add_metrology_object_generic

Siehe auch

get_metrology_object_model_contour, set_metrology_model_param, add_metrology_object_circle_measure, add_metrology_object_ellipse_measure, add_metrology_object_line_measure

Modul

2D Metrology

align_metrology_model (: : MetrologyHandle, Row, Column, Angle :)

Ausrichtung eines Messmodells.

align_metrology_model bewegt und rotiert das Messmodell, gegeben durch MetrologyHandle, als Ganzes relativ zum Bildkoordinatensystem, das seinen Ursprung in der linken oberen Ecke hat.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

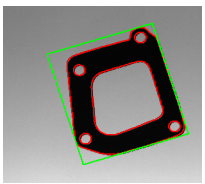
Ein Ausrichten des Messmodells gewährleistet, dass das Messmodell an die Position der zu messenden Objekte im aktuellen Bild angepasst wird. Diese Modellausrichtung wird dann von apply_metrology_model benutzt, um eine Messung durchzuführen. Als erstes wird das Messmodell um Angle rotiert. Dann wird das Messmodell um Row und Column verschoben. Die Werte der Modellausrichtung werden durch den nächsten Aufruf von align_metrology_model überschrieben.

Berechnung der Parameter der Modellausrichtung

Die Parameter der Modellausrichtung können auf verschiedene Weise ermittelt werden. Im Folgenden werden drei Möglichkeiten aufgezeigt:

'Mittels Regionenanalyse':

Falls das Messmodell über Regionenverarbeitung extrahiert werden kann und die Lage und Orientierung der Region in nachfolgenden Bildern des Objekts nur wenig variiert, kann man die Parameter des Referenzsystems und der Modellausrichtung über Regionenanalyse berechnen. Für das nachfolgende Bild wurde dazu threshold und smallest_rectangle2 benutzt.



Die mit threshold extrahierte Region ist in rot dargestellt. Das mit smallest_rectangle2 berechnete Rechteck ist in grün gezeigt.

1. Setzen des Referenzsystems
   In dem Bild, in dem man das Messmodell definiert hat, extrahiert man eine Region, die die Metrology-Messobjekte beinhaltet. Man ermittelt die Lage dieser Region bzgl. des Bildkoordinatensystems und setzt sie mit set_metrology_model_param als Referenzsystem für das Messmodell. Dadurch kann man beim nachfolgenden Ausrichten des Messmodells die Lage der extrahierten Region direkt verwenden.
   Beispiel:

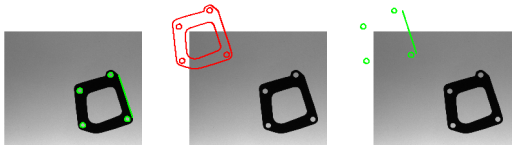
```
threshold(Image, Region, 0, 50)
smallest_rectangle2(Region, RowOrig, ColumnOrig, AngleOrig, Length1,
Length2)
set_metrology_model_param(MetrologyHandle, 'reference_system',
[RowOrig, ColumnOrig, AngleOrig])
```

2. Bestimmen der Modellausrichtung
   In einem Bild, in dem das Messmodell in einer anderen Lage vorkommt, ermittelt man die aktuelle Lage der extrahierten Region. Diese Lage benutzt man dann für die Ausrichtung des Messmodells.
   Beispiel:

```
threshold(CurrentImage, Region, 0, 50)
smallest_rectangle2(Region, RowAlign, ColumnAlign, AngleAlign,
Length1, Length2)
align_metrology_model(MetrologyHandle, RowAlign, ColumnAlign,
AngleAlign)
```

'Mittels eines Formmodells':

Wenn ein Formmodel genutzt wird, um das Messmodell im aktuellen Bild auszurichten, muss das Referenzsystem, bzgl. dem die Metrology-Messobjekte gegeben sind, mit `set_metrology_model_param` so gesetzt werden, dass es mit dem Koordinatensystem des Formmodells übereinstimmt. Nur dann können die Ergebnisse (*'row'*, *'column'*, *'angle'*) von `get_generic_shape_model_result` direkt in `align_metrology_model` für die Ausrichtung des Messmodells im aktuellen Bild verwendet werden. Die einzelnen Schritte hierfür, werden im Folgenden aufgezeigt.



(1) (2) (3)

(1) Die Konturen des Messmodells (2) Die Konturen des Formmodells (3) Die Konturen des Messmodells nach dem Setzen des Referenzpunktes

1. Setzen des Referenzsystems
   In dem Bild, in dem das Messmodell definiert wurde, wird die Lage des Ursprungs des Formmodells ermittelt.
   Beispiel:

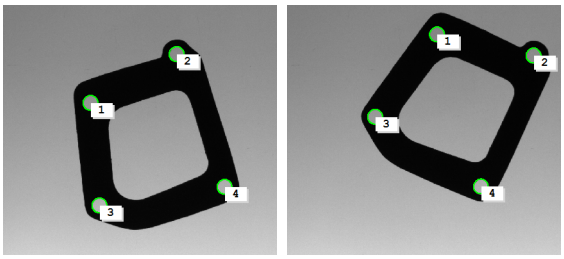
```
train_generic_shape_model(Image, ModelID)
area_center(Image, Area, RowOrig, ColumnOrig)
set_metrology_model_param(MetrologyHandle, 'reference_system',
[RowOrig,ColumnOrig,0])
```

2. Bestimmen der Modellausrichtung
   In einem Bild, in dem das zu messende Objekt in einer anderen Orientierung vorkommt, wird die aktuelle Lage des Formmodells ermittelt und an `align_metrology_model` übergeben.
   Beispiel:

```
find_generic_shape_model(CurrentImage, ModelID, MatchResultID,
NumMatchResult)
get_generic_shape_model_result(MatchResultID, 'all', 'row', RowAlign)
get_generic_shape_model_result(MatchResultID, 'all', 'column',
ColumnAlign)
get_generic_shape_model_result(MatchResultID, 'all', 'angle',
AngleAlign)
align_metrology_model(MetrologyHandle, RowAlign, ColumnAlign,
AngleAlign)
```

Mittels einer starren 2D-Transformation:

Sind bestimmte Modellpunkte (gegeben als [PRowModel], [PColumnModel]) eindeutig identifizierbar, und können diese in weiteren Bildern, in denen die zu messenden Objekte verschoben und rotiert auftreten, wieder eindeutig identifiziert werden, so kann zwischen diesen Punkten eine starre Abbildung berechnet werden. Die Parameter der Abbildung können dann direkt für die Modellausrichtung benutzt werden. In diesem Fall muss der Referenzpunkt des Messmodells *nicht* verändert werden.



(1) (2)

(1) Die Konturen der Metrology-Messobjekte und vier korrespondierende Punkte im Bild das für die Erstellung des Messmodells benutzt wurde. (2) Die Konturen der Metrology-Messobjekte und die vier korrespondierenden Punkte in einem neuen Bild.

1. Ermitteln der Punktkorrespondenzen
2. Bestimmen der Modellausrichtung
   Die folgende Operatorsequenz berechnet die Parameter der Modellausrichtung (`Row`, `Column`, `Angle`) aus korrespondierenden Punkten im Modellbild und in einem weiteren Bild.
   Beispiel:

```
vector_to_rigid(PRowModel, PColumnModel, PRowCurrent, PColumnCurrent,
HomMat2D)
hom_mat2d_to_affine_par(HomMat2D, Sx, Sy, Angle, Theta, Row, Column)
align_metrology_model(MetrologyHandle, Row, Column, Angle)
```

Parameter

- ▷ **`MetrologyHandle`** (input_control) ..... metrology_model ⇝ *handle*
  Handle des Messmodells..
- ▷ **`Row`** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate der Ausrichtung.
  Default: 0
- ▷ **`Column`** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate der Ausrichtung.
  Default: 0
- ▷ **`Angle`** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real* / integer
  Rotationswinkel der Ausrichtung.
  Default: 0

Beispiel

```
read_image (Image, 'metal-parts/circle_plate_01')
create_metrology_model (MetrologyHandle)
get_image_size (Image, Width, Height)
set_metrology_model_image_size (MetrologyHandle, Width, Height)
CircleParam := [354,274,53]
CircleParam := [CircleParam,350,519,53]
add_metrology_object_generic (MetrologyHandle, 'circle', CircleParam, 20,\
                              5, 1, 30, [], [], CircleIndices)
create_generic_shape_model (ModelID)
set_generic_shape_model_param (ModelID, 'metric', 'use_polarity')
set_generic_shape_model_param (ModelID, 'min_contrast', 20)
train_generic_shape_model (Image, ModelID)
* Determine location of shape model origin
area_center (Image, Area, RowOrigin, ColOrigin)
set_metrology_model_param (MetrologyHandle, 'reference_system', \
                           [RowOrigin,ColOrigin,0])
read_image (CurrentImage, 'metal-parts/circle_plate_02')
find_generic_shape_model (CurrentImage, ModelID, MatchResultID, \
                          NumMatchResult)
get_generic_shape_model_result (MatchResultID, 'all', 'row', Row)
get_generic_shape_model_result (MatchResultID, 'all', 'column', Col)
```

```
get_generic_shape_model_result (MatchResultID, 'all', 'angle', Angle)
align_metrology_model (MetrologyHandle, Row, Col, Angle)
apply_metrology_model (CurrentImage, MetrologyHandle)
get_metrology_object_result (MetrologyHandle, CircleIndices, 'all', \
                             'result_type', 'all_param', Rectangle)
get_metrology_object_result_contour (Contour, MetrologyHandle, \
                                     CircleIndices, 'all', 1.5)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `align_metrology_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MetrologyHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`set_metrology_model_param`, `add_metrology_object_generic`

Nachfolger

`apply_metrology_model`

Siehe auch

`get_metrology_object_model_contour`

Modul

2D Metrology

`apply_metrology_model` (Image : : MetrologyHandle :)

Messen und Anpassen der geometrischen Formen aller Metrology-Messobjekte eines Messmodells.

`apply_metrology_model` lokalisiert die Kanten der Metrology-Messobjekte im Bild `Image` und passt die dazugehörigen geometrischen Formen an die gefundenen Kantenpositionen an.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Messmodell ist im Handle `MetrologyHandle` definiert und beinhaltet genäherte Werte für die geometrischen Formen. Die Messungen werden folgendermaßen durchgeführt:

Ermittlung der Kantenpositionen

Innerhalb der Messregionen der Metrology-Messobjekte werden die Positionen der Kanten ermittelt. Die Lage der Kanten wird intern mit dem Operator `measure_pos` oder `fuzzy_measure_pos` berechnet. Letzterer wird genutzt, wenn mindestens eine Fuzzy-Funktion für das Metrology-Messobjekt gesetzt ist.

Anpassen der geometrischen Formen an die Kantenpositionen

Die geometrischen Formen der Metrology-Messobjekte werden so angepasst, dass sie optimal zu den resultierenden Kantenpositionen passen. Dabei wird ein RANSAC-Verfahren dazu verwendet die Mindestanzahl von Startkantenpositionen auszuwählen, die notwendig ist, um eine Instanz einer bestimmten geometrischen Form zu erstellen. Zum Beispiel werden bei einem Metrology-Messobjekt vom Typ Kreis drei Kantenpositionen ausgewählt. Anschließend werden Kantenpositionen festgelegt, die sich in der Nähe der geometrischen Form der zugehörigen Instanz befinden und, falls die Anzahl der geeigneten Kantenpositionen ausreichend ist (siehe den generischen Parameter *'min_score'* des Operators `set_metrology_object_param`), werden diese für die endgültige Anpassung der geometrischen Form verwendet. Falls die Anzahl der geeigneten Kantenpositionen nicht ausreichend

ist, werden andere Startkantenpositionen getestet solange bis eine geeignete Auswahl von Kantenpositionen gefunden wird. An die Kantenpositionen, die für das endgültige Anpassen ausgewählt wurden, wird die geometrische Form angepasst und die Parameter werden im Messmodel abgespeichert. Es ist zu beachten, dass mehr als eine Instanz für jedes Metrology-Messobjekt zurückgegeben wird, wenn der generische Parameter *'num_instances'* auf einen Wert größer als 1 gesetzt wird. Dieser und weitere Parameter können beim Hinzufügen des Metrology-Messobjekts zum Messmodell oder separat mit dem Operator `set_metrology_object_param` gesetzt werden.

Zu beachten ist, dass für jede Instanz des Metrology-Messobjekts verschiedene Kantenpositionen genutzt werden, d.h., dass für die Berechnung der zweiten Instanz keine Kantenpositionen verwendet werden, die bereits für das Fitting der ersten Instanz verwendet wurden. Der Algorithmus bricht ab, wenn *'num_instances'* Instanzen gefunden wurden oder wenn die verbleibende Anzahl an geeigneten Startkantenpositionen zu gering für eine weitere Anpassung einer geometrischen Form sind.

Zugriff auf die Ergebnisse

Auf die Ergebnisse der Messungen aus dem Messmodell kann mithilfe von `get_metrology_object_result` zugegriffen werden. Zu beachten ist, dass, wenn mehr als eine Instanz eines Objekts zurückgegeben wird, die Reihenfolge der zurückgegeben Instanzen zufällig ist, d.h. die Reihenfolge stellt kein Maß für die Qualität der Anpassung dar. Zu beachten ist weiterhin, dass, wenn die Parameter *'camera_param'* und *'plane_pose'* mittels `set_metrology_model_param` für das Messmodell gesetzt sind, Weltkoordinaten für das Anpassen genutzt werden. Andernfalls werden Bildkoordinaten verwendet. Die XLD Konturen können mit `get_metrology_object_result_contour` abgefragt werden.

Achtung

Es ist zu beachten, dass alle Messregionen aller Metrology-Messobjekte des Messmodells neu berechnet werden müssen, falls die Bildbreite oder die Bildhöhe des Eingabebildes `Image` nicht gleich der Breite oder Höhe ist, die im Metrology-Messobjekt gespeichert ist (kann z.B. im Operator `set_metrology_model_image_size` gesetzt werden). Dies führt zu längeren Laufzeiten des Operators.

Es ist zu beachten, dass `apply_metrology_model` den Definitionsbereich von `Image` aus Geschwindigkeitsgründen ignoriert (siehe auch `measure_pos`).

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **`MetrologyHandle`** (input_control) ..... metrology_model ⇝ *handle*
  Handle des Messmodells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `apply_metrology_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MetrologyHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`add_metrology_object_generic`, `add_metrology_object_circle_measure`, `add_metrology_object_ellipse_measure`, `add_metrology_object_line_measure`, `add_metrology_object_rectangle2_measure`, `align_metrology_model`, `set_metrology_model_param`, `set_metrology_object_param`

Nachfolger

`get_metrology_object_result`, `get_metrology_object_result_contour`, `get_metrology_object_measures`

Siehe auch

set_metrology_object_fuzzy_param, read_metrology_model, write_metrology_model

Modul

2D Metrology

clear_metrology_model (: : MetrologyHandle :)

Löschen eines Messmodells und Freigabe des verwendeten Speichers.

clear_metrology_model löscht ein mit create_metrology_model, copy_metrology_model, read_metrology_model oder deserialize_metrology_model angelegtes Messmodell. Ebenfalls werden alle enthaltenen Metrology-Messobjekte gelöscht. Es wird der gesamte vom Messmodell und den Metrology-Messobjekten referenzierte Speicherplatz wieder freigegeben. Das Handle des zu löschenden Messmodells muss in MetrologyHandle übergeben werden. Nach dem Aufruf ist das Messmodell ungültig.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Parameter

▷ **MetrologyHandle** (input_control) ..... metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

Ergebnis

clear_metrology_model liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls der übergebene Handle gültig ist und das darüber referenzierte Messmodell vollständig freigegeben werden kann. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MetrologyHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

get_metrology_object_result, write_metrology_model

Modul

2D Metrology

clear_metrology_object (: : MetrologyHandle, Index :)

Löschen von Metrology-Messobjekten und Freigabe des verwendeten Speichers.

clear_metrology_object löscht in einem Messmodell z.B. mit add_metrology_object_ellipse_measure, add_metrology_object_ellipse_measure, add_metrology_object_line_measure oder add_metrology_object_rectangle2_measure angelegte Metrology-Messobjekte und gibt den von den Metrology-Messobjekten referenzierten Speicherplatz wieder frei.

Das Handle des Messmodells muss in MetrologyHandle übergeben werden. Der Index der zu löschenden Metrology-Messobjekte muss in Index übergeben werden. Wird für den Parameter Index als Wert *'all'* übergeben, werden alle Metrology-Messobjekte gelöscht. Nach dem Aufruf sind die Metrology-Messobjekte ungültig.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Parameter

▷ **MetrologyHandle** (input_control) . . . . . metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

▷ **Index** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *string* / integer
Index der Metrology-Messobjekte.
Default: 'all'
Wertevorschläge: `Index` ∈ {'all', 0, 1, 2}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `clear_metrology_object` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MetrologyHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Modul

2D Metrology

copy_metrology_model (: : MetrologyHandle,
Index : CopiedMetrologyHandle)

Kopieren eines Messmodells.

`copy_metrology_model` erstellt ein neues Messmodell und kopiert die ausgewählten Metrology-Messobjekte des Eingabemessmodells in das neue Ausgabemessmodell.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Eingabemessmodell ist durch das Handle `MetrologyHandle` definiert. Der Parameter `Index` legt die Metrology-Messobjekte fest, die kopiert werden sollen. Wird für den Parameter `Index` als Wert *'all'* übergeben, werden alle Metrology-Messobjekte kopiert. Der Operator gibt das Handle `CopiedMetrologyHandle` des neuen Messmodells zurück. Er kann genutzt werden, um Speicherplatz zu sparen. Zugriff auf die Parameter der Metrology-Messobjekte ist z.B. mit dem Operator `get_metrology_object_param` möglich.

Parameter

▷ **MetrologyHandle** (input_control) . . . . . metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

▷ **Index** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *string* / integer
Index der Metrology-Messobjekte.
Default: 'all'
Wertevorschläge: `Index` ∈ {'all', 0, 1, 2}

▷ **CopiedMetrologyHandle** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Handle des kopierten Messmodells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `copy_metrology_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

2D Metrology

create_metrology_model (: : : MetrologyHandle)

Anlegen der Datenstruktur, die für das Messen von geometrischen Formen notwendig ist.

create_metrology_model legt ein Messmodell an, d.h., die Datenstruktur, die notwendig ist, um Objekte einer bestimmten geometrischen Form (Metrology-Messobjekte) mittels 2D-Messtechnik zu messen, und gibt dessen Handle MetrologyHandle zurück.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Achtung

Es ist zu beachten, dass für eine optimale Laufzeit nach dem Aufruf des Operators create_metrology_model der Operator set_metrology_model_image_size aufgerufen werden sollte.

Parameter

▷ **MetrologyHandle** (output_control) . . . . . metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
create_metrology_model (MetrologyHandle)
get_image_size (Image, Width, Height)
set_metrology_model_image_size (MetrologyHandle, Width, Height)
add_metrology_object_rectangle2_measure (MetrologyHandle, 270, 230, 0, 30, \
                                         25, 10, 2, 1, 30, [], [], Index)
apply_metrology_model (Image, MetrologyHandle)
get_metrology_object_result (MetrologyHandle, Index, 'all', 'result_type', \
                             'all_param', Rectangle)
get_metrology_object_result_contour (Contour, MetrologyHandle, \
                                     Index, 'all', 1.5)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_metrology_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

set_metrology_model_image_size

Modul

2D Metrology

deserialize_metrology_model (: : SerializedItemHandle : MetrologyHandle)

Deserialisieren eines serialisierten Messmodells.

deserialize_metrology_model deserialisiert ein Messmodell, welches mit serialize_metrology_model serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte Messmodell wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten Messmodell mit dem Handle MetrologyHandle gespeichert. Der Zugriff auf die Parameter des Messmodells ist z.B. mit den Operatoren get_metrology_object_param oder get_metrology_object_fuzzy_param möglich.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **MetrologyHandle** (output_control) ..... metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_metrology_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

fread_serialized_item, receive_serialized_item, serialize_metrology_model

Nachfolger

get_metrology_object_param, get_metrology_object_fuzzy_param, apply_metrology_model

Modul

2D Metrology

get_metrology_model_param (: : MetrologyHandle, GenParamName : GenParamValue)

Abfragen von Parametern, die für das gesamte Messmodell gelten.

get_metrology_model_param fragt Parameter ab, die für das ganze Messmodell gelten.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Messmodell wird durch das Handle MetrologyHandle definiert.

Die folgenden Werte können für GenParamName gesetzt werden:

'camera_param': Die internen Kameraparameter, die für das Messmodell gesetzt sind.

'plane_pose': Die 3D-Lage der Messebene, die für das Messmodell gesetzt ist. Die 3D-Lage ist in Kamerakoordinaten gegeben.

'reference_system': Die Translation und Rotation des Referenzkoordinatensystems bezüglich des Bildkoordinatensystems. Das in GenParamValue zurückgegebene Tupel hat die Form [row, column, angle].

'scale': Der Skalierungsfaktor bzw. die Einheit der Resultate, die mit get_metrology_object_result abgerufen werden.

Parameter

▷ **MetrologyHandle** (input_control) . . . . . metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: 'camera_param'
Werteliste: GenParamName ∈ {'camera_param', 'plane_pose', 'scale', 'reference_system'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / real / integer
Wert des generischen Parameters.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_metrology_object_param den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

get_metrology_object_indices, set_metrology_model_param

Nachfolger

get_metrology_object_param

Siehe auch

get_metrology_object_param, get_metrology_object_num_instances

Modul

2D Metrology

get_metrology_object_fuzzy_param (: : MetrologyHandle, Index, GenParamName : GenParamValue)

Abfragen von Fuzzy-Parametern des Messmodells.

Mit Hilfe des Operators get_metrology_object_fuzzy_param lassen sich die Fuzzy-Parameter der Metrology-Messobjekte abfragen.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Messmodell ist durch das Handle MetrologyHandle definiert. Der Parameter Index legt fest für welche Metrology-Messobjekte die Information abgefragt werden soll. Wird für den Parameter Index als Wert *'all'* übergeben, werden die Parameter aller Metrology-Messobjekte abgefragt. Die Namen der Parameter, die abgefragt werden können, werden in GenParamName übergeben, die korrespondierenden Werte werden in GenParamValue in der gleichen Reihenfolge zurückgeliefert. Sämtliche Fuzzy-Parameter können mit set_metrology_object_fuzzy_param gesetzt und jederzeit verändert werden.

Im Einzelnen kann auf die folgenden Parameter zugegriffen werden:

'fuzzy_thresh': Die Bedeutung und Verwendung des Parameters entspricht dem Parameter FuzzyThresh des Operators fuzzy_measure_pos und ist dort beschrieben.

'function_contrast': Mit diesem Parameter kann die gesetzte Fuzzy-Funktion vom Typ contrast abgerufen werden, die im Operator set_metrology_object_param gesetzt werden kann. Die Bedeutung und Verwendung des Parameters entspricht dem Parameter SetType mit dem Wert *'contrast'* des Operators set_fuzzy_measure und ist dort beschrieben. Der Rückgabewert GenParamValue enthält die gesetzte Funktion.

'function_position': Mit diesem Parameter kann die gesetzte Fuzzy-Funktion vom Typ position abgerufen werden. Da nur eine Fuzzy-Funktion eines Typs gegeneinander exklusiv gesetzt werden kann, kann nur die zuletzt gesetzte Funktion eines Typs zurückgegeben werden. Der Typ kann *'function_position'*, *'function_position_center'*, *'function_position_end'*, *'function_position_first_edge'* oder *'function_position_last_edge'* sein.

Parameter

- ▷ **MetrologyHandle** (input_control) . . . . . metrology_model ⇝ *handle*
  Handle des Messmodells.
- ▷ **Index** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *string* / integer
  Index der Metrology-Messobjekte.
  Default: 'all'
  Wertevorschläge: `Index` ∈ {'all', 0, 1, 2}
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: 'fuzzy_thresh'
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'function_contrast', 'function_position', 'fuzzy_thresh'}
- ▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / integer
  Werte der generischen Parameter.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_metrology_object_fuzzy_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`get_metrology_object_indices`, `set_metrology_object_fuzzy_param`

Nachfolger

`set_metrology_object_fuzzy_param`

Siehe auch

`get_metrology_object_param`

Modul

2D Metrology

get_metrology_object_indices (: : MetrologyHandle : Indices)

Abfragen der Indizes der Metrology-Messobjekte eines Messmodells.

Mit Hilfe des Operators `get_metrology_object_indices` lassen sich die Indizes der Metrology-Messobjekte abfragen.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Messmodell ist durch das Handle `MetrologyHandle` definiert. Der Operator `get_metrology_object_indices` gibt die Indizes der Metrology-Messobjekte im Parameter `Indices` zurück. Zugriff auf die Parameter der Metrology-Messobjekte ist z.B. mit dem Operator `get_metrology_object_param` möglich.

Parameter

- ▷ **MetrologyHandle** (input_control) . . . . . metrology_model ⇝ *handle*
  Handle des Messmodells.
- ▷ **Indices** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Indizes der Metrology-Messobjekte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_metrology_object_indices` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_metrology_model`

Nachfolger

`get_metrology_object_param`, `get_metrology_object_fuzzy_param`

Siehe auch

`get_metrology_object_num_instances`

Modul

2D Metrology

get_metrology_object_measures (: Contours : MetrologyHandle, Index, Transition : Row, Column)

Abfragen der Messregionen und der Ergebnisse der Kantenextraktion für die Metrology-Messobjekte eines Messmodells.

Mit Hilfe des Operators `get_metrology_object_measures` lassen sich die Messregionen welche mit `add_metrology_object_generic`, `add_metrology_object_circle_measure`, etc. angelegt werden, als XLD-Konturen und die Ergebnisse der Kantenextraktion, die von `apply_metrology_model` berechnet werden, in Bildkoordinaten abfragen.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Messmodell ist durch das Handle `MetrologyHandle` definiert. Der Parameter `Index` legt fest, für welche Metrology-Messobjekte die Information abgefragt werden soll. Wird dem Parameter `Index` als Wert *'all'* übergeben, werden die Messregionen und die Ergebnisse der Kantenextraktion für alle Metrology-Messobjekte abgefragt.

Sind in den Messregionen positive und negative Kantenpositionen vorhanden (siehe generischer Parameterwert *'measure_transition'* des Operators `set_metrology_object_param`), können diese mit dem Parameter `Transition` selektiert werden. Wenn `Transition` auf *'positive'* gesetzt ist, werden nur positive Kanten abgefragt. Wenn `Transition` auf *'negative'* gesetzt ist, werden nur negative Kanten abgefragt. Alle Kanten werden zurückgegeben, wenn `Transition` auf *'all'* gesetzt ist.

Der Operator `get_metrology_object_measures` gibt für jede Messregion eine rechteckige XLD-Kontur mit der Umrandung der Messregion im Parameter `Contours` zurück. Nach einem Aufruf von `apply_metrology_model` werden zusätzlich die Bildkoordinaten des Ergebnisses der Kantenextraktion in den Parametern `Row` und `Column` als einzelne Punkte zurückgegeben. Zu beachten ist hierbei, dass die Reihenfolge der Punktkoordinaten nicht festgelegt ist. Des weiteren gibt es keine Möglichkeit die Ergebnisse der Kantenextraktion den Messregionen zuzuordnen. Wird `get_metrology_object_measures` vor `apply_metrology_model` aufgerufen, bleiben die Parameter `Row` und `Column` leer.

Parameter

- ▷ **Contours** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Rechteckige XLD-Konturen der Messregionen.
- ▷ **MetrologyHandle** (input_control) ..... metrology_model ⇝ *handle*
  Handle des Messmodells.
- ▷ **Index** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *string* / integer
  Index der Metrology-Messobjekte.
  Default: 'all'
  Wertevorschläge: `Index` ∈ {'all', 0, 1, 2}
- ▷ **Transition** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Kanten mit Hell-Dunkel-('positive') oder Dunkel-Hell-('negative')-Übergängen.
  Default: 'all'
  Werteliste: `Transition` ∈ {'all', 'negative', 'positive'}
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinaten der gemessenen Kanten.

▷ **Column** (output_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten der gemessenen Kanten.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_metrology_object_measures` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`apply_metrology_model`

Siehe auch

`add_metrology_object_generic`, `add_metrology_object_ellipse_measure`, `add_metrology_object_line_measure`, `add_metrology_object_rectangle2_measure`, `add_metrology_object_circle_measure`

Modul

2D Metrology

get_metrology_object_model_contour (: Contour : MetrologyHandle, Index, Resolution :)

Abfragen der Modellkonturen in Bildkoordinaten.

`get_metrology_object_model_contour` gibt die Konturen für die gewählten Metrology-Messobjekte in Bildkoordinaten zurück.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Messmodell ist durch das Handle `MetrologyHandle` definiert. Der Parameter `Index` legt fest für welche Metrology-Messobjekte die Ergebnisse abgefragt werden sollen. Wird für den Parameter `Index` als Wert *'all'* übergeben, werden die Ergebnisse aller Metrology-Messobjekte abgefragt.

Die Form und Lage der Konturen wird durch die Parameter bestimmt, die beim Hinzufügen des Metrology-Messobjekts zum Messmodell mittels z.B. `add_metrology_object_generic`, `add_metrology_object_circle_measure`, etc. angegeben wurden. Wurde mit `set_metrology_model_param` ein Referenzsystem gesetzt oder wurde das Messmodell mit `align_metrology_model` ausgerichtet, so gehen diese Werte ebenfalls in die aktuelle Lage des Messmodells und damit in die Lage der zurückgegebenen Konturen ein.

Die Auflösung der zurückgegebenen XLD Kontur `Contour` wird über den Parameter `Resolution` festgelegt. Er bestimmt den euklidischen Abstand zwischen benachbarten Konturpunkten. Unterschreitet der Eingabewert den intern gesetzten Mindestwert (1.192e-7), wird die Auflösung auf den kleinsten zulässigen Wert gesetzt.

Parameter

▷ **Contour** (output_object) . . . . . xld_cont(-array) ⇝ *object*
Modellkontur.

▷ **MetrologyHandle** (input_control) . . . . . metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

▷ **Index** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer* / string
Index des Metrology-Messobjekts.
Default: 0
Wertevorschläge: `Index` ∈ {'all', 0, 1, 2}

▷ **Resolution** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Abstand zwischen benachbarten Konturpunkten.
Default: 1.5
Restriktion: Resolution >= 1.192e-7

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_metrology_object_model_contour` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`add_metrology_object_generic`, `add_metrology_object_circle_measure`, `add_metrology_object_ellipse_measure`, `add_metrology_object_rectangle2_measure`, `add_metrology_object_line_measure`

Nachfolger

`apply_metrology_model`

Siehe auch

`set_metrology_model_param`, `get_metrology_object_measures`, `align_metrology_model`

Modul

2D Metrology

get_metrology_object_num_instances (: : MetrologyHandle, Index : NumInstances)

Abfragen der Anzahl der Instanzen der Metrology-Messobjekte eines Messmodells.

`get_metrology_object_num_instances` erlaubt das Abfragen der Anzahl der Instanzen (Ergebnisse) der Messungen der Metrology-Messobjekte, die von `apply_metrology_model` berechnet wurden. Standardmäßig ist die maximale Anzahl an Instanzen eines jeden Messobjekts auf *1* gesetzt, sodass typischerweise auch das Ergebnis von `get_metrology_object_num_instances` *1* ergibt. Um mehr Instanzen zu erlauben, muss vor der Messung mit `apply_metrology_model` der Parameter *'num_instances'* mit `set_metrology_object_param` auf einen höheren Wert oder auf *'all'* gesetzt werden.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Messmodell ist durch das Handle `MetrologyHandle` definiert. Der Parameter `Index` legt fest für welche Metrology-Messobjekte die Anzahl der Instanzen abgefragt werden sollen. Wird für den Parameter `Index` als Wert *'all'* übergeben, wird die Anzahl der Instanzen aller Metrology-Messobjekte abgefragt. Der Parameter `NumInstances` gibt für jedes in `Index` übergebene Metrology-Messobjekt die Anzahl der Instanzen zurück.

Parameter

- ▷ **MetrologyHandle** (input_control) ..... metrology_model ⇝ *handle*
  Handle des Messmodells.
- ▷ **Index** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer* / string
  Index der Metrology-Messobjekte.
  Default: 0
  Wertevorschläge: `Index` ∈ {'all', 0, 1, 2}
- ▷ **NumInstances** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *real* / integer
  Anzahl der Instanzen der Metrology-Messobjekte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_metrology_object_num_instances` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`apply_metrology_model`

Nachfolger

`clear_metrology_model`

Siehe auch

`get_metrology_object_indices`

Modul

2D Metrology

get_metrology_object_param (: : `MetrologyHandle`, `Index`, `GenParamName` : `GenParamValue`)

Abfragen eines oder mehrerer Parameter des Messmodells.

Mit Hilfe des Operators `get_metrology_object_param` lassen sich die Parameter, durch die ein Metrology-Messobjekt beschrieben wird, abfragen.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Messmodell ist durch das Handle `MetrologyHandle` definiert. Der Parameter `Index` legt fest für welche Metrology-Messobjekte die Information abgefragt werden soll. Wird für den Parameter `Index` als Wert *'all'* übergeben, werden die Parameter aller Metrology-Messobjekte abgefragt. Die Namen der Parameter, die abgefragt werden sollen, werden in `GenParamName` übergeben, die korrespondierenden Werte werden in `GenParamValue` in der gleichen Reihenfolge zurückgeliefert.

Sämtliche allgemeine Parameter können mit `set_metrology_object_param` gesetzt und jederzeit verändert werden. Parameter, die die Geometrie eines Metrology-Messobjekts beschreiben, können nur beim Erzeugen des Objekts mit den Operatoren `add_metrology_object_circle_measure`, `add_metrology_object_ellipse_measure`, `add_metrology_object_line_measure` oder `add_metrology_object_rectangle2_measure` gesetzt werden.

Im Einzelnen kann auf die folgenden Parameter zugegriffen werden:

- Gültig für alle Objektarten:

  'min_score', *'num_instances'*, *'instances_outside_measure_regions'*: Die Bedeutung und Verwendung der Parameter ist für den Operator `set_metrology_object_param` beschrieben.

  'rand_seed', *'distance_threshold'*, *'max_num_iterations'*: Die Bedeutung und Verwendung der Parameter ist für den Operator `set_metrology_object_param` beschrieben.

  'measure_length1', *'measure_length2'*: Die Bedeutung und Verwendung der Parameter ist für den Operator `set_metrology_object_param` beschrieben.

  'measure_sigma', *'measure_threshold'*, *'measure_transition'*, *'measure_select'*: Die Bedeutung und Verwendung der Parameter ist für den Operator `measure_pos` mit den Parametern `Sigma`, `Threshold`, `Transition` und `Select` beschrieben.

  'measure_interpolation': Die Bedeutung und Verwendung des Parameters ist für den Operator `gen_measure_rectangle2` mit dem Parameter `Interpolation` beschrieben.

  'measure_distance_min': Gibt den minimalen Abstand zwischen den Zentren der erstellten Messregionen zurück, welcher abhängig von der Geometrie des Objekts und dem Wert des Eingabeparameters *'measure_distance'* oder dem Wert des Eingabeparameters *'num_measures'* des Operators `set_metrology_object_param` ist. Für ein Metrology-Messobjekt Kreis oder Linie ist der Abstand zwischen den Messregionen gleich verteilt. In diesem Fall geben *'measure_distance_min'* und *'measure_distance_max'* den gleichen Wert zurück.

  'measure_distance_max': Gibt den maximalen Abstand zwischen den Zentren der erstellten Messregionen zurück, welcher abhängig von der Geometrie des Objekts und dem Wert des Eingabeparameters *'measure_distance'* oder dem Wert des Eingabeparameters *'num_measures'* des Operators `set_metrology_object_param` ist. Für ein Metrology-Messobjekt Kreis oder Linie ist der Abstand zwischen den Messregionen gleich verteilt. In diesem Fall geben *'measure_distance_min'* und *'measure_distance_max'* den gleichen Wert zurück.

'num_measures': Gibt die Anzahl der erstellten Messregionen zurück, welche abhängig von der Geometrie des Objekts und dem Wert des Eingabeparameters *'measure_distance'* oder dem Wert des Eingabeparameters *'num_measures'* des Operators `set_metrology_object_param` ist.

'object_type': Typ der geometrischen Form des Metrology-Messobjekts. Ist das Metrology-Messobjekt vom Typ Kreis, enthält der Ausgabeparameter `GenParamValue` die Wert *'circle'*. Ist das Metrology-Messobjekt vom Typ Ellipse, enthält der Ausgabeparameter `GenParamValue` die Wert *'ellipse'*. Ist das Metrology-Messobjekt vom Typ Linie, enthält der Ausgabeparameter `GenParamValue` die Wert *'line'*. Ist das Metrology-Messobjekt vom Typ Rechteck, enthält der Ausgabeparameter `GenParamValue` die Wert *'rectangle'*.

'object_params': Die Parameter der geometrischen Form des Metrology-Messobjekts. Ist das Metrology-Messobjekt vom Typ Kreis, enthält der Ausgabeparameter `GenParamValue` die Geometrie des Kreises in der Reihenfolge: *'row'*, *'column'*, *'radius'*. Die Bedeutung und Verwendung der Parameter ist für den Operator `add_metrology_object_circle_measure` beschrieben. Ist das Metrology-Messobjekt vom Typ Ellipse, enthält der Ausgabeparameter `GenParamValue` die Geometrie der Ellipse in der Reihenfolge: *'row'*, *'column'*, *'phi'*, *'radius1'*, *'radius2'*. Die Bedeutung und Verwendung der Parameter ist für den Operator `add_metrology_object_ellipse_measure` beschrieben. Ist das Metrology-Messobjekt vom Typ Linie, enthält der Ausgabeparameter `GenParamValue` die Geometrie der Linie in der Reihenfolge: *'row_begin'*, *'column_begin'*, *'row_end'*, *'column_end'*. Die Bedeutung und Verwendung der Parameter ist für den Operator `add_metrology_object_line_measure` beschrieben. Ist das Metrology-Messobjekt vom Typ Rechteck, enthält der Ausgabeparameter `GenParamValue` die Geometrie des Rechtecks in der Reihenfolge: *'row'*, *'column'*, *'phi'*, *'length1'*, *'length2'*. Die Bedeutung und Verwendung der Parameter ist für den Operator `add_metrology_object_rectangle2_measure` beschrieben.

- Nur gültig für ein Metrology-Messobjekt vom Typ Kreis:

  'row', *'column'*, *'radius'*: Dies sind Parameter eines Metrology-Messobjekts vom Typ Kreis. Die Bedeutung und Verwendung der Parameter ist für den Operator `add_metrology_object_circle_measure` beschrieben.

- Nur gültig für ein Metrology-Messobjekt vom Typ Ellipse:

  'row', *'column'*, *'phi'*, *'radius1'*, *'radius2'*: Dies sind Parameter eines Metrology-Messobjekts vom Typ Ellipse. Die Bedeutung und Verwendung der Parameter ist für den Operator `add_metrology_object_ellipse_measure` beschrieben.

- Nur gültig für ein Metrology-Messobjekt vom Typ Linie:

  'row_begin', *'column_begin'*, *'row_end'*, *'column_end'*: Dies sind Parameter eines Metrology-Messobjekts vom Typ Linie. Die Bedeutung und Verwendung der Parameter ist für den Operator `add_metrology_object_line_measure` beschrieben.

- Nur gültig für ein Metrology-Messobjekt vom Typ Rechteck:

  'row', *'column'*, *'phi'*, *'length1'*, *'length2'*: Dies sind Parameter eines Metrology-Messobjekts vom Typ Rechteck. Die Bedeutung und Verwendung der Parameter ist für den Operator `add_metrology_object_rectangle2_measure` beschrieben.

Parameter

▷ **`MetrologyHandle`** (input_control) ..... metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

▷ **`Index`** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *string* / integer
Index der Metrology-Messobjekte.
Default: 'all'
Wertevorschläge: `Index` ∈ {'all', 0, 1, 2}

▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: 'num_measures'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'column', 'column_begin', 'column_end', 'distance_threshold', 'end_phi', 'instances_outside_measure_regions', 'length1', 'length2', 'max_num_iterations', 'measure_distance_min', 'measure_distance_min', 'measure_interpolation', 'measure_length1', 'measure_length2', 'measure_select', 'measure_sigma', 'measure_threshold', 'measure_transition', 'min_score', 'num_instances', 'num_measures', 'object_params', 'object_type', 'phi', 'point_order', 'radius', 'radius1', 'radius2', 'rand_seed', 'row', 'row_begin', 'row_end', 'start_phi', 'x', 'y', 'x_begin', 'y_begin', 'x_end', 'y_end'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / real / integer
Werte der generischen Parameter.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_metrology_object_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`get_metrology_object_indices`, `set_metrology_object_param`

Nachfolger

`set_metrology_object_param`

Siehe auch

`get_metrology_object_fuzzy_param`, `get_metrology_object_num_instances`

Modul

2D Metrology

get_metrology_object_result (: : MetrologyHandle, Index, Instance, GenParamName, GenParamValue : Parameter)

Abfragen der Ergebnisse der Anpassung des Messmodells.

`get_metrology_object_result` erlaubt den Zugriff auf die Ergebnisse der Messungen der Metrology-Messobjekte, die von `apply_metrology_model` berechnet wurden.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Messmodell ist durch das Handle `MetrologyHandle` definiert. Der Parameter `Index` legt fest für welche Metrology-Messobjekte die Ergebnisse abgefragt werden sollen. Wird für den Parameter `Index` als Wert *'all'* übergeben, werden die Ergebnisse aller Metrology-Messobjekte abgefragt. Mit dem Parameter `Instance` wird angegeben, welche Instanz der Ergebnisse in `Parameter` zurückgegeben wird. Wird `Instance` auf *'all'* gesetzt, werden alle Instanzen zurückgegeben. Es können verschiedene generische Parameter angegeben werden, mit denen die Rückgabewerte in `Parameter` gesteuert werden können. Die generischen Parameternamen werden in `GenParamName` gesetzt. Die dazugehörigen Werte werden im Parameter `GenParamValue` übergeben.

Folgende Parameter und Werte sind möglich:

'result_type': Setzt man `GenParamName` auf *'result_type'* kann mittels `GenParamName` bestimmt werden, wie und welche Resultate für ein Metrology-Messobjekt ausgegeben werden. Alle für ein Metrology-Messobjekt gemessenen Parameter können auf einmal abgerufen werden. Weiterhin können spezielle Parameter oder der Score abgerufen werden.

Abfragen aller Parameter: Wenn `GenParamValue` auf *'all_param'* gesetzt wurde, dann werden alle für ein Metrology-Messobjekt gemessenen Parameter zurückgegeben. Wurden Kameraparameter und eine Messebene gesetzt (siehe `set_metrology_model_param`), so werden die Ergebnisse in metrischen Koordinaten zurückgegeben, andernfalls in Pixeln.
Für einen *Kreis* ist, werden die Mittelpunktskoordinaten (Zeile *'row'* und Spalte *'column'*) sowie der Radius *'radius'* des Kreises zurückgegeben. Die Reihenfolge ist [*'row'*, *'column'*, *'radius'*] oder [*'x'*, *'y'*, *'radius'*].
Für eine *Ellipse* ist, werden die Mittelpunktskoordinaten (Zeile *'row'* und Spalte *'column'*), die Orientierung der Hauptachse *'phi'*, die Länge der großen Halbachse *'radius1'* sowie die Länge der kleinen Halbachse *'radius2'* der Ellipse zurückgegeben. Die Reihenfolge ist [*'row'*, *'column'*, *'phi'*, *'radius1'*, *'radius2'*] oder [*'x'*, *'y'*, *'phi'*, *'radius1'*, *'radius2'*].
Für eine *Linie* ist, wird der Start- und Endpunkt der Linie zurückgegeben Die Reihenfolge ist [*'row_begin'*, *'column_begin'*, *'row_end'*, *'column_end'*] oder [*'x_begin'*, *'y_begin'*, *'x_end'*, *'y_end'*].

Für ein *Rechteck* ist, werden die Mittelpunktskoordinaten (Zeile *'row'* und Spalte *'column'*), die Orientierung der Hauptachse *'phi'*, der erste Halbmesser (halbe Länge) *'length1'* und der zweite Halbmesser (halbe Länge) *'length2'* des Rechtecks zurückgegeben. Die Reihenfolge ist [*'row'*, *'column'*, *'phi'*, *'length1'*, *'length2'*] oder [*'x'*, *'y'*, *'phi'*, *'length1'*, *'length2'*].

Abfragen spezieller Parameter: Gemessene Objektparameter können auch einzeln abgerufen werden, indem `GenParamName` auf den gewünschten Parameternamen gesetzt wird.
Wurden *keine Kameraparameter* und keine Messebene gesetzt, können die folgenden Parameter einzeln abgerufen werden, wenn sie für das jeweilige Metrology-Messobjekts verfügbar sind. Bitte beachten Sie, dass für Linien zusätzlich die drei Parameter der Hesse-Normalform abgefragt werden können, d.h. der Einheitsvektor der Normale *'nrow'*, *'ncolumn'* und der orthogonale Abstand [*distance*] der Linie vom Ursprung des Koordinatensystems. Das Vorzeichen des Abstands legt die Seite der Linie fest, auf welcher sich der Ursprung befindet.
Werteliste: *'row'*, *'column'*, *'radius'*, *'phi'* , *'radius1'*, *'radius2'*, *'length1'*, *'length2'*, *'row_begin'*, *'column_begin'*, *'row_end'*, *'column_end'*, *'nrow'*, *'ncolumn'*, *'distance'*
Wurden *Kameraparameter* und eine Messebene gesetzt, können die folgenden metrischen Parameter einzeln abgerufen werden, wenn sie für das jeweilige Metrology-Messobjekts verfügbar sind. Bitte beachten Sie, dass für Linien zusätzlich die drei Parameter der Hesse-Normalform abgefragt werden können, d.h. der Einheitsvektor der Normale *'nx'*, *'ny'* und der orthogonale Abstand [*distance*] der Linie vom Ursprung des Koordinatensystems. Das Vorzeichen des Abstands legt die Seite der Linie fest, auf welcher sich der Ursprung befindet.
Werteliste: *'x'*, *'y'*, *'radius'*, *'phi'* , *'radius1'*, *'radius2'*, *'length1'*, *'length2'*, *'x_begin'*, *'y_begin'*, *'x_end'*, *'y_end'*, *'nx'*, *'ny'*, *'distance'*

Abfragen des Scores: Wird `GenParamName` auf den Wert *'score'* gesetzt, wird der Score der Ergebnisse zurückgegeben. Der Score ist die Anzahl der Messungen, die für die Berechnung des Ergebnisses verwendet werden dividiert durch die maximale Anzahl von Messregionen.

'used_edges': Mit den folgenden Werten für `GenParamValue` können Details zu den Kanten abgefragt werden, die für die Anpassung eines Metrology-Messobjekts verwendet wurden.

'row': Die Zeilenkoordinaten der Kanten, die für die Anpassung eines Metrology-Messobjektes verwendet wurden, werden zurückgegeben.

'column': Die Spaltenkoordinaten der Kanten, die für die Anpassung eines Metrology-Messobjektes verwendet wurden, werden zurückgegeben.

'amplitude': Die Amplitude der Kanten, die für die Anpassung eines Metrology-Messobjektes verwendet wurden, werden zurückgegeben.

Werteliste: *'row'*, *'column'*, *'amplitude'*

'angle_direction': Der Parameter legt die Drehrichtung für Winkel fest, die Ergebnisse der Anpassung sind. Wird der Parameter *'angle_direction'* auf *'positive'* gesetzt, ist der Winkel zwischen der Hauptachse des Objekts und der horizontalen Achse des Koordinatensystems im mathematisch positiven Sinn (gegen den Uhrzeigersinn) definiert. Wird der Parameter *'angle_direction'* auf *'negative'* gesetzt, ist der Winkel zwischen der Hauptachse des Objekts und der horizontalen Achse des Koordinatensystems im mathematisch negativen Sinn (im Uhrzeigersinn) definiert. Die Winkelergebnisse werden im Bogenmaß ausgegeben.

Werteliste: *'positive'*, *'negative'*

Default: *'positive'*

Es ist möglich die Ergebnisse mehrerer Metrology-Messobjekte (siehe Parameter `Index`) und mehrerer Instanzen (siehe Parameter `Instance`) der Metrology-Messobjekte gleichzeitig zurückzugeben. Die Ergebnisse werden in `Parameter` in der folgenden Reihenfolge zurückgegeben: 1. Instanz des 1. Metrology-Messobjekts, 2. Instanz des 1. Metrology-Messobjekts, usw., 1. Instanz des 2. Metrology-Messobjekts, 2. Instanz des 2. Metrology-Messobjekts, usw.

Parameter

▷ **`MetrologyHandle`** (input_control) ..... metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

▷ **`Index`** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer* / string
Index des Metrology-Messobjektes.
Default: 0
Wertevorschläge: `Index` ∈ {'all', 0, 1, 2}

▷ **Instance** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *string* / integer
Instanz des Metrology-Messobjektes
Default: 'all'
Wertevorschläge: `Instance` ∈ {'all', 0, 1, 2}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: 'result_type'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'result_type', 'angle_direction', 'used_edges'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / real
Wert des generischen Parameters.
Default: 'all_param'
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'all_param', 'score', 'true', 'false', 'row', 'column', 'amplitude', 'radius', 'phi', 'radius1', 'radius2', 'length1', 'length2', 'row_begin', 'column_begin', 'row_end', 'column_end', 'nrow', 'ncolumn', 'distance', 'x', 'y', 'x_begin', 'y_begin', 'x_end', 'y_end', 'nx', 'ny', 'positive', 'negative'}

▷ **Parameter** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real* / integer / string
Ergebniswerte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_metrology_object_result` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`apply_metrology_model`

Nachfolger

`clear_metrology_model`

Siehe auch

`get_metrology_object_result_contour`, `get_metrology_object_measures`

Modul

2D Metrology

get_metrology_object_result_contour (: Contour : MetrologyHandle, Index, Instance, Resolution :)

Abfragen der Ergebniskonturen eines Metrology-Messobjektes.

`get_metrology_object_result_contour` gibt für die gewählten Metrology-Messobjekte und Instanzen in `Contour` die Ergebniskonturen einer Messung mit `apply_metrology_model` in Bildkoordinaten zurück.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Messmodell ist durch das Handle `MetrologyHandle` definiert. Der Parameter `Index` legt fest für welche Metrology-Messobjekte die Ergebnisse abgefragt werden sollen. Wird für den Parameter `Index` als Wert *'all'* übergeben, werden die Ergebnisse aller Metrology-Messobjekte abgefragt. Wurden für ein Metrology-Messobjekt mehrere Ergebnisse (Instanzen) berechnet, so kann mit dem Parameter `Instance` angegeben werden, für welche Instanz die Kontur zurückgegeben werden soll. Wird `Instance` auf *'all'* gesetzt, werden die Konturen für alle Instanzen zurückgegeben.

Die Auflösung der resultierenden XLD Kontur `Contour` wird über den Parameter `Resolution` festgelegt. Er bestimmt den euklidischen Abstand n Pixeln zwischen benachbarten Konturpunkten. Unterschreitet der Eingabewert den intern gesetzten Mindestwert (1.192e-7), wird die Auflösung auf den kleinsten zulässigen Wert gesetzt.

Parameter

▷ **Contour** (output_object) . . . . . xld_cont(-array) ⇝ *object*
Ergebniskontur des Metrology-Messobjektes.

▷ **MetrologyHandle** (input_control) . . . . . metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

▷ **Index** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer* / string
Index des Metrology-Messobjektes.
Default: 0
Wertevorschläge: `Index` ∈ {'all', 0, 1, 2}

▷ **Instance** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *string* / integer
Instanz des Metrology-Messobjektes
Default: 'all'
Wertevorschläge: `Instance` ∈ {'all', 0, 1, 2}

▷ **Resolution** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Abstand zwischen benachbarten Konturpunkten.
Default: 1.5
Restriktion: Resolution >= 1.192e-7

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_metrology_object_result_contour` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`apply_metrology_model`

Siehe auch

`get_metrology_object_result`, `get_metrology_object_measures`

Modul

2D Metrology

read_metrology_model (: : FileName : MetrologyHandle)

Einlesen eines Messmodells aus einer Datei.

`read_metrology_model` liest ein Messmodell, welches mit `write_metrology_model` geschrieben wurde, aus der Datei `FileName` ein. Die Dateiendung für ein Messmodell ist in HALCON 'mtr'. Die im gelesenen Messmodell vorhanden Werte werden in einem Messmodell mit dem Handle `MetrologyHandle` gespeichert. Zugriff auf die Parameter ist z.B. mit dem Operator `get_metrology_object_param` oder `get_metrology_object_fuzzy_param` möglich.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.mtr`

▷ **MetrologyHandle** (output_control) . . . . . metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_metrology_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`get_metrology_object_indices`, `apply_metrology_model`

Siehe auch

`write_metrology_model`

Modul

2D Metrology

`reset_metrology_object_fuzzy_param` `( : : MetrologyHandle, Index : )`

Löschen aller Fuzzy-Parameter und Fuzzy-Funktionen eines Messmodells.

`reset_metrology_object_fuzzy_param` löscht alle Fuzzy-Parameter und Fuzzy-Funktionen von Metrology-Messobjekten, welche mit dem Operator `set_metrology_object_fuzzy_param` gesetzt werden können, und stellt die Defaultwerte wieder her.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Messmodell ist durch das Handle `MetrologyHandle` definiert. Der Parameter `Index` legt die Metrology-Messobjekte fest, die zurückgesetzt werden sollen. Wird für den Parameter `Index` als Wert *'all'* übergeben, werden alle Metrology-Messobjekte zurückgesetzt.

Parameter

▷ **`MetrologyHandle`** (input_control) . . . . . metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

▷ **`Index`** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *string* / integer
Index der Metrology-Messobjekte.
Default: 'all'
Wertevorschläge: `Index` ∈ {'all', 0, 1, 2}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `reset_metrology_object_fuzzy_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MetrologyHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`set_metrology_object_fuzzy_param`

Siehe auch

`reset_metrology_object_param`

Modul

2D Metrology

reset_metrology_object_param (: : MetrologyHandle, Index :)

Löschen aller Parameter eines Messmodells.

reset_metrology_object_param löscht alle Einstellungen der Parameter von Metrology-Messobjekten, welche mit dem Operator set_metrology_object_param gesetzt werden können, und stellt die Defaultwerte wieder her.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Messmodell ist durch das Handle MetrologyHandle definiert. Der Parameter Index legt die Metrology-Messobjekte fest, die zurückgesetzt werden sollen. Wird für den Parameter Index als Wert *'all'* übergeben, werden alle Metrology-Messobjekte zurückgesetzt.

Parameter

▷ **MetrologyHandle** (input_control) . . . . . metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

▷ **Index** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *string* / integer
Index der Metrology-Messobjekte.
Default: 'all'
Wertevorschläge: Index ∈ {'all', 0, 1, 2}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert reset_metrology_object_param den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MetrologyHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

set_metrology_object_param

Siehe auch

reset_metrology_object_fuzzy_param

Modul

2D Metrology

serialize_metrology_model (
: : MetrologyHandle : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines Messmodells.

serialize_metrology_model serialisiert die Daten eines Messmodells (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung).

Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von write_metrology_model in eine Datei geschrieben werden. Das Messmodell wird in dem Handle MetrologyHandle übergeben. Das serialisierte Messmodell wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_metrology_model wieder deserialisiert werden.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Parameter

▷ **MetrologyHandle** (input_control) ..... metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_metrology_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_metrology_model`, `add_metrology_object_circle_measure`, `add_metrology_object_ellipse_measure`, `add_metrology_object_line_measure`, `add_metrology_object_rectangle2_measure`, `set_metrology_object_param`, `set_metrology_object_fuzzy_param`, `read_metrology_model`

Nachfolger

`fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_metrology_model`

Modul

2D Metrology

set_metrology_model_image_size (: : MetrologyHandle, Width, Height :)

Setzen der Bildgröße für die Metrology-Messobjekte.

`set_metrology_model_image_size` erlaubt es, die bei der im Rahmen der 2D-Messtechnik benötigten Kantendetektion verwendete Bildgröße zu setzen.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Messmodell ist durch das Handle `MetrologyHandle` definiert. Die Bildbreite wird mittels des Parameters `Width` und die Bildhöhe mittels des Parameters `Height` angegeben.

Achtung

Zu beachten ist, dass der Operator `set_metrology_model_image_size` vor dem Hinzufügen von Metrology-Messobjekten zum Messmodell z.B. mit dem Operator `add_metrology_object_circle_measure`, `add_metrology_object_ellipse_measure`, `add_metrology_object_line_measure`, oder `add_metrology_object_rectangle2_measure` aufgerufen werden sollte. Andernfalls werden alle Messregionen der schon vorhanden Metrology-Messobjekte nach dem Aufruf von `set_metrology_model_image_size` oder `apply_metrology_model` automatisch neu berechnet.

Parameter

▷ **MetrologyHandle** (input_control) ..... metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
Breite des zu verarbeitenden Bildes.
Default: 640
Wertevorschläge: `Width` ∈ {128, 192, 256, 512, 640, 768, 1024, 1280, 2048}
Wertebereich: 0 ≤ Width (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 16

▷ **Height** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Höhe des zu verarbeitenden Bildes.
Default: 480
Wertevorschläge: Height ∈ {128, 192, 256, 512, 640, 768, 1024, 1280, 2048}
Wertebereich: 0 ≤ Height (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 16

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert set_metrology_model_image_size den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MetrologyHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_metrology_model

Nachfolger

set_metrology_model_param, add_metrology_object_circle_measure, add_metrology_object_ellipse_measure, add_metrology_object_line_measure, add_metrology_object_rectangle2_measure, add_metrology_object_generic

Modul

2D Metrology

set_metrology_model_param (: : MetrologyHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen von Parametern, die für das gesamte Messmodell gelten.

set_metrology_model_param setzt Parameter des Messmodells MetrologyHandle, die für das gesamte Modell, d.h. für alle Objekte, gültig sind.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Die folgenden Werte können für GenParamName und GenParamValue gesetzt werden:

Kalibrierung

Um mit apply_metrology_model kalibrierte Messungen in metrischen Koordinaten durchführen zu können, müssen sowohl die Werte der internen Kameraparameter als auch die 3D-Lage der Messebene gesetzt werden.

'camera_param': In vielen Fällen sind die internen Kameraparameter das Ergebnis einer vorherigen Kamerakalibrierung mit dem Operator calibrate_cameras (siehe Kalibrierung für die Reihenfolge der internen Kameraparameter und das zu Grunde liegende Kameramodell). Falls *'camera_param'* auf [] gesetzt wird, werden die Werte der internen Kameraparameter gelöscht.
Default: [].

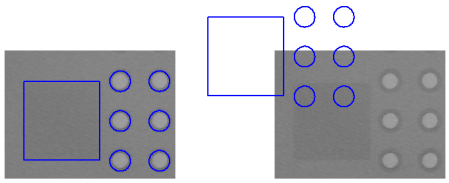
'plane_pose': Die 3D-Lage der Messebene in Kamerakoordinaten. Falls *'plane_pose'* auf [] gesetzt wird, wird die Messebene gelöscht.
Default: [].

Definition des Referenzkoordinatensystems

Wenn Metrology-Messobjekte z.B. mit `add_metrology_object_generic`, `add_metrology_object_circle_measure` etc. zum Messmodell hinzugefügt werden, werden Positionen und Orientierungen bzgl. des Bildkoordinatensystems angegeben, welches seinen Ursprung in der linken oberen Bildecke hat. In manchen Fällen ist es nötig, das Referenzsystem bzgl. dem die Metrology-Messobjekte angegeben sind zu ändern. Dies ist z.B. der Fall, wenn ein Formmodell genutzt wird um das Messmodell im aktuellen Bild auszurichten. Die Ergebnisse von `find_generic_shape_model` können nur direkt in `align_metrology_model` genutzt werden, wenn das Referenzsystem, in dem das Messmodel gegeben ist, mit dem Referenzsystems des Formmodells übereinstimmt (siehe `align_metrology_model` für ausführlichere Informationen)

'reference_system': Das in `GenParamValue` angegebene Tupel hat die Form [row, column, angle]. Per Default ist das Referenzsystem das Bildkoordinatensystem, das sich in der linken oberen Ecke des Bildes befindet. Wird das Referenzkoordinatensystem neu gesetzt, so gibt das Tupel [row, column, angle] die Translation und Rotation des neuen Referenzkoordinatensystems bezüglich des Bildkoordinatensystems an. Alle Bestandteile (Objekte) des Messmodells werden in das neu gesetzte Koordinatensystem umgerechnet. Im folgenden Bild wird eine neues Referenzsystem auf den Mittelpunkt des Bildes gesetzt.

```
set_metrology_model_param(MetrologyHandle, 'reference_system',
[Height/2,Width/2,0])
```



(1) (2)

(1) Mehrere Metrology-Messobjekte und ihre Konturen sind in blau gezeigt. (2) Das neue Referenzsystem des Messmodells wird im Mittelpunkt des Bildes platziert. Als Folge davon, werden die Posen der Metrology-Messobjekte in die entgegen gesetzte Richtung bewegt. Die resultierenden Konturen der Metrology-Messobjekte sind in blau dargestellt.

Default: *[0, 0, 0]*

Skalierung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Messung, die mit `get_metrology_object_result` abgerufen werden, können mit einem Faktor skaliert werden.

'scale': Der Parameter legt die Skalierung oder die Einheit der Ergebnisse der Messungen fest. Der Parameter *'scale'* entspricht dem Verhältnis der *gewünschten Einheit* zur *ursprünglichen Einheit*.

Sind keine Kameraparameter gegeben, so ist die Standardeinheit Pixel.

Wurden *'camera_param'* und *'plane_pose'* gesetzt, so wird die Einheit durch die Koordinaten des Kalibrierungsobjekts bestimmt. Die standard HALCON Kalibrierplatte ist in metrischen Koordinaten definiert. Wird sie für die Kalibrierung verwendet, kann die gewünschte Einheit direkt gesetzt werden. Die Zuordnung von Einheiten zu Faktoren ergibt sich aus der folgenden Tabelle:

Einheit	Skalierungsfaktor
m	1
dm	10
cm	100
mm	1000
um, microns	10^6

Wertevorschläge: *1.0*, *0.1*, *'m'*, *'cm'*, *'mm'*, *'microns'*, *'um'*
Default: *1.0*

Parameter

▷ **MetrologyHandle** (input_control) . . . . . metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Name des generischen Parameter.
Default: 'camera_param'
Werteliste: GenParamName ∈ {'camera_param', 'plane_pose', 'scale', 'reference_system'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / real / integer
Wert des generischen Parameter.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {1.0, 0.1, 'm', 'cm', 'mm', 'microns', 'um'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert set_metrology_model_param den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MetrologyHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_metrology_model, set_metrology_model_image_size

Nachfolger

add_metrology_object_generic, get_metrology_object_model_contour

Siehe auch

set_metrology_object_param, align_metrology_model, get_metrology_model_param

Modul

2D Metrology

set_metrology_object_fuzzy_param (: : MetrologyHandle, Index, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen der Fuzzy-Parameter oder Fuzzy-Funktionen eines Messmodells.

set_metrology_object_fuzzy_param erlaubt es, Fuzzy-Parameter oder Fuzzy-Funktionen eines Metrology-Messobjekts zu setzen oder zu verändern, um damit das Verhalten des Modells bei der Auswahl der Kanten mittels des Operators apply_metrology_model zu beeinflussen.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Messmodell ist durch das Handle MetrologyHandle definiert. Der Parameter Index legt die Metrology-Messobjekte fest, für die die Parameter gesetzt werden sollen. Die Parameter aller Metrology-Messobjekte werden gesetzt wenn für den Parameter Index *'all'* übergeben wird.

Der Fuzzy-Parameter oder der Typ der Fuzzy-Funktion werden im Parameter GenParamName übergeben. Der korrespondierende Wert oder die Fuzzy-Funktion wird im Parameter GenParamValue übergeben. Ist mindestens eine Fuzzy-Funktion gesetzt, wird bei der Suche der Metrology-Messobjekte mit dem Operator apply_metrology_model intern der Operator fuzzy_measure_pos verwendet. Mehr Information über Fuzzy-Funktionen ist daher im Operator fuzzy_measure_pos zu finden.

Es folgt eine Übersicht über die verschiedenen generischen Parameter und Parameterwerte. Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die dazugehörigen Werte GenParamValue sind verfügbar:

'fuzzy_thresh': Der Parameter legt die minimale Fuzzy Bewertung fest. Die Bedeutung und Verwendung des Parameters ist für den Operator `fuzzy_measure_pos` beschrieben und entspricht dort dem Parameter `FuzzyThresh`.
Default: *0.5*

'function_contrast': Der Parameter legt eine Fuzzy-Funktion des Typs `contrast` fest. Die Bedeutung und Verwendung des Parameters ist für den Operator `set_fuzzy_measure` beschrieben. Der Parameter entspricht dem Parameter `SetType` mit dem Wert *'contrast'* und sein Wert dem Parameter `Function`.
Default: *'disabled'*

'function_position': Der Parameter legt eine Fuzzy-Funktion des Typs `position` fest. Die Bedeutung und Verwendung des Parameters ist für den Operator `set_fuzzy_measure` beschrieben. Der Parameter entspricht dem Parameter `SetType` mit dem Wert *'position'* und sein Wert dem Parameter `Function`.
Default: *'disabled'*

'function_position_center': Der Parameter legt eine Fuzzy-Funktion des Typs `position_center` fest. Die Bedeutung und Verwendung des Parameters ist für den Operator `set_fuzzy_measure` beschrieben. Der Parameter entspricht dem Parameter `SetType` mit dem Wert *'position_center'* und sein Wert dem Parameter `Function`.
Default: *'disabled'*

'function_position_end': Der Parameter legt eine Fuzzy-Funktion des Typs `position_end` fest. Die Bedeutung und Verwendung des Parameters ist für den Operator `set_fuzzy_measure` beschrieben. Der Parameter entspricht dem Parameter `SetType` mit dem Wert *'position_end'* und sein Wert dem Parameter `Function`.
Default: *'disabled'*

'function_position_first_edge': Der Parameter legt eine Fuzzy-Funktion des Typs `position_first_edge` fest. Die Bedeutung und Verwendung des Parameters ist für den Operator `set_fuzzy_measure` beschrieben. Der Parameter entspricht dem Parameter `SetType` mit dem Wert *'position_first_edge'* und sein Wert dem Parameter `Function`.
Default: *'disabled'*

'function_position_last_edge': Der Parameter legt eine Fuzzy-Funktion des Typs `position_last_edge` fest. Die Bedeutung und Verwendung des Parameters ist für den Operator `set_fuzzy_measure` beschrieben. Der Parameter entspricht dem Parameter `SetType` mit dem Wert *'position_last_edge'* und sein Wert dem Parameter `Function`.
Default: *'disabled'*

Wird der Funktionswert für eine Fuzzy-Funktion auf *'disabled'* gesetzt, wird nur diese Fuzzy-Funktion gelöscht. Alle definierten Fuzzy-Funktionen und Fuzzy-Parameter werden mit Hilfe des Operators `reset_metrology_object_fuzzy_param` gelöscht. Die aktuelle Konfiguration kann mit Hilfe von `get_metrology_object_fuzzy_param` ausgelesen werden. Zu beachten ist, dass nur, wenn mindestens eine Fuzzy-Funktion gesetzt ist, der Operator `fuzzy_measure_pos` bei der Kantendetektion mit `apply_metrology_model` verwendet wird. Ansonsten wird `measure_pos` verwendet.

Parameter

▷ **`MetrologyHandle`** (input_control) ..... metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

▷ **`Index`** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *string* / integer
Index der Metrology-Messobjekte.
Default: 'all'
Wertevorschläge: `Index` ∈ {'all', 0, 1, 2}

▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: 'fuzzy_thresh'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'function_contrast', 'function_position', 'function_position_center', 'function_position_end', 'function_position_first_edge', 'function_position_last_edge', 'fuzzy_thresh'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) ..... attribute.value-array ⇝ *real* / integer
Werte der generischen Parameter.
Default: 0.5
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0.1, 0.3, 0.5, 0.6, 0.7, 0.9, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_metrology_object_fuzzy_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MetrologyHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`get_metrology_object_fuzzy_param`

Nachfolger

`apply_metrology_model`, `reset_metrology_object_fuzzy_param`, `get_metrology_object_fuzzy_param`

Siehe auch

`set_metrology_object_param`

Modul

2D Metrology

`set_metrology_object_param` `( : : MetrologyHandle, Index, GenParamName, GenParamValue : )`

Setzen von Parametern für die Metrology-Messobjekte eines Messmodells.

`set_metrology_object_param` erlaubt es, zahlreiche Parameter der Metrology-Messobjekte zu verändern.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Messmodell ist durch das Handle `MetrologyHandle` definiert. Der Parameter `Index` legt die Metrology-Messobjekte fest, für die die Parameter gesetzt werden sollen. Die Parameter aller Metrology-Messobjekte werden gesetzt, wenn für den Parameter `Index` *'all'* übergeben wird. Alle Parameter können auch direkt beim Anlegen des Metrology-Messobjekts mit `add_metrology_object_generic`, `add_metrology_object_circle_measure`, `add_metrology_object_ellipse_measure`, `add_metrology_object_line_measure` oder `add_metrology_object_rectangle2_measure` übergeben werden. Die aktuelle Konfiguration kann mit Hilfe von `get_metrology_object_param` ausgelesen werden. Alle Parameter, die mit dem Operator `set_metrology_object_param` gesetzt werden können, können mit dem Operator `reset_metrology_object_param` zurückgesetzt werden.

Im Folgenden werden alle generischen Parameter mit den Defaultwerten aufgelistet. In den meisten Fällen reichen die Standardwerte aus, so dass keine Anpassung nötig ist. Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die dazugehörigen Werte `GenParamValue` sind verfügbar - sortiert nach verschiedenen Kategorien:

Erstellen der Messregionen:

'measure_length1': Der Wert des Parameters legt die halbe Kantenlänge der Messregionen senkrecht zum Objektrand fest. Der Wert entspricht der Messtoleranz. Die Einheit des Wertes ist Pixel.
Wertevorschläge: *10.0*, *20.0*, *30.0*
Default: *20.0*
Restriktion: *'measure_length1' >= 1.0*

'measure_length2': Der Wert des Parameters legt die halbe Kantenlänge der Messregionen tangential zum Objektrand fest. Die Einheit des Wertes ist Pixel.
Wertevorschläge: *3.0*, *5.0*, *10.0*
Default: *5.0*
Restriktion: *'measure_length2' >= 0.0*

'measure_distance': Der Wert des Parameters legt den gewünschten Abstand zwischen den Mittelpunkten zweier Messregionen fest. Führt der Abstand zu zu wenig Messregionen, hat dieser Parameter keinen Einfluss auf die Anzahl an Messregionen und wird auf die benötigte Mindestanzahl an Messregionen erhöht. Für ein Metrology-Messobjekt vom Typ Kreis ist diese Anzahl 3. Für ein Metrology-Messobjekt vom Typ Ellipse ist diese Anzahl 5. Für ein Metrology-Messobjekt vom Typ Linie ist diese Anzahl 2. Für ein Metrology-Messobjekt vom Typ Rechteck ist diese Anzahl pro Seite 2, d.h. insgesamt 8. Wird dieser Wert gesetzt, hat der Wert des Parameters *'num_measures'* keinen Einfluss. Die Einheit des Wertes ist Pixel.

Wertevorschläge: *5.0*, *15.0*, *20.0*, *30.0*

Default: *10.0*

'num_measures': Der Wert des Parameters legt die gewünschte Anzahl der Messregionen fest.

Die Mindestanzahl an Messregionen hängt vom Typ des Metrology-Messobjekts ab:

- Linie: 2 Messregionen
- Kreis: 3 Messregionen
- Kreisbogen: 4 Messregionen
- Ellipse: 5 Messregionen
- Ellipsenbogen: 6 Messregionen
- Rechteck: 8 Messregionen (2 Regionen pro Seite)

Wird ein zu niedriger Wert gesetzt, dann wird *'num_measures'* automatisch auf den entsprechenden Minimalwert gesetzt.

Wird dieser Wert gesetzt, hat der Wert des Parameters *'measure_distance'* keinen Einfluss.

Wertevorschläge: *8*, *10*, *16*, *20*, *30*, *50*, *100*

Kantendetektion:

'measure_sigma': Der Wert des Parameters legt das Sigma für die Gaußglättung fest. Die Bedeutung, die Verwendung und der Defaultwert des Parameters ist für den Operator `measure_pos` mit den Parametern `Sigma`, `Threshold` und `Select` beschrieben.

'measure_threshold': Der Wert des Parameters legt die minimale Amplitude einer Kante fest. Die Bedeutung, die Verwendung und der Defaultwert des Parameters ist für den Operator `measure_pos` mit dem Parameter `Threshold` beschrieben.

'measure_select': Der Wert des Parameters legt die Auswahl der Endpunkte der Kanten fest. Die Bedeutung, die Verwendung und der Defaultwert des Parameters ist für den Operator `measure_pos` mit dem Parameter `Select` beschrieben.

'measure_transition': Der Wert des Parameters legt fest, ob die Hell-Dunkel- oder Dunkel-Hell-Übergänge für die Kanten genutzt werden. Die Bedeutung und die Verwendung der Werte *'all'*, *'positive'* und *'negative'*, die für den Parameter *'measure_transition'* gesetzt werden können, ist für den Operator `measure_pos` mit dem Parameter `Transition` beschrieben. Zusätzlich kann *'measure_transition'* auf den Wert *'uniform'* gesetzt werden. Dann werden alle positiven Kanten (Dunkel-Hell-Übergänge) und alle negativen Kanten (Hell-Dunkel-Übergänge) bei der Kantendetektion detektiert, aber beim Anpassen der geometrischen Formen werden die Kanten unterschiedlicher Typen getrennt behandelt, d.h. für jede Instanz einer geometrischen Form werden entweder nur die positiven Kanten oder nur die negativen Kanten verwendet.

Die Messrichtung innerhalb der Messregion verläuft von innen nach außen für ein Metrology-Messobjekt vom Typ Kreis, Ellipse und Rechteck. Für ein Metrology-Messobjekt vom Typ Linie verläuft die Messrichtung innerhalb der Messregion von links nach rechts, gesehen vom ersten Punkt der Linie (siehe `RowBegin` und `ColumnBegin` des Operators `add_metrology_object_line_measure`).

Werteliste: *'all'*, *'negative'*, *'positive'*, *'uniform'*

Default: *'all'*

'measure_interpolation': Der Wert des Parameters legt die Art der zu verwendenden Interpolation fest. Die Bedeutung, die Verwendung und der Defaultwert des Parameters ist für den Operator `gen_measure_rectangle2` mit dem Parameter `Interpolation` beschrieben.

Anpassen der geometrischen Formen:

'min_score': Der Parameter legt fest, welche Bewertung eine potentielle Instanz des Metrology-Messobjekts mindestens besitzen muss, damit diese als eine gültige Instanz des Metrology-Messobjekts angesehen wird. Der Score ist die Anzahl der Kanten, die für die Berechnung des Ergebnisses verwendet wird, dividiert durch

die maximale Anzahl von Messregionen (siehe apply_metrology_model). Falls erwartet werden kann, dass alle Kanten des Metrology-Messobjekts in den Modellregionen vorhanden sind, kann der Parameter *'min_score'* auf so hohe Werte wie *0.8* oder sogar *0.9* gesetzt werden. Zu beachten ist, dass in Bildern mit vielen Störobjekten oder mit starker Hintergrundtextur der Wert für den Parameter *'min_score'* nicht deutlich niedriger als *0.7* gesetzt werden sollte, da ansonsten falsche Instanzen des Metrology-Messobjekts gefunden werden könnten.

Wertevorschläge: *0.5*, *0.7*, *0.9*

Default: *0.7*

'num_instances': Der Parameter legt die maximale Anzahl der anzupassenden Instanzen für jedes Metrology-Messobjekt fest, d.h. wenn diese Anzahl an Instanzen erreicht wurde, wird die Anpassung abgebrochen (siehe apply_metrology_model). Der Score für erfolgreich angepasste Instanzen der geometrischen Formen muss mindestens den Wert *'min_score'* haben.

Wertevorschläge: *1*, *2*, *3*, *4*

Default: *1*

'distance_threshold': apply_metrology_model benutzt einen randomisierten Auswahlalgorithmus (RANSAC) zum Anpassen einer geometrischen Form. Damit eine Kante zu einer angepassten geometrischen Form gehört, darf die euklidische Distanz zwischen der Kante und der geometrischen Form den Wert von *'distance_threshold'* nicht übersteigen.

Wertevorschläge: *0*, *1.0*, *2.0*, *3.5*, *5.0*

Default: *3.5*

'max_num_iterations': Der RANSAC-Algorithmus schätzt die Anzahl von Iterationen, die benötigt werden, um die gesuchte geometrische Form anzupassen. Die Schätzung berücksichtigt dabei die Kantendaten und die Komplexität der Form. Mit dem Parameter *'max_num_iterations'* kann eine obere Grenze für die vom RANSAC-Algorithmus berechnete Anzahl an Iterationen gesetzt werden. Die Anzahl der Iterationen wird weiterhin vom RANSAC-Algorithmus geschätzt, kann den Wert von *'max_num_iterations'* aber nicht übersteigen. Das Setzen von *'max_num_iterations'*, kann hilfreich sein, wenn die Qualität der gefundenen geometrischen Form weniger wichtig ist als das Einhalten zeitlicher Grenzen. Wird der Parameter zu niedrig gesetzt, liefert der Algorithmus schlechtere oder keine Ergebnisse.

Standardmäßig ist der Wert auf -1 gesetzt, d.h. es ist keine obere Grenze für die berechnete Anzahl an Iterationen vorhanden.

Wertevorschläge: *10*, *100*, *1000*

Default: *-1*

'rand_seed': Der Parameter legt den Startwert für den Zufallsgenerator fest, welcher vom RANSAC-Verfahren innerhalb des Operators apply_metrology_model zur Auswahl der Kanten genutzt wird. Wird der Parameter *'rand_seed'* auf einen Wert ungleich *0* gesetzt, so liefert der Operator bei jedem Aufruf mit denselben Parametern auch dasselbe Resultat, da der intern verwendete Zufallsgenerator mit dem Wert des Parameters *'rand_seed'* initialisiert wird.

Wird der Parameter *'rand_seed'* auf den Wert *0* gesetzt, so wird der Zufallsgenerator mit der aktuellen Zeit initialisiert. Daher sind in diesem Fall die Ergebnisse unter Umständen nicht reproduzierbar.

Wertevorschläge: *0*, *1*, *42*

Default: *42*

'instances_outside_measure_regions': Der Parameter legt fest, welche der Ergebnisse der Messungen gültig sind. Wird der Parameter *'instances_outside_measure_regions'* auf den Wert *'false'* gesetzt, sind nur Instanzen eines Metrology-Messobjekts gültig, die innerhalb der Hauptachsen der Messregionen dieses Metrology-Messobjekts liegen. Instanzen, die ungültig sind, werden nicht gespeichert. Wird der Parameter *'instances_outside_measure_regions'* auf den Wert *'true'* gesetzt, so sind alle Instanzen des Metrology-Messobjekts gültig.

Werteliste: *'false'*, *'true'*

Default: *'false'*

Parameter

▷ **MetrologyHandle** (input_control) . . . . . metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

▷ **Index** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *string* / integer
Index der Metrology-Messobjekte.
Default: 'all'
Wertevorschläge: Index ∈ {'all', 0, 1, 2}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: 'num_instances'
Werteliste: GenParamName ∈ {'distance_threshold', 'instances_outside_measure_regions', 'max_num_iterations', 'measure_distance', 'measure_interpolation', 'measure_length1', 'measure_length2', 'measure_select', 'measure_sigma', 'measure_threshold', 'measure_transition', 'min_score', 'num_instances', 'num_measures', 'rand_seed'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / real / integer
Werte der generischen Parameter.
Default: 1
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 'all', 'true', 'false', 'first', 'last', 'positive', 'negative', 'uniform', 'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert set_metrology_object_param den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MetrologyHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

get_metrology_object_param

Nachfolger

apply_metrology_model, reset_metrology_object_param, get_metrology_object_param

Siehe auch

set_metrology_object_fuzzy_param

Modul

2D Metrology

write_metrology_model (: : MetrologyHandle, FileName :)

Schreiben eines Messmodells in eine Datei.

write_metrology_model schreibt ein Messmodell in die Datei FileName. Das Messmodell ist durch das Handle MetrologyHandle definiert. Das Messmodell kann mit read_metrology_model wieder eingelesen werden. Die Dateiendung für ein Messmodell ist in HALCON 'mtr'.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Achtung

Es ist zu beachten, dass nur die Eingabewerte gespeichert werden, d.h. es werden keine vom Operator apply_metrology_model erzeugten Messregionen und Ergebnisse gespeichert.

Parameter

▷ **MetrologyHandle** (input_control) . . . . . metrology_model ⇝ *handle*
Handle des Messmodells.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: .mtr

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `write_metrology_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`apply_metrology_model`

Nachfolger

`clear_metrology_model`

Siehe auch

`read_metrology_model`

Modul

2D Metrology

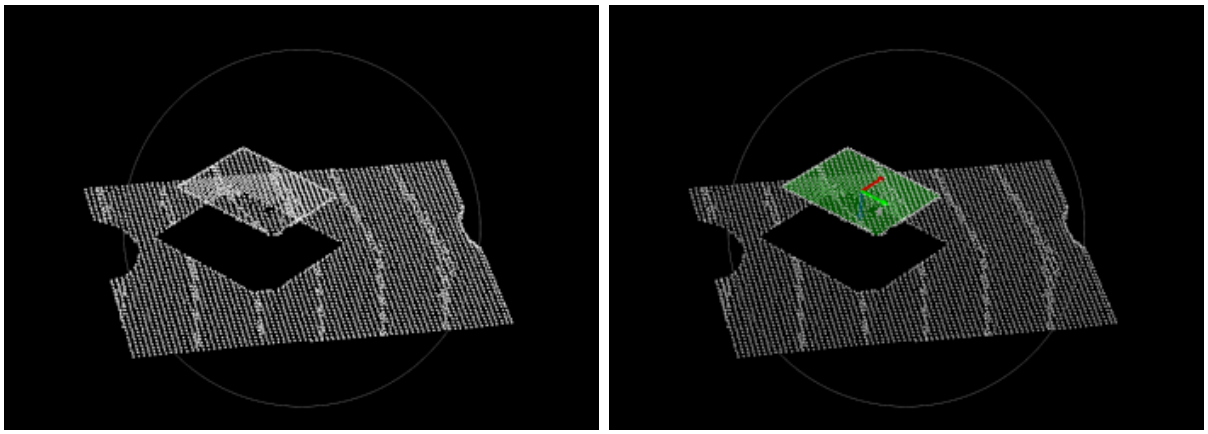
Kapitel 3

3D-Matching

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die verschiedenen 3D Matching Ansätze in HALCON.

3D Box Finder

Wie schon dem Namen entnommen werden kann, kann der Box Finder dazu benutzt werden um Box-förmige Objekte in 3D-Daten zu lokalisieren. Dazu ist kein Model des Objekts als Eingabe für den Operator `find_box_3d` notwendig, sondern lediglich die Seitenlängen der gesuchten Boxen. Als Ergebnis erhält man die Pose eines Greifpunkts, was insbesondere für Anwendungen bei denen ein Griff in die Kiste erfolgt sehr nützlich sein kann.



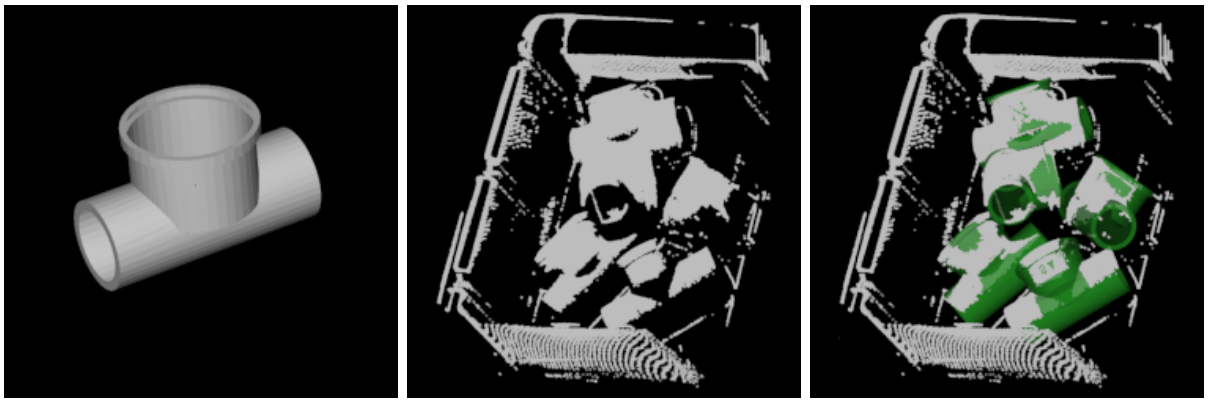
(1) (2)

(1) 3D Eingabedaten (Szene), (2) gefundene Instanz mit Greifpunkt.

Oberflächenbasiertes Matching

Der oberflächenbasierte Matching-Ansatz eignet sich auch für das Lokalisieren komplexerer Objekte. Die Form des Objektes wird dem Operator `find_surface_model` bzw. `find_surface_model_image` als Oberflächenmodell übergeben. Zurückgegeben werden daraufhin die Posen der in der Szene gefunden Instanzen.

Es ist zu beachten, dass es mehrere verschiedene Ansätze zum oberflächenbasierten Matching gibt. Für detaillierte Erklärungen bezüglich der Anwendung dieser Ansätze, Tipps, Tricks und Informationen zur Fehlersuche sei auf die Technical Note `Surface-Based Matching` verwiesen.

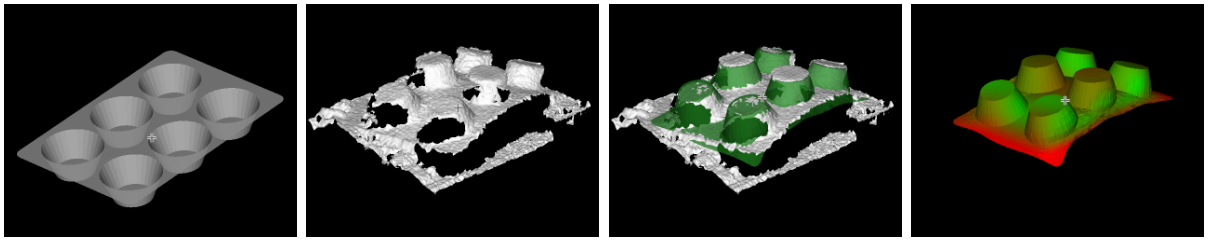


(1) (2) (3)

(1) 3D-Model für die Suche, (2) zu durchsuchende 3D Eingabedaten (Szene), (3) Ergebnis des Matchings.

Deformierbares oberflächenbasiertes Matching

Falls das gesuchte Objekt in verschieden deformierten Zuständen in der Szene auftreten kann, kann ein deformierbares Oberflächenmodell verwendet werden um diese Objekte zu lokalisieren. Wird eine Instanz eines solchen Objektes vom Operator `find_deformable_surface_model` gefunden, wird das Modell samt Pose und Deformation zurückgegeben.

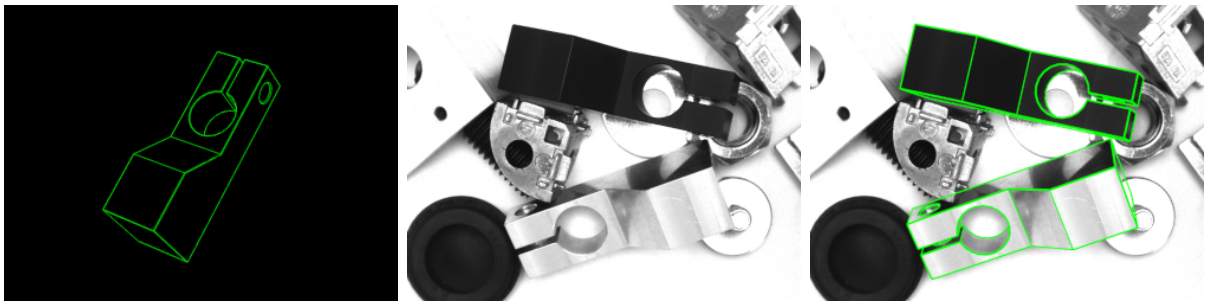


(1) (2) (3) (4)

(1) 3D-Objektmodell (2) zu durchsuchende 3D Eingabedaten (Szene), (3) Modell, transformiert in die gefundene Pose, (4) deformiertes Objektmodell.

Formbasiertes Matching

Mit formbasiertem 3D-Matching können Instanzen eines CAD-Modells in 2D-Bildern statt in 3D-Punktwolken gesucht werden. Dazu müssen die Kanten des gesuchten Objekts deutlich im Bild sichtbar sein und die verwendete Kamera muss zuvor kalibriert worden sein. Die gefundenen Posen werden vom Operator `find_shape_model_3d` als Ergebnis zurückgegeben.

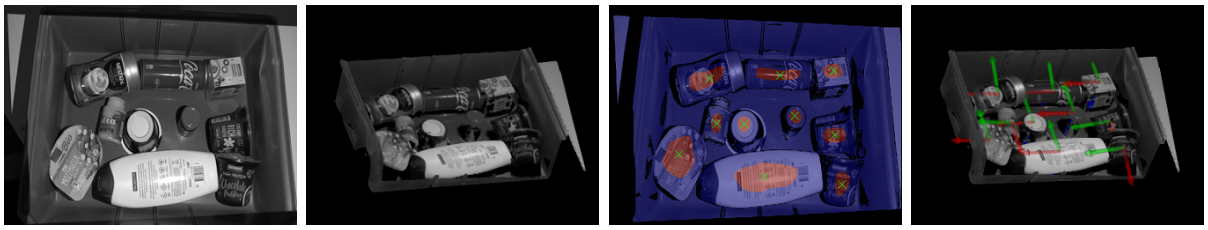


(1) (2) (3)

(1) 3D-Formmodell, (2) Eingabebild, (3) gefundenes Formmodell, projiziert in das Eingabebild.

3D Gripping Point Detection

3D Gripping Point Detection ist ein Deep Learning-basierter Ansatz um Greifpunkte auf beliebigen Objekten in einer 3D-Szene zu erkennen. Für weitere Informationen siehe 3D-Matching / 3D Gripping Point Detection.

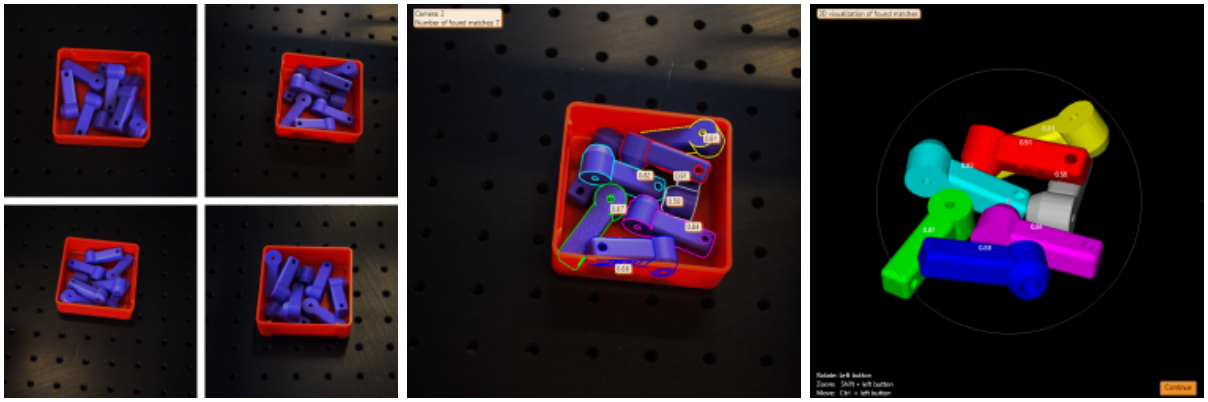


(1) (2) (3) (4)

(1) 2D-Eingabebild (Intensitätsbild), (2) 3D-Szene (generiert XYZ-Bildern), (3) Visualisierung vorhergesagter Greifpunkte auf 2D-Eingabebild, (4) Visualisierung vorhergesagter Greifpunkte als Posen in der 3D-Szene.

Deep 3D Matching

Deep 3D Matching ist ein Deep Learning-basierter Ansatz zum Erkennen von Objekten in einer Szene und Berechnung ihrer 3D Pose. Für weitere Informationen siehe 3D-Matching / Deep 3D Matching.



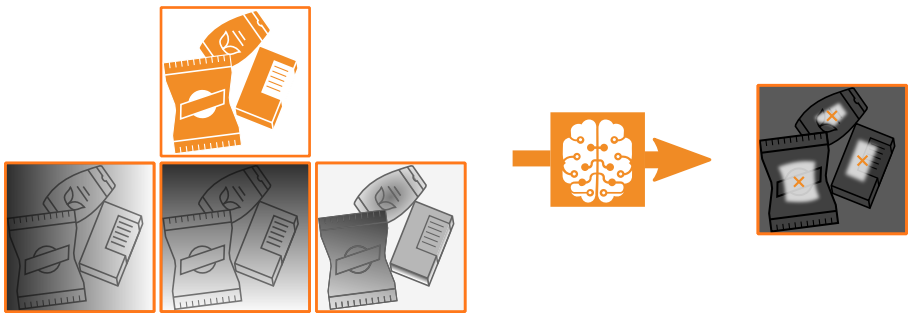
(1) (2) (3)

(1) Eingabebilder eines Objektes, (2) Berechnete 3D Pose des Objekts in einem 2D-Bild, (3) Berechnete 3D Pose des Objekts in einem 3D-Plot.

3.1 3D Gripping Point Detection

Dieses Kapitel beschreibt die Nutzung der 3D Gripping Point Detection.

Mit der 3D Gripping Point Detection findet man geeignete Greifpunkte auf der Oberfläche beliebiger Objekte in einer 3D-Szene. Die Ergebnisse können verwendet werden um die Greifpunkte mit einem Roboterarm anzusteuern und die die Objekte mit einem Vakuumsauger anzuheben.



Ein mögliches Beispiel für eine Anwendung zur 3D Gripping Point Detection: Eine 3D-Szene (z.B. ein RGB-Bild und XYZ-Bilder) wird analysiert und mögliche Greifpunkte werden vorgeschlagen.

HALCON liefert ein vortrainiertes Modell, das ohne zusätzlichen Trainingsschritt bereit für die Inferenz ist. Um das Modell auf eine spezifische Aufgabe abzustimmen kann es für einen eigenen Anwendungsbereich nachtrainiert

werden. Dabei funktioniert die 3D Gripping Point Detection auch für Objekte, die im Training nicht aufgetreten sind. Außerdem ist es nicht notwendig 3D-Objektmodelle für die Objekte, die angesteuert werden sollen, bereitzustellen. 3D Gripping Point Detection kann außerdem mit Szenen umgehen, die mehrere unterschiedliche Objekte gleichzeitig beinhalten, Szenen, in denen teilweise verdeckte Objekte enthalten sind, sowie Szenen, die Störungen in den 3D-Daten enthalten.

In den folgenden Abschnitten werden sowohl der generelle Ablauf der Inferenz als auch das Nachtrainieren beschrieben.

Genereller Ablauf

Dieser Abschnitt beschreibt, wie ein passender Greifpunkt auf beliebigen Objektoberflächen mit Hilfe eines 3D Gripping Point Detection-Modells bestimmt werden kann. Ein Anwendungsszenario findet sich im HDevelop-Beispielprogramm `3d_gripping_point_detection_workflow.hdev`.

1. Einlesen eines vortrainierten 3D Gripping Point Detection-Modells mit
   - `read_dl_model`.
2. Setzen von Modellparametern, beispielsweise bezüglich der verwendeten Hardware-Einheit oder der Bilddimensionen, mit
   - `set_dl_model_param`.
3. Generieren eines Dictionarys `DLSample` für jede 3D-Szene. Dazu kann die Prozedur
   - `gen_dl_samples_3d_gripping_point_detection`

   verwendet werden, welche verschiedene Arten von 3D-Daten verarbeiten kann. Für weitere Informationen zu den Anforderungen an die Daten siehe den Abschnitt „Daten“ weiter unten.
4. Vorverarbeiten der Daten vor der Inferenz. Dazu wird die Prozedur
   - `preprocess_dl_samples`

   verwendet. Die notwendigen Vorverarbeitungsparameter können aus dem Modell mittels
   - `create_dl_preprocess_param_from_model`

   generiert werden, oder manuell mittels
   - `create_dl_preprocess_param`

   gesetzt werden.

   Es ist zu beachten, dass die Vorverarbeitung der Daten einen signifikanten Einfluss auf die Inferenz hat. Für weitere Details, siehe den Abschnitt „3D-Szenen“ weiter unten.
5. Anwenden des Modells über den Operator
   - `apply_dl_model`.
6. Nachverarbeiten des Ergebnisses in `DLResult` um Greifpunkte für die Szene zu erhalten mittels
   - `gen_dl_3d_gripping_points_and_poses`.
7. Visualisieren der 2D- und 3D-Ergebnisse mit den Prozeduren
   - `dev_display_dl_data` bzw.
   - `dev_display_dl_3d_data`.

Training und Evaluierung des Modells

Dieser Abschnitt beschreibt wie das Modell der 3D Gripping Point Detection mit eigenen Daten nachtrainiert und evaluiert werden kann. Siehe auch das HDevelop-Beispiel `3d_gripping_point_detection_training_workflow.hdev` für eine Beispielanwendung.

Vorverarbeitung des Datensatzes Dieser Abschnitt behandelt die notwendigen Anpassungen des Datensatzes.

1. Die Informationen des Datensatzes müssen eingelesen werden. Dazu kann die Prozedur
   - `read_dl_dataset_3d_gripping_point_detection`

   verwendet werden. Dabei wird ein Dictionary `DLDataset` erstellt, welches als Datenbank dient und alle notwendigen Informationen über die Daten abspeichert. Für mehr Information zu den Daten und wie sie übergeben werden, wird auf den unteren Absatz „Daten“ und das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen.
2. Die Daten von `DLDataset` sollen in drei getrennte Datensätze aufgeteilt werden. Dazu kann die Prozedur
   - `split_dl_dataset`

   verwendet werden.
3. Das Netzwerk stellt mehrere Anforderungen an die Bilder (wie z.B. die Bilddimensionen und den Grauwertbereich). Diese Werte können mit
   - `get_dl_model_param`

   abgefragt werden. Dafür muss das Modell erst eingelesen werden mittels
   - `read_dl_model`.
4. Der Datensatz kann nun vorverarbeitet werden. Dazu kann die Prozedur
   - `preprocess_dl_dataset`

   verwendet werden.
   Um diese Prozedur zu verwenden, müssen die Vorverarbeitungsparameter wie z.B. die Bildgröße festgelegt werden. Die Parameter und ihre Werte sind im Dictionary `DLPreprocessParam` zu speichern. Zur Erzeugung dieses Dictionarys kann die Prozedur
   - `create_dl_preprocess_param_from_model`

   verwendet werden. Es wird empfohlen, das Dictionary `DLPreprocessParam` abzuspeichern, um während der späteren Inferenz-Phase Zugang zu den Werten zu haben.

Trainieren des Modells Dieser Abschnitt behandelt das Nachtrainieren eines 3D Gripping Point Detection-Modells.

1. Setzen der Trainingsparameter und Abspeichern derselben im Dictionary `TrainParam`. Für dies kann die Prozedur
   - `create_dl_train_param`

   verwendet werden.
2. Trainieren des Modells. Dafür kann die Prozedur
   - `train_dl_model`

   verwendet werden. Diese Prozedur benötigt:
   - das Handle des Modells `DLModelHandle`,
   - das Dictionary mit den Informationen über den Datensatz, `DLDataset`
   - das Dictionary mit den Trainingsparametern `TrainParam`.

Evaluierung des nachtrainierten Modells Dieser Abschnitt behandelt das Evaluieren eines 3D Gripping Point Detection-Modells.

1. Setzen aller Modellparameter, welche die Evaluierung beeinflussen können.
2. Die Evaluierung kann bequem mit der Prozedur
   - `evaluate_dl_model`

   durchgeführt werden. Diese Prozedur erwartet ein Dictionary `GenParam` mit den Evaluierungsparametern.

3. Das Dictionary `EvaluationResults` enthält die angefragten Evaluierungsmaße. Um einen Eindruck von der Leistung des nachtrainierten Modells im Verhältnis zum bereits vortrainierten Modell zu erhalten, können deren Evaluierungsmaße verglichen werden. Die Evaluierungsmaße werden weiter unten im Abschnitt „Evaluierungsmaße für die Daten der 3D Gripping Point Detection“ erläutert.

Daten

Dieser Abschnitt enthält Informationen bezüglich Daten, die für die Inferenz oder das Trainieren und Evaluieren eines 3D Gripping Point Detection-Modells benötigt werden.

Ein Grundgedanke der Datenhandhabung: Das Modell interagiert mit den Daten über Dictionaries. Dies bedeutet, das Modell erhält die Eingabedaten über das Dictionary `DLSample` und gibt die Ausgabe über das Dictionary `DLResult` zurück. Für weitere Informationen zur Datenhandhabung wird auf das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen.

3D-Szenen Die 3D Gripping Point Detection verarbeitet 3D-Szenen, welche aus klassischen 2D-Bildern und Tiefeninformationen bestehen.

Um diese 3D-Daten an die Anforderungen für Eingabedaten des Netzwerks anzupassen ist ein Vorverarbeitungsschritt für die Inferenz notwendig. Für Informationen zu bestimmten Vorverarbeitungsparametern, siehe den Abschnitt „Spezifische Vorverarbeitungsparameter“ weiter unten. Es wird empfohlen einen hochauflösenden 3D-Sensor zu verwenden um die notwendige Datenqualität zu sicherzustellen. Folgende Daten werden benötigt:

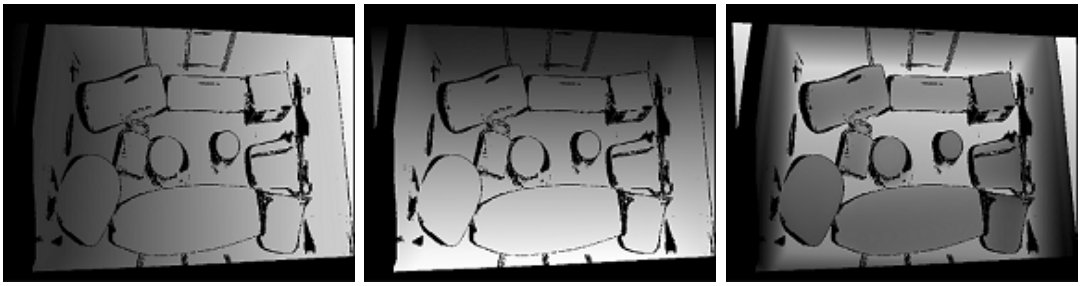
2D-Bild

- RGB-Bild, oder
- Intensitätsbild (Grauwertbilder)

Intensitätsbild.

Tiefeninformationen

- X-Bild (Werte müssen von links nach rechts aufsteigend)
- Y-Bild (Werte müssen von oben nach unten aufsteigend)
- Z-Bild (Werte müssen von dem Sensor nahen zu fernen Punkten aufsteigen; das ist z.B. der Fall wenn die Daten bezüglich des Kamerakoordinatensystems angegeben werden)

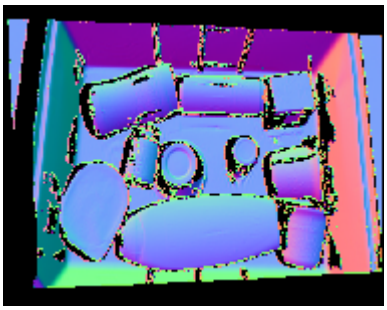


(1) (2) (3)

(1) X-Bild, (2) Y-Bild, (3) Z-Bild.

Normalen (optional)

- 2D-Mappings (3-kanaliges Bild)



Normalenbild.

Werden Normalenbilder übergeben, dann verringert sich die Laufzeit, da die Normalen nicht erst berechnet werden müssen.

Um den Suchbereich einzuschränken kann die Domäne des RGB-/Intensitätsbildes reduziert werden. Es ist zu beachten, dass die Domäne der XYZ-Bilder und der (optionalen) Normalenbilder identisch sein muss. Außerdem dürfen für alle Eingabedaten nur gültige Pixel Teil der genutzten Domäne sein.

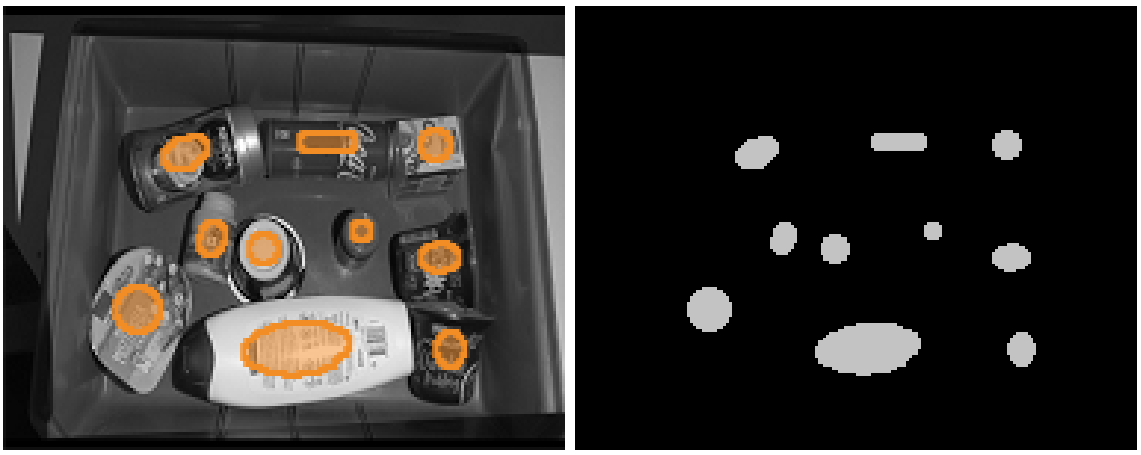
Daten für das Training und die Evaluierung Die Trainingsdaten werden dazu genutzt, ein Netzwerk für ein spezifisches Szenario zu trainieren.

Der Datensatz besteht dabei aus 3D-Szenen und dazugehörigen Segmentierungsbildern, in welchen Informationen zu greifbaren Oberflächen enthalten sind. Sie müssen so zur Verfügung gestellt werden, dass das Modell sie verarbeiten kann. Die Anforderungen an die 3D-Szenen werden im Abschnitt „3D scenes“ weiter oben erklärt.

Wie die Daten in HALCON für ein DL Modell vorliegen müssen, wird im Kapitel Deep Learning / Modell erklärt. Kurz gefasst fungiert ein Dictionary `DLDataset` als Datenbank der Informationen, die von den Trainings- und Evaluierungs-Prozeduren benötigt werden.

Die Daten für `DLDataset` können mit `read_dl_dataset_3d_gripping_point_detection` eingelesen werde. Die Prozedurenreferenz von `read_dl_dataset_3d_gripping_point_detection` enthält detaillierte Anforderungen an ein 3D Gripping Point Detection `DLDataset`.

Gemeinsam mit den 3D-Szenen müssen Segmentierungsbilder übergeben werden, welche als Ground Truth fungieren. Die Segmentierungsbilder enthalten zwei verschiedene Grauwerte, mit welchen jedes Pixel entweder als zulässiger oder unzulässiger Greifpunkt gekennzeichnet wird. Die Bilder können direkt mit Hilfe des MVTec Deep Learning Tools gelabelt werden (erhältlich auf der MVTec Webseite).



(1) (2)

(1) Labeln eines Intensitätsbildes. (2) Segmentierungsbild, welches die zulässigen Greifpunkte darstellt (grau).

Es sollte sichergestellt werden, dass die gelabelten Bereiche nur zuverlässige Greifpunkte für den Roboter kennzeichnen. Folgende Punkte sollten beim Labeln beachtet werden:

- Greifpunkte müssen auf einer Oberfläche sein, die für den Roboterarm ohne Blockierung erreichbar ist.
- Greifpunkte müssen auf einer Oberfläche sein, die der Roboter mit seinem Vakuumsauger greifen kann. Daher sollten für das zu greifende Objekt auch Material, Form und die Oberflächenneigung bezüglich der Grundebene mitberücksichtigt werden.
- Die Größe des Vakuumsaugers sollte mitberücksichtigt werden.
- Die Saugkraft des Vakuumsaugers sollte mitberücksichtigt werden.
- Greifpunkte sollten tendenziell in der Nähe des Objektschwerpunkts liegen (besonders bei möglicherweise schwereren Objekten).
- Greifpunkte sollten nicht am Rand eines Objektes liegen.
- Greifpunkte sollten nicht am Rand der sichtbaren Fläche eines Objektes liegen.

Modell-Ausgabe Als Ausgabe gibt das Modell ein Dictionary `DLResult` für jedes Sample zurück. Dieses Dictionary beinhaltet die folgenden Einträge:

- `'gripping_map'`: Binärbild, das für jedes Pixel der Szene angibt, ob das Modell einen Greifpunkt vorhergesagt hat (Pixelwert = *1.0*) oder nicht (*0.0*).
- `'gripping_confidence'`: Bild, das für jeden Punkt der Szene unverarbeitete, unkalibrierte Konfidenzwerte enthält.

Nachverarbeitung

Die Modell-Ergebnisse in `DLResult` können mit `gen_dl_3d_gripping_points_and_poses` nachverarbeitet werden um Greifpunkte zu generieren. Diese Prozedur kann außerdem parametrisiert werden um kleine Greifflächen zu unterdrücken (mit `min_area_size`), oder als Vorlage dienen um eigene Auswahlkriterien zu definieren.

Folgender Eintrag wird von dieser Prozedur zum Dictionary `DLResult` hinzugefügt:

- `'gripping_points'`: Tupel von Dictionaries mit Informationen zu geeigneten Greifpunkten in einer Szene:
  - `'region'`: Zusammenhängende Region möglicher Greifpunkte. Der bestimmte Greifpunkt liegt innerhalb dieser Region.
  - `'row'`: Zeilenkoordinate des Greifpunktes im vorverarbeiteten RGB-/Intensitätsbild.
  - `'column'`: Spaltenkoordinate des Greifpunktes im vorverarbeiteten RGB-/Intensitätsbild.
  - `'pose'`: 3D-Pose des Greifpunktes (relativ zum Koordinatensystem der XYZ-Bilder, also der Kamera), die vom Roboter genutzt werden kann.

Evaluierungsmaße für die Ergebnisse der 3D Gripping Point Detection

In HALCON werden für die 3D Gripping Point Detection folgenden Evaluierungsmaße unterstützt:

`mean_pro` Mittelwert der Überlappung aller Ground Truth-Flächen, die als Greifpunkte gelabelt wurden, mit den Vorhersagen (Per-Region Overlap). Siehe das unten zitierte Paper für eine detaillierte Beschreibung dieses Evaluierungsmaßes.

`mean_precision` Mittelwert der Pixel-basierten Precision der Vorhersagen für die Klasse der Greifpunkte. Die Precision ist das Verhältnis von 'True Positives' zu allen 'Positives' ('True Positives' (TP) und 'False Positives' (FP)).

$$\text{precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}}$$

mean_iou Intersection over Union (IoU) der Pixel der Ground Truth und der als Greifpunkte vorhergesagten Pixel. Siehe Deep Learning / Semantische Segmentierung und Kantenextraktion für eine detailliertere Beschreibung dieses Evaluierungsmaßes.

gripping_point_precision Verhältnis von 'True Positives' zu allen 'Positives'.

Für dieses Evaluierungsmaß gilt ein korrekt vorhergesagter Greifpunkt als 'True Positive'. Dazu muss der vorhergesagte Punkt in einer Ground Truth-Region liegt. Allerdings wird pro Region nur ein Greifpunkt als 'True Positive' zugelassen, alle weiteren Vorhersagen in derselben Region gelten als 'False Positives'.

gripping_point_recall Der Recall ist das Verhältnis der Anzahl korrekt vorhergesagter Greifpunkte und der Anzahl aller Ground Truth-Flächen der Klasse der Greifpunkte.

$$\text{recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}}$$

gripping_point_f_score Um Precision und Recall mit einer Zahl darzustellen wird der F-Score als harmonisches Mittel der beiden Werte zur Verfügung gestellt.

$$\text{F-score} = 2 * \frac{\text{precision} * \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}}$$

Spezifische Vorverarbeitungsparameter

Zusammen mit den Daten müssen Vorverarbeitungsparameter an `preprocess_dl_samples` übergeben werden. Zwei Parameterpaare haben einen besonders hohen Einfluss:

- `'image_width'`, `'image_height'`: Bestimmen die Bilddimensionen der Bilder, die inferiert werden.

  Mit größeren Bilddimensionen und dadurch einer besseren Auflösung können kleinere Greifflächen detektiert werden. Damit steigen allerdings auch die Laufzeit und der Speicherverbrauch der Anwendung.

- `'min_z'`, `'max_z'`: Bestimmen, basierend auf dem Z-Bild, die minimale und maximale zulässige Distanz von 3D-Punkten von der Kamera.

  Mit Hilfe dieser Parameter können fehlerhafte Ausreißer entfernt werden und damit eine bessere Robustheit für die Anwendung erzielt werden.

Eine Einschränkung des Suchbereichs kann durch Reduzierung der Domäne der Suchbilder (mittels `reduce_domain`) durchgeführt werden. Für `preprocess_dl_samples` muss mit dem Vorverarbeitungsparameter `'domain_handling'` festgelegt werden, wie die Domäne gehandhabt werden soll. Der Parameter `'domain_handling'` sollte dabei so verwendet werden, dass nur essentielle Informationen zur Inferenz an das Netzwerk weitergegeben werden. Die folgenden Bilder zeigen, in Abhängigkeit von `'domain_handling'`, wie ein Eingabebild mit reduzierter Domäne nach der Vorverarbeitung weitergegeben wird.

(1) (2) (3) (4)

(1) Eingabebild mit reduzierter Domäne (rot), (2) Bild mit `'full_domain'`, (3) Bild mit `'keep_domain'`, (4) Bild mit `'crop_domain'`.

Referenzen

Bergmann, P., Batzner, K., Fauser, M., Sattlegger, D. and Steger, C., 2021. The MVTec anomaly detection dataset: a comprehensive real-world dataset for unsupervised anomaly detection. International Journal of Computer Vision, 129(4), pp.1038-1059.

3.2 3D-Box

```
find_box_3d ( : : ObjectModel3DScene, SideLen1, SideLen2, SideLen3,
    MinScore, GenParam : GrippingPose, Score, ObjectModel3DBox,
    BoxInformation )
```

Findet Boxen in 3D-Daten.

`find_box_3d` findet Boxen im 3D-Objektmodell `ObjectModel3DScene` und gibt für jede Box die Pose eines Greifpunktes `GrippingPose`, ein 3D-Objektmodell `ObjectModel3DBox`, eine Bewertung `Score` und ein Dictionary `BoxInformation` mit weiteren Informationen zu den gefundenen Boxen zurück.

Die Kantenlängen der zu suchenden Boxen werden in `SideLen1`, `SideLen2` und `SideLen3` übergeben. Jede dieser Längen besteht aus einem Tupel mit zwei Werten, die den möglichen Wertebereich der Kantenlänge angeben. Wenn zu erwarten ist, dass nur eine Seite der Box zu sehen ist, oder die übrige Seitenlänge nicht beschränkt werden soll, kann `SideLen3` auch auf *-1* gesetzt werden.

Der Parameter `MinScore` setzt die Mindestbewertung für die zurückgegebenen Boxen fest. Boxen, die eine Bewertung unterhalb dieses Wertes haben, werden nicht zurückgegeben.

`ObjectModel3DScene` muss ein XYZ-Mapping aufweisen, was beispielsweise der Fall ist, wenn das Modell mit `xyz_to_object_model_3d` erzeugt wurde.

Üblicher Arbeitsablauf

Ein üblicher Arbeitsablauf zum Finden von 3D-Boxen in 3D-Daten sieht wie folgt aus:

1. Die 3D-Daten werden entweder als XYZ-Bilder, oder direkt als 3D-Objektmodell mit XYZ-Mapping erzeugt.
2. Es sollte so viel wie möglich vom Hintergrund und von anderen Störobjekten entfernt werden, die nicht Teil einer Box sind. Dies macht das Auffinden von Boxen robuster und schneller. Dafür kann z.B. `threshold` und `reduce_domain` auf die XYZ-Bilder angewendet werden, um im Anschluss das Modell mit `xyz_to_object_model_3d` zu erzeugen. Andere Möglichkeiten zur Verbesserung der Laufzeit finden sich weiter unten im dem Abschnitt über Problembehandlung.
3. Wenn die 3D-Daten als XYZ-Bilder vorliegen, müssen sie mittels `xyz_to_object_model_3d` in ein 3D-Objektmodell konvertiert werden.
4. Die ungefähren Seitenlängen der zu findenden Boxen müssen ermittelt werden. Zu beachten ist, dass spätere Änderungen dieser Seitenlängen möglicherweise auch die Anpassung anderer Parameter notwendig macht, etwa `MinScore`.
5. `find_box_3d` wird aufgerufen. Als Parameter wird das 3D-Objektmodell der Szene sowie die ungefähren Seitenlängen übergeben.
6. Mittels der Prozedur `visualize_object_model_3d` können, wenn notwendig, die Ergebnisse visualisiert werden.

Interpretation der Ergebnisse

Die gefundenen Boxen werden auf verschiedene Weisen zurückgegeben.

Zunächst wird für jede Box die Pose eines Greifpunktes in `GrippingPose` zurückgegeben. Die verwendete Boxseite und die z-Achse der Greifpose werden anhand des XYZ-Mapping bestimmt. Ist nur eine Seite der Box sichtbar, dann liegt das Zentrum der Greifpose in der Mitte dieser Seite und ihre z-Achse zeigt vom Aufnahmepunkt des XYZ-Mapping weg. Wenn mehrere Seiten der Box sichtbar sind, liegt die Pose des Greifpunkts in der Mitte der Seite, die am ehesten parallel zum Aufnahmepunkt des XYZ-Mapping liegt. Die z-Achse der Pose zeigt wieder vom Aufnahmepunkt des XYZ-Mapping weg. Für die x-Achse der Pose wird die Boxachse gewählt, die grob am besten mit der Spaltenrichtung des XYZ-Mapping übereinstimmt. Die y-Achse wird aus der x- und z-Achse berechnet.

Die Boxen werden außerdem in `ObjectModel3DBox` als vermaschtes 3D-Objektmodell zurückgegeben. Dies ermöglicht eine einfache Visualisierung der Ergebnisse.

Für jede gefundene Box wird in `Score` eine Bewertung zwischen *0* und *1* zurückgegeben. Diese gibt an, wie gut die Box und ihre Kanten sichtbar sind, und wie gut die gefundene Box zu den spezifizierten Kantenlängen passt.

Schlussendlich wird mit `BoxInformation` ein Dictionary zurückgegeben, welches weitere Informationen über die Ergebnisse enthält. Diese können mit `get_dict_param` und `get_dict_tuple` abgerufen werden, oder mit dem Handle Inspect-Fenster in HDevelop untersucht werden.

Das Dictionary `BoxInformation` enthält folgende Schlüssel:

results: Dieser Schlüssel verweist auf ein Dictionary, das die gefundenen Boxen enthält. Diese sind absteigend nach Bewertung sortiert und sind durch aufsteigende Integer-Werte (Startwert `0`) als Schlüssel referenziert.

Für jede gefundene Box wird ein Dictionary mit folgenden Schlüsseln zurückgegeben:

box_pose: Beschreibt die Pose der Box relativ zum Koordinatensystem der Szene. Diese Pose wird zur Visualisierung der Box verwendet.

box_length_x, box_length_y, box_length_z: Die Kantenlängen der gefundenen Box entsprechend der Pose `box_pose`. `box_length_x` und `box_length_y` enthalten immer einen positiven Wert. Wenn nur eine Seite der Box sichtbar ist wird `box_length_z` auf *0* gesetzt.

gripping_pose: Entspricht der Pose, die in `GrippingPose` zurückgegeben wird.

gripping_length_x, gripping_length_y, gripping_length_z: Die Kantenlängen der gefundenen Box entsprechend der Pose `GrippingPose`. `gripping_length_x` und `gripping_length_y` enthalten immer einen positiven Wert. Wenn nur eine Seite der Box sichtbar ist wird `gripping_length_z` auf *0* gesetzt.

score: Entspricht der Bewertung, die in `Score` zurückgegeben wird.

one_side_only: Gibt an, ob nur eine Seite der Box sichtbar ist (*'true'*) oder mehr (*'false'*).

gen_param: Dieses Dictionary enthält die Parameter, die an `find_box_3d` übergeben wurden. `SideLen1`, `SideLen2`, und `SideLen3` sind in einem Tupel mit dem Schlüssel `lengths` zusammengefasst. Der Schlüssel `min_score` verweist auf `MinScore`. Die weiteren Schlüssel sind analog zu den generischen Parametern im Dictionary `GenParam` bezeichnet (siehe unten).

sampled_edges: Dieses 3D-Objektmodell mit abgetasteten Kanten enthält die Blickrichtung der Kantenpunkte als Normalenvektoren.

sampled_edges_direction: Dieses 3D-Objektmodell mit abgetasteten Kanten (analog zu `sampled_edges`) enthält die Kantenrichtungen der Kantenpunkte als Normalenvektoren.

sampled_scene: Dieser Schlüssel enthält die abgetastete Szene, in der die Boxen gesucht werden. Sie kann zur Visualisierung oder zur Überprüfung der Abtastdistanz verwendet werden.

sampled_reference_points: Dieser Schlüssel enthält ein 3D-Objektmodell mit allen Punkten der 3D-Szene, die als Referenzpunkte für das Matching verwendet wurde. Für jeden dieser Referenzpunkte wird eine optimale Box-Pose berechnet, in der Annahme, dass sich der Punkt auf der Oberfläche der Box befindet.

Generische Parameter

Weitere generische Parameter können als Schlüssel-Tupeldaten-Paare in das Dictionary `GenParam` übergeben werden um den Matching-Vorgang zu verbessern. Die folgenden Parameternamen fungieren als Schlüssel zu den dazugehörigen Tupeldaten (siehe `create_dict` und `set_dict_tuple`).

3d_edges: Mit diesem Schlüssel können die zu verwendenden 3D-Kanten übergeben werden. Als Wert muss ein 3D-Objektmodell übergeben werden. Dieses Modell wird üblicherweise mit `edges_object_model_3d` erzeugt , und kann bei Bedarf noch weiter gefiltert werden um z.B. Ausreißer zu entfernen. Wenn dieser Parameter nicht angegeben wird, werden die Kanten intern aus der Szene ähnlich zum Operator `edges_object_model_3d` extrahiert.

3d_edge_min_amplitude: Legt die minimale Amplitude einer Unstetigkeit fest, um als Kante klassifiziert zu werden. Falls Kanten manuell in `3d_edges` übergeben werden ist zu beachten, dass dieser Parameter ignoriert wird. Andernfalls verhält sich `3d_edge_min_amplitude` ähnlich wie `MinAmplitude` für den Operator `edges_object_model_3d`.

Restriktion: `3d_edge_min_amplitude` >= *0*

Default: 10% der kleinsten Boxdiagonale.

max_gap: Wenn keine 3D-Kanten mittels `3d_edges` übergeben wurden, werden diese intern automatisch extrahiert. Der Parameter steuert diese Kantenextraktion.

`max_gap` hat die gleiche Bedeutung wie in `edges_object_model_3d`.

remove_outer_edges: Entfernt die am äußersten gelegenen Kanten (wenn auf *'true'* gesetzt). Für Anwendungen bei denen ein Griff in die Kiste erfolgt kann dies zum Beispiel nützlich sein, um die Kiste aus den 3D-Daten zu entfernen.

Werteliste: *'false'*, *'true'*

Default: *'false'*

max_num_boxes: Begrenzt die Anzahl an zurückgegebenen Boxen. Standardmäßig gibt `find_box_3d` alle gefundenen Boxen zurück, deren Bewertung über `MinScore` liegt. Mit diesem Parameter kann die Anzahl entsprechend begrenzt werden.

Default: *0* (alle Boxen zurückgeben)

box_type: Legt die Arten von Boxen fest, die gesucht werden sollen. Für *'full_box_visible'* werden nur dann Boxen zurückgegeben, wenn mehr als eine Seite der Box sichtbar ist. Wird *'single_side_visible'* gesetzt, wird nur nach Boxen mit einer sichtbaren Seite gesucht. Ist trotzdem eine weitere Boxseite sichtbar wird diese nicht berücksichtigt. Mit *'all'* werden alle Boxen zurückgegeben.

Werteliste: *'all'*, *'single_side_visible'*, *'full_box_visible'*

Default: *'all'*

Problembehandlung

***Visualisierung der gefundenen Kanten und der abgetasteten Szene*:** Um die Ergebnisse der Boxerkennung besser zu verstehen, können einige der intern verwendeten Daten mittels `get_dict_tuple` aus `BoxInformation` ausgelesen werden

Die abgetastete Szene kann mit dem Schlüssel `sampled_scene` ausgelesen werden. Das Finden von kleineren Boxen braucht eine dichter abgetastete Szene, was die Boxerkennung langsamer macht.

Die abgetasteten 3D-Kanten können mit den Schlüsseln `sampled_edges` und `sampled_edges_directions`. ausgelesen werden. Die beiden 3D-Objektmodelle enthalten die gleichen Punkte, allerdings sind in `sampled_edges` die Normalenrichtungen auf die Blickrichtungen der Kanten gesetzt, während in `sampled_edges_directions` die Normalenrichtungen auf die Kantenrichtung gesetzt werden. Die Kantenrichtung steht senkrecht auf den Kanten und zeigt nach außen.

***Verbesserung der Laufzeit*:** Wenn `find_box_3d` zu lange dauert, können die folgenden Schritte helfen, die Laufzeit zu verringern.

- **Entfernen von Hintergrund und anderen Störobjekten**: Eine deutliche Verbesserung der Laufzeit und Genauigkeit kann i.d.R. durch das Entfernen von möglichst vielen Teilen der Szene erreicht werden, die nicht auf Boxen liegen.
  Übliche Ansätze zum Entfernen dieser Daten sind:
  - Schwellenwerte auf den X-, Y- und Z-Koordinaten, entweder durch `threshold` und `reduce_domain` auf den XYZ-Bildern vor dem Aufruf von `xyz_to_object_model_3d`, oder durch die Anwendung von `select_points_object_model_3d` direkt auf das 3D-Objektmodell, welches die Szene beinhaltet.
  - Einige Sensoren liefern neben den 3D-Daten auch Intensitätsbilder zurück. Filter, die auf diesen Bildern aufbauen, können ggf. ebenfalls verwendet werden um Hintergrund zu entfernen.
  - Falls die Szene zum Sensor statisch ist und sich der Hintergrund in seiner Art und Lage nicht ändert, z.B. wenn ein Sensor fest über einem Laufband verbaut ist, kann der Hintergrund einmalig in einer Szene ohne Boxen aufgenommen werden, und in späteren Szenen mittels `sub_image` und `threshold` auf den Z-Bildern entfernt werden.
- **Erhöhung der Mindestbewertung**: Ein Erhöhen der Mindestbewertung `MinScore` kann dazu führen, dass Boxen während der Erkennung schon früher verworfen werden können.
- **Vergrößern der kleinstmöglichen Box**: Je kleiner die kleinstmögliche Boxseite ist, desto höher die Laufzeit von `find_box_3d`, da die Szene dichter abgetastet werden muss. Kann z.B. eine Box nur von einer Seite gesehen werden, könnte es sinnvoll sein, `SideLen3` auf *-1* zu setzen. Weiterhin kann mit `box_type` eingestellt werden, welche Arten von Boxen gesucht werden sollen.
- **Manuelle Suche und Vorverarbeitung der Kanten**: Die 3D-Kanten können manuell mittels `edges_object_model_3d` aus der Szene extrahiert werden und über den generischen Parameter `3d_edges` an den Operator übergeben werden. Eine solche manuelle Extraktion ermöglicht ein weiteres Filtern der 3D-Kanten.

Parameter

▷ **ObjectModel3DScene** (input_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells, welches die Szene enthält.

▷ **SideLen1** (input_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Länge der ersten Boxkante.

▷ **SideLen2** (input_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Länge der zweiten Boxkante.

▷ **SideLen3** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
Länge der dritten Boxkante.
Default: -1

▷ **MinScore** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
Mindestbewertung der zurückgegebenen Boxen.
Default: 0.6
Restriktion: 0 <= MinScore <= 1

▷ **GenParam** (input_control) ..... dict ⇝ *handle*
Dictionary für generische Parameter.
Default: []

▷ **GrippingPose** (output_control) ..... pose(-array) ⇝ *real* / integer
Greifposen der gefundenen Boxen.

▷ **Score** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Bewertungen der gefundenen Boxen.

▷ **ObjectModel3DBox** (output_control) ..... object_model_3d-array ⇝ *handle*
Gefundene Boxen als 3D-Objektmodell.

▷ **BoxInformation** (output_control) ..... dict ⇝ *handle*
Weitere Informationen als Dictionary.

Ergebnis

Wenn alle Parameter korrekt sind liefert `find_box_3d` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `xyz_to_object_model_3d`

Nachfolger

`gen_box_object_model_3d`, `get_dict_tuple`

Alternativen

`find_surface_model`

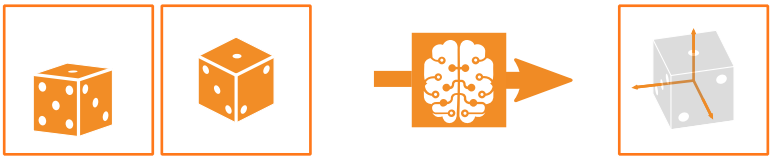
Modul

3D Metrology

3.3 Deep 3D Matching

Diese Kapitel beschreibt die Verwendung von Deep 3D Matching.

Deep 3D Matching wird verwendet, um Objekte in einer Szene genau zu erkennen und ihre 3D-Pose zu berechnen. Dieser Ansatz ist besonders effektiv für komplexe Szenarien, in denen herkömmliche 3D-Matching-Techniken (wie das formbasierte 3D-Matching) aufgrund von Variationen im Erscheinungsbild von Objekten, Verdeckungen oder verrauschten Daten Schwierigkeiten haben können. Im Vergleich zum oberflächenbasierten Matching arbeitet das Deep 3D-Matching mit einem kalibrierten Mehrbild-Setup und benötigt keine Daten von einem 3D-Sensor.



Ein mögliches Beispiel für eine Deep 3D Matching Anwendung: Ein Objekt wird aus verschiedenen Winkeln aufgenommen und erkannt, anschließend wird seine 3D Pose berechnet.

Das Deep 3D Matching-Modell besteht aus zwei Komponenten, die sich zwei unterschiedlichen Aufgaben widmen, nämlich die Lokalisierung von Objekten und Bestimmung von Objektposen. Für eine Deep 3D Matching-Anwendung werden beide Komponenten auf dem 3D-CAD-Modell trainiert, das in den Anwendungsszenen gefunden werden soll.

HALCON bietet Funktionalitäten um beide Komponenten eines Deep 3D Matching-Modells zu trainieren. Falls Sie Unterstützung beim Training der Netze benötigen, können Sie sich an Ihren HALCON-Vertriebspartner für weitere Informationen wenden.

Nach dem Training kann das Deep 3D Matching-Modell verwendet werden, um die Pose des Objekts zu bestimmen. Bei der Inferenz werden dabei Bilder aus verschiedenen Aufnahmewinkeln als Eingabe verwendet.

Genereller Ablauf der Inferenz

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie eine 3D-Pose mithilfe der Deep 3D Matching-Methode bestimmt wird. Ein Anwendungsszenario ist im HDevelop-Beispiel `deep_3d_matching_workflow.hdev` zu sehen.

1. Lesen Sie das trainierte Deep 3D Matching-Modell mithilfe von
   - `read_deep_matching_3d`

   ein.
2. Optimieren der Deep Learning-Netzwerke für die Verwendung mit -Interfaces.
   (a) Extrahieren des Detektionsnetzwerk aus dem Deep-3D-Matching-Modell mit
   - `get_deep_matching_3d_param`.

   (b) Optimieren des Parameters für die Inferenz mit
   - `optimize_dl_model_for_inference`.

   (c) Setzen des optimierten Detektionsnetzwerk mit
   - `set_deep_matching_3d_param`.

   (d) Wiederholen Sie diese Schritte für das Netzwerk zur Schätzung der 3D-Posen.
   (e) Speichern des optimierten Modells mit
   - `write_deep_matching_3d`.

   Zu beachten ist, dass die Optimierung des Modells einen erheblichen Einfluss auf die Laufzeit hat, wenn sie bei jedem Inferenzlauf durchgeführt wird. Das Schreiben des optimierten Modells spart also Zeit bei der Inferenz.
3. Setzen der Kameraparameter mit
   - `set_deep_matching_3d_param`.
4. Ausführen des Modells mit dem Operator
   - `apply_deep_matching_3d`.
5. Visualisieren der Ergebnisse mit 3D-Posen.

Erstellung synthetischer Trainingsdaten

Die Erstellung realistischer, synthetischer Datensätze für das Training von Deep 3D Matching-Modellen in HALCON erfolgt durch einen integrierten Workflow mit der Scene Engine. Diese ermöglicht realistische Objektplatzierung, variable Objekt- und Umgebungseigenschaften, flexible Kameraperspektiven und fotorealistisches Rendering.

Eine Physik-Engine simuliert realistische Objektplatzierungen durch das Fallenlassen in die Szene.

Der Asset-Manager definiert Materialeigenschaften wie Textur, Reflexion und Transparenz, um realistische Oberflächen zu erzeugen. Unterschiedliche Hintergründe und Beleuchtungsszenarien sorgen für Variabilität.

Strategische Kamerapositionierung ermöglicht Aufnahmen aus verschiedenen Winkeln und Entfernungen, um reale Beobachtungsbedingungen zu simulieren.

Ein fotorealistisches Rendering stellt Licht, Schatten und Reflexionen detailliert dar und liefert hochwertige Trainingsdaten für Deep 3D Matching-Modelle.

Die damit generierten Datensätzen liefern die umfangreichen und vielfältigen Daten, die für das effektive Training von Deep 3D Matching Modellen in HALCON notwendig sind.

Ein Anwendungsbeispiel mit der Scene Engine kann in der HDevelop Beispielanwendung `deep_3d_matching_data_generation.hdev` eingesehen werden.

Erstellung des Datensatzes

1. Lesen des CAD-Objektmodells mit
   - `read_object_model_3d`.
2. Erstellen eines Dictionarys zum Sammeln der erzeugten Daten. Hierzu kann die Prozedur
   - `create_dataset_deep_3d_matching`

   verwendet werden.
3. Speichern des Dictionarys mittels des Operators
   - `write_dict`.

Konfiguration der Scene Engine-Umgebung

1. Starten der Scene Engine mit dem Operator
   - `open_scene_engine`.
2. Erzeugen der Defaultparameter für die Scene Engine-Umgebung. Dies kann mit der Prozedur
   - `create_scene_engine_run_params`

   erfolgen.
3. Setzen der Parameter für Material, Oberflächenbeschaffenheit und Farbe. Dies kann mit der Prozedur
   - `set_scene_engine_run_param`

   erfolgen.
4. Konfigurieren der Kameraeinstellungen mit der Prozedur
   - `set_scene_engine_run_param`.

Erzeugen der Daten

1. Starten des Renderprozesses mit
   - `run_scene_engine`.
2. Abfragen der Ground-Truth-Daten, hierzu kann die Prozedur
   - `get_data_generation_gt`

   verwendet werden.
3. Speichern des Dictionaries mit den erzeugten Daten, mit dem Operator
   - `write_dict`.

Training des Modells

Dieser Abschnitt beschreibt das Training eines Deep 3D Matching-Modells unter Verwendung synthetischer Daten. Für ein Anwendungsszenario siehe auch das HDevelop Beispiel `deep_3d_matching_training_workflow.hdev`.

Erstellen des Deep 3D Matching Modells

1. Lesen des gerenderten Datensatzes mit
   - `read_dict`.
2. Erhalten des CAD-Objektmodells aus dem eingelesenen Datensatz über den Key `'orig_3d_model'`.
3. Erstellen des Deep 3D Matching-Modells, welches beide Komponenten enthält:
   - `dl_model_detection` und
   - `dl_model_pose_estimation`

   mit dem Operator `create_deep_matching_3d`.

Vorbereitung für das Training Bevor mit der Vorverarbeitung begonnen wird, müssen sowohl der Datensatz als auch das Modell angepasst werden, damit sie später verwendet werden können.

1. Bevor die Komponenten des Deep 3D Matching-Modells separat trainiert werden, müssen sie aus dem Modell extrahiert werden. Dies kann mit
   - `get_deep_matching_3d_param`.

   gemacht werden.
2. Der Datensatz für die Posenschätzungskomponente muss in ein Format umgewandelt werden, das vom Modell verarbeitet werden kann. Hierzu kann die Prozedur
   - `convert_dl_dataset_detection_to_pose_estimation`

   verwendet werden. Dabei wird ein Dictionary `DLDataset` erstellt, welches als Datenbank dient und alle notwendigen Informationen über die Daten speichert. Für mehr Information zu Datensätzen, wird auf das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen.

Vorverarbeitung des Datensatzes Diese Schritte müssen für die Detektions- und Posenschätzungskomponente des Modells jeweils getrennt durchgeführt werden. Für Information darüber, welche Daten für den Deep 3D Matching-Workflows verwendet werden, wird auf den unteren Absatz „Daten“ verwiesen.

1. Die Daten von `DLDataset` sollen in drei getrennte Datensätze aufgeteilt werden. Dazu kann die Prozedur
   - `split_dl_dataset`

   verwendet werden.
2. Angeben der Vorverarbeitungsparameter wie z.B. die Bildgröße. Die Parameter und ihre Werte werden im Dictionary `DLPreprocessParam` gespeichert. Zur Erzeugung dieses Dictionarys kann die Prozedur
   - `create_dl_preprocess_param_from_model`

   verwendet werden.
3. Der Datensatz kann nun vorverarbeitet werden. Dazu kann die Prozedur
   - `preprocess_dl_dataset`

   verwendet werden.

Training des Modells Dieser Abschnitt erklärt, wie die Posenschätzungs- oder Detektionskomponente eines Deep 3D Matching-Modells trainiert wird.

1. Setzen der Trainingsparameter und Abspeichern derselben im Dictionary `TrainParam` mit
   - `create_dl_train_param`.
2. Trainiere das Modell. Dies kann mit
   - `train_dl_model`.

   gemacht werden. Die Prozedur erwartet:
   - das Handel des Modells `DLModelHandle`,

- das Dictionary mit den Informationen über den Datensatz, `DLDataset` ,
- das Dictionary mit den Trainingsparametern, `TrainParam`.

Nach einem erfolgreichen Training des Detektionsnetzes und des Posenschätzungsnetzes kann das kombinierte Deep 3D Matching-Modell für die Inferenz verwendet werden (siehe Abschnitt „Allgemeiner Workflow für Deep 3D Matching Inferenz“ oben).

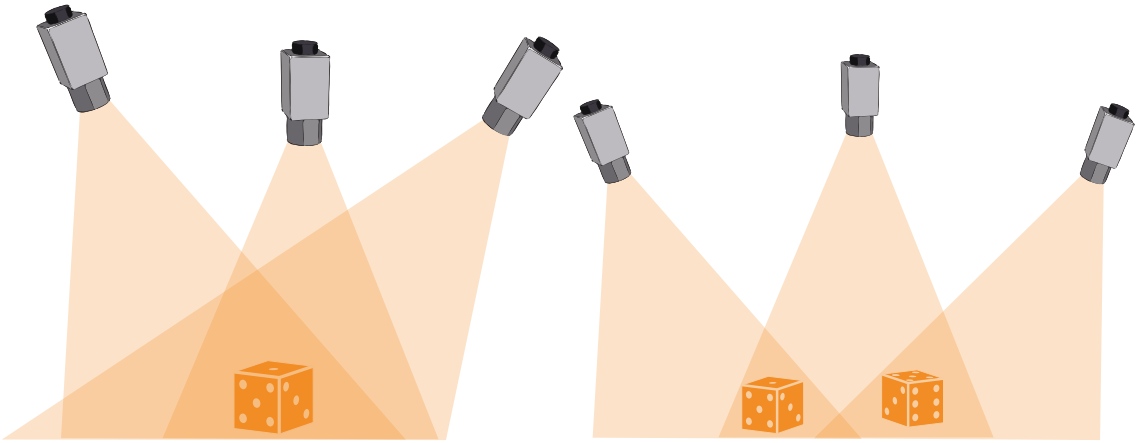
Daten

Dieser Abschnitt enthält Informationen zum Kamera-Setup und zu den Daten, welche für die Inferenz oder das Training eines Deep 3D Matching-Modells benötigt werden.

Für weitere Informationen zur Datenhandhabung wird auf das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen.

Mehrbild-Kamera-Setup Um Deep 3D Matching mit hoher Genauigkeit nutzen zu können, wird ein kalibriertes Stereo- oder Mehrbild-Setup benötigt. Im Vergleich zur Stereo-Rekonstruktion kann Deep 3D Matching mit stärker variierenden Kamerakonstellationen und -entfernungen umgehen. Außerdem ist es nicht erforderlich, 3D-Sensoren zu verwenden. Informationen zur Kalibrierung des verwendeten Aufbaus finden Sie im Kapitel Kalibrierung / Mehrbild.

Die zu erkennenden Objekte müssen aus zwei oder mehreren verschiedenen Perspektiven erfasst werden um daraus die 3D-Posen zu berechnen.



(1) (2)

Beispielsetups für Deep 3D Matching: Szenen werden von mehreren Kameras aufgenommen, die zu erkennenden Objekte müssen dabei nicht von jeder einzelnen Kamera gesehen werden (allerdings von mindestens zwei Kameras).

Daten für Training Die Trainingsdaten werden verwendet, um die beiden Komponenten eines Deep 3D Matching-Modells speziell für Ihre Anwendung zu trainieren und zu validieren. Die erforderlichen Trainingsdaten werden anhand von CAD-Daten erzeugt. Es werden synthetische Bilder des Objekts aus verschiedenen Blickwinkeln, bei verschiedenen Lichtverhältnissen und vor verschiedenen Hintergründen erstellt. Es ist zu beachten, dass keine realen Bilder erforderlich sind, die benötigten Daten werden nur auf der Grundlage des CAD-Modells generiert.

Die dafür benötigten Daten sind ein CAD-Modell und entsprechende Informationen über Material, Oberflächenbeschaffenheit und Farbe. Informationen über mögliche axiale und radiale Symmetrien können die generierten Trainingsdaten deutlich verbessern.

Anforderungen an DLDataset Für das Training des Deep 3D Matching- Modells muss der Datensatz Bilder mit Objekten enthalten, die mit rotierten umschließenden Rechtecken markiert sind. Die Informationen werden bei der Erzeugung der synthetischen Daten erstellt. Dies umfasst:

- `'class_ids'`: Klassen-IDs
- `'class_names'`: Klassennamen
- `'image_dir'`: Basispfad zu den Bildern
- `'orig_3d_model'`: 3D CAD-Modell

- 'samples': Tupel von Dictionarys, eines für jedes Sample
  - 'image_id': ID des Bildes
  - 'image_file_name': relativer Pfad und Dateiname des Bildes
  - 'bbox_row1': Zeilenkoordinate der oberen linken Ecke des umschließenden Rechtecks
  - 'bbox_col1': Spaltenkoordinate der oberen linken Ecke des umschließenden Rechtecks
  - 'bbox_row2': Zeilenkoordinate der unteren rechten Ecke des umschließenden Rechtecks
  - 'bbox_col2': Spaltenkoordinate der unteren rechten Ecke Ecke des umschließenden Rechtecks
  - 'bbox_label_id': Klassen-IDs der umschließenden Rechtecke
  - 'camera_parameter': Kameraparameter für das Bild
  - 'mask': Masken der Objektinstanzen
  - 'pose': Pose der Objekte in jedem umschließenden Rechteck (Tupel von HALCON-Posen)
  - 'visibility': Anteil der Sichtbarkeit der umschließenden Rechtecke

Bilder Das Modell stellt Anforderungen an Bilder, wie z.B. Bilddimensionen, Grauwertbereich und Typ. Für spezifische Werte der trainierbaren Komponenten des Deep 3D Matching-Modells, wird auf create_deep_matching_3d verwiesen. Für ein eingelesenes Netzwerk können die Werte mit get_dl_model_param abgefragt werden. Um diese Anforderungen zu erfüllen, müssen die Bilder eventuell vorverarbeitet werden. Die Standard-Vorverarbeitung für das ganze Sample, und damit auch für das Bild, kann mit Hilfe der Prozedur preprocess_dl_samples durchgeführt werden.

Modellausgabe des Trainings Der Operator gibt ein Dictionary DLTrainResult zurück, das den aktuellen Wert des Trainings-Loss sowie die Werte für alle anderen Losses enthält, die im Modell enthalten sind.

apply_deep_matching_3d (Images : : Deep3DMatchingModel, GenParamName, GenParamValue : DeepMatchingResults)

Bestimmen der Objektpose mit Hilfe von Deep 3D Matching.

Der Operator apply_deep_matching_3d findet Instanzen des Objekts, das im Deep3DMatchingModel definiert ist, in den Bildern Images und gibt die erkannten Instanzen sowie deren 3D Posen in DeepMatchingResults zurück.

Eingabebilder

Images muss ein Bildarray mit genau so vielen Bildern sein, wie Kameras im Deep 3D Matching-Modell festgelegt sind (siehe set_deep_matching_3d_param). Die Bildauflösungen müssen mit den Auflösungen der entsprechenden Kameraparameter übereinstimmen. Die Bilder müssen vom Typ *'byte'* sein und sie müssen 1 oder 3 Kanäle haben.

Parameter

Modellspezifische Parameter können vor dem Aufruf dieses Operators über set_deep_matching_3d_param gesetzt werden. Weitere Parameter, die nur spezifisch für diesen Aufruf von apply_deep_matching_3d sind, können in den generischen Parametern GenParamName und GenParamValue übergeben werden. Derzeit werden keine solchen Parameter unterstützt. GenParamName und GenParamValue sollten daher auf das leere Tupel *'[]'* gesetzt werden.

Deep Learning-Modelle

apply_deep_matching_3d verwendet Deep Learning-Technologie zur Erkennung der Objektinstanzen. Für eine effiziente Ausführung wird dringend empfohlen, geeignete Hardwarebeschleuniger zu verwenden und die Deep Learning-Modelle zu optimieren. Siehe get_deep_matching_3d_param, um zu erfahren, wie man die Deep Learning-Modelle abruft, um das Gerät festzulegen, auf dem sie ausgeführt werden, und optimize_dl_model_for_inference zur Optimierung der Modelle für bestimmte Hardware.

Detection Steps

1. **Objekterkennung** Das Deep Learning-Modell zur Objekterkennung wird verwendet, um Instanzen des Zielobjekts in allen Bildern zu finden.
2. **3D Pose-Schätzung** Das Modell zur Pose-Schätzung wird verwendet, um die 3D-Position aller in dem vorherigen Schritt gefundenen Instanzen zu schätzen. Positionen desselben Objekts, die in verschiedenen Bildern gefunden wurden, werden zu einer einzelnen Instanz kombiniert.

3. Pose-Verfeinerung Die im vorherigen Schritt gefundenen Positionen werden weiter verfeinert, indem sichtbare Kanten im Bild verwendet werden. Zusätzlich wird deren Bewertung berechnet.

4. Filtern der Ergebnisse Die erkannten Instanzen werden anhand der minimalen Bewertung (*'min_score'*), der minimalen Anzahl von Kameras, in denen Instanzen sichtbar sein müssen (*'min_num_views'*), sowie der maximalen Anzahl von zurückzugeben Instanzen (*'num_matches'*) gefiltert.

Ergebnisse

Die Ergebnisse werden in `DeepMatchingResults` als Dictionary zurückgegeben. Der Key des Dictionary *'results'* enthält alle erkannten Ergebnisse. Jedes Ergebnis hat die folgenden Key:

'score':
Die Bewertung der Ergebnisinstanz.

'pose':
Die Position der Ergebnisinstanz im Weltkoordinatensystem.

'cameras':
Ein Tupel von Ganzzahlen, das die Kameras enthält, in denen die Instanz erkannt wurde.

Parameter

▷ **`Images`** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / real
Eingabebilder.

▷ **`Deep3DMatchingModel`** (input_control) . . . . . deep_matching_3d ⇝ *handle*
Deep 3D Matching-Modell.

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Parameternamen.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / real / integer / handle
Parameterwerte.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {}

▷ **`DeepMatchingResults`** (output_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Ergebnisse.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Modul

3D Metrology

`create_deep_matching_3d` `( : : ObjectModel3D, Symmetry, GenParamName, GenParamValue : Deep3DMatchingModel )`

Erstellen eines Deep 3D Matching-Modells.

`create_deep_matching_3d` erstellt ein Deep 3D Matching-Modell zum Auffinden des 3D-Objektmodells `ObjectModel3D` und gibt es in `Deep3DMatchingModel` zurück.

Wenn das 3D-Objektmodell symmetrisch ist, müssen Symmetrieinformationen mit dem Parameter `Symmetry` gesetzt werden. Er definiert die Symmetrien des 3D-Objektmodells `ObjectModel3D` in einem Dictionary. Gegenwärtig werden diskrete Symmetrien unterstützt und im Dictionary Key *'symmetry_poses'* gesetzt mit einem Value

bestehend aus HALCON Posen (siehe create_pose). Alle Posen, die das Modell nach einer Transformation unverändert lassen, müssen definiert werden, einschließlich der Identitätspose. Standardmäßig ist der Parameter auf *'no_symmetry'* gesetzt (als String anstatt von einem Dictionary), das heißt, dass keine Symmetrien aktiviert sind.

create_deep_matching_3d liest intern vortrainierte Backbone-Netze ein und erstellt daraus die Modellkomponente für die Objektdetektion und für die Posenschätzung. Das Backbone für Posenschätzung wird für das spätere Training mit dem 3D-Objektmodell ObjectModel3D und möglicherweise seiner Symmetrieinformation gefüllt.

Das Verhalten des Operators kann durch Setzen von GenParamName auf den in GenParamValue übergebenen Wert gesteuert werden:

'backbone_name_detector': Legt das Backbone des Deep Learning-Modells für die Objektdetektion fest. Eine Liste möglicher Backbones findet sich in der Dokumentation von create_dl_model_detection.
Default: *'pretrained_dl_classifier_compact.hdl'*.

'backbone_name_pose_estimation': Legt das Backbone des Deep Learning-Modells für die Posenschätzung fest. HALCON stellt vortrainierte Backbone-Netze bereit, die für das Deep 3D Matching verwendet werden können. Die folgenden vortrainierten neuronalen Netze stehen zur Verfügung:

'pretrained_dl_3d_pose_estimation_compact.hdl':
Dies ist ein kleineres Netzwerk, das für einfachere Aufgaben geeignet ist und einen vergleichsweise niedrigeren Speicherverbrauch und geringere Laufzeit hat.
Das Netzwerk erwartet Eingabebilder vom Typ byte. Zusätzlich erfordert das Netzwerk spezifische Bildeigenschaften, welche über get_dl_model_param abgefragt werden können und hier aufgelistet sind.
'image_width': 256
'image_height': 256
'image_num_channels': 3
Restriktion: Die Netzwerkarchitektur erlaubt keine Änderungen der Bilddimensionen.

'pretrained_dl_3d_pose_estimation_enhanced.hdl':
Dies ist ein größeres Netzwerk, das für komplexere Aufgaben geeignet ist und einen höheren Speicherverbrauch und eine längere Laufzeit hat.
Das Netzwerk erwartet Eingabebilder vom Typ byte. Zusätzlich erfordert das Netzwerk spezifische Bildeigenschaften, welche über get_dl_model_param abgefragt werden können und hier aufgelistet sind.
'image_width': 256
'image_height': 256
'image_num_channels': 3
Restriktion: Die Netzwerkarchitektur erlaubt keine Änderungen der Bilddimensionen.

Werteliste: *'pretrained_dl_3d_pose_estimation_compact.hdl'*, *'pretrained_dl_3d_pose_estimation_enhanced.hdl'*.
Default: *'pretrained_dl_3d_pose_estimation_enhanced.hdl'*.

'detector_params': Dictionary mit Parametern zur Konfiguration vom Backbone des Deep Learning-Modells für die Objektdetektion. Eine Liste möglicher setzbarer Parameter findet sich in der Dokumentation von create_dl_model_detection.

Die für Deep 3D Matching verwendeten Deep Learning-Modelle können mit get_deep_matching_3d_param abgerufen werden und mit train_dl_model_batch trainiert werden.

Parameter

▷ **ObjectModel3D** (input_control) ..... object_model_3d ⇝ *handle*
Zu suchendes 3D-Modell.

▷ **Symmetry** (input_control) ..... attribute.value ⇝ *string* / handle
Symmetrien des 3D-Modells.
Default: 'no_symmetry'

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Parameternamen.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamName ∈ {'backbone_name_detector', 'backbone_name_pose_estimation'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / real / integer
Parameterwerte.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'pretrained_dl_classifier_compact.hdl',
'pretrained_dl_3d_pose_estimation_compact.hdl', 'pretrained_dl_3d_pose_estimation_enhanced.hdl'}

▷ **Deep3DMatchingModel** (output_control) . . . . . deep_matching_3d ⇝ *handle*
Deep 3D Matching-Modell.

Beispiel

```
* The following example demonstrates the setting of a discrete symmetry.
read_object_model_3d ('pipe_joint', 'm', [], [], ObjectModel3D, Status)
create_pose (0, 0, 0, 0, 0, 0, 'Rp+T', 'gba', 'point', OriginPose)
create_pose (0, 0, 0, 0, 0, 180, 'Rp+T', 'gba', 'point', SymmetryPose)
Symmetry := dict{symmetry_poses: [OriginPose, SymmetryPose]}
create_deep_matching_3d (ObjectModel3D, Symmetry, [], [], Deep3DMatchingModel)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Modul

3D Metrology

get_deep_matching_3d_param (: : Deep3DMatchingModel, GenParamName : GenParamValue)

Abrufen eines Parameters eines Deep 3D Matching-Modell.

Der Operator get_deep_matching_3d_param gibt die Parameterwerte von GenParamName für das Deep 3D Matching-Modell Deep3DMatchingModel in GenParamValue aus.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick, welche Parameter mit set_deep_matching_3d_param gesetzt werden können und welche mit get_deep_matching_3d_param abgefragt werden können.

GenParamName	set	get
'camera_parameter N'	x	x
'camera_pose N'	x	x
'delete_cameras'	x	
'dl_model_detection'	x	x
'dl_model_pose_estimation'	x	x
'min_num_views'	x	x
'min_score'	x	x
'num_matches'	x	x
'orig_3d_model'		x
'symmetry_type'		x
'symmetry_poses'		x

Im Folgenden werden die Parameter beschrieben:

'camera_parameter N', *'camera_pose N'*, *'delete_cameras'*:

Diese Parameter steuern die Kamera Einstellungen, welches für das Matching benutzt wird, z.B. die Kamera-Pose und Kameraparameter. *'delete_cameras'* kann mit einem leeren Tuple verwendet werden, um alle Kameras vom Deep 3D Matching-Modell zu löschen. Der Schlüssel um auf die Parameter der N'ten Kamera zuzugreifen sind *'camera_parameter N'* und *'camera_pose N'*, wobei N ein nullbasierter Index der Kamera ist. Zum Beispiel, um auf den Parameter der ersten Kamera zuzugreifen, nutze *'camera_parameter 0'* und *'camera_pose 0'*. Beachte, dass die Kameras der Reihe nach hinzugefügt werden müssen.

Desweiteren sollten die Kameraparameter keine zu starke Verzeichnung besitzen. Mit kleineren Verzeichnungen kann das Modell umgehen. Bei großen Verzeichnungen wird empfohlen, die Verzeichnung von den Kameraparametern und Bildern vorher zu entfernen, z.B. mit `change_radial_distortion_cam_par` in Kombination von `change_radial_distortion_image` oder `gen_radial_distortion_map` und `map_image`.

Die Kamera-Pose ist die Pose der Kamera in einem beliebigen Weltkoordinatensystem. Die Posen der erkannten Objekte werden in diesem Weltkoordinatensystem zurückgegeben. Die Winkel müssen in Grad angegeben werden und die Translationen müssen in der gleichen Einheit wie das 3D-CAD-Modell aus dem Deep 3D Matching-Modell sein.

'dl_model_detection', *'dl_model_pose_estimation'*:

Die Deep Learning-Modelle, die für Deep 3D Matching verwendet werden. Sie können abgerufen und zurückgeschrieben werden, um sie mit `train_dl_model_batch` zu trainieren, um sie mit `optimize_dl_model_for_inference` zu optimieren oder das Device zu wechseln, auf dem sie ausgeführt werden.

Es ist zu beachten, dass zum Setzen eines Posenschätzungsmodells, das Modell 3D-Information beinhalten muss, die in `create_deep_matching_3d` zu einem Backbone angehängt wurden.

'min_num_views':

Dieser Parameter bestimmt die minimale Anzahl von Kameras, in denen eine Instanz sichtbar sein muss, um von `apply_deep_matching_3d` zurückgegeben zu werden. Der Parameter kann entweder eine ganze Zahl größer als Null oder der String *'auto'* sein. Wenn *'auto'* verwendet wird, muss die Instanz in einer einzelnen Kamera sichtbar sein, falls nur eine Kamera verwendet wird, und in mindestens zwei Kameras, wenn mehrere Kameras verwendet werden.

Wertevorschläge: *'auto'*, *2*, *3*

Wertebereich: $\geq$ *0*

Default: *'auto'*

'min_score':

Dieser Parameter bestimmt die minimale Bewertung erkannter Instanzen. Mit anderen Worten: `apply_deep_matching_3d` ignoriert alle erkannten Instanzen mit einer Bewertung, die kleiner als dieser Wert ist. Die Bewertung, die vom Deep 3D Matching-Modell berechnet wird, liegt zwischen *0* und *1*, wobei *0* auf eine schlechte Übereinstimmung hinweist und *1* eine sehr gute Übereinstimmung darstellt.

Wertebereich: [*0*, ..., *1*]

Default: *0.2*

'num_matches':

Dieser Parameter bestimmt die maximale Anzahl von Übereinstimmungen, die von `apply_deep_matching_3d` zurückgegeben werden. Falls der Operator mehr Instanzen findet, als in *'num_matches'* festgelegt sind, werden nur die *'num_matches'* Instanzen mit den höchsten Bewertungen zurückgegeben. Dieser Parameter kann auf Null gesetzt werden, in welchem Fall alle Instanzen über *'min_score'* zurückgegeben werden.

Wertebereich: $\geq$ *0*

Default: *0*

'orig_3d_model':

Dieser Parameter gibt das ursprüngliche 3D-CAD-Modell zurück, das zur Erstellung des Deep 3D Matching-Modells verwendet wurde, siehe `create_deep_matching_3d`. Es kann zur Visualisierung der Erkennungsergebnisse verwendet werden.

'symmetry_type':

Dieser Parameter gibt den Symmetrietyp des ursprünglichen 3D-CAD-Modells zurück, das zur Erstellung des Deep 3D Matching-Modells verwendet wurde, siehe `create_deep_matching_3d`.

'symmetry_poses':

Für Deep 3D Matching-Modelle vom *'symmetry_type' 'discrete'* gibt dieser Parameter die Symmetrieposen

des ursprünglichen 3D-CAD-Modelltyps zurück, die zur Erstellung des Deep 3D Matching-Modells verwendet wurden, siehe create_deep_matching_3d.

Achtung

Deep 3D Matching erfordert, dass die Bilder nicht zu stark verzeichnet sind. Mit kleineren Verzeichnungen kann das Modell umgehen. Bei großen Verzeichnungen wird empfohlen, Verzeichnungen in den Kameraparametern und Bildern im Vorfeld zu entfernen, beispielsweise durch die Verwendung von change_radial_distortion_cam_par in Kombination mit change_radial_distortion_image oder gen_radial_distortion_map und map_image.

Parameter

- ▷ **Deep3DMatchingModel** (input_control) . . . . . deep_matching_3d ⇝ *handle*
  Deep 3D Matching-Modell.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Parametername.
  Default: 'min_score'
  Wertevorschläge: GenParamName ∈ {'min_score', 'num_matches', 'orig_3d_model', 'min_num_views', 'dl_model_detection', 'dl_model_pose_estimation', 'camera_parameter', 'camera_pose', 'symmetry_type', 'symmetry_poses'}
- ▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / real / integer / handle
  Parameterwert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Modul

3D Metrology

get_scene_engine_param (: : SceneEngine,
GenParamName : GenParamValue)

Abfragen eines Parameters des Datengenerierungs-Tools Scene Engine.

Der Operator get_scene_engine_param liest Parameterwerte einer bereits gestarteten Instanz der Scene Engine. Der Name des abzurufenden Parameters wird in GenParamName übergeben, der Wert wird in GenParamValue zurückgegeben.

Die folgenden Parameternamen werden unterstützt:

- *'assets'*: Gibt ein Dictionary zurück, das Informationen über die verfügbaren Assets enthält. Das Dictionary beinhaltet den Basispfad der Assets, welcher mit dem Operator set_scene_engine_param geändert werden kann, die verfügbaren *'tags'* und *'categories'*, sowie Informationen über die Asset-Quellen.
- *'devices'*: Gibt ein Tupel zurück, das die verfügbare Rendering-Hardware enthält.
- *'material_presets'*: Gibt ein Dictionary zurück, das vordefinierte Materialeigenschaften beinhaltet. Der Schlüssel jedes Eintrags im Dictionary ist der Name des jeweiligen Presets (z.B. *'metal'*). Der zugehörige Wert enthält die Rendering-Einstellungen, die eine Oberfläche des entsprechenden Materials nachbilden. Dies ermöglicht das Setzen der Oberflächen- bzw. Materialeigenschaften eines Objekts (siehe run_scene_engine).
- *'selected_device'*: Die aktuell für die Datengenerierung ausgewählte Hardware-Einheit. Siehe set_scene_engine_param, *'select_device_idx'*, um das ausgewählte Gerät zu ändern.
- *'version'*: Gibt einen String zurück, der die Version der Scene Engine beinhaltet.

Parameter

- ▷ **SceneEngine** (input_control) . . . . . scene_engine ⇝ *handle*
  Handle der Scene Engine-Verbindung.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Parameternamen.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'version', 'devices', 'selected_device', 'assets', 'material_presets'}
- ▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / real / integer / handle
  Parameterwerte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_scene_engine_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_scene_engine`, `set_scene_engine_param`

Nachfolger

`run_scene_engine`, `set_scene_engine_param`

Siehe auch

`create_deep_matching_3d`

Modul

3D Metrology

open_scene_engine (: : GenParamName, GenParamValue : SceneEngine)

Startet und verbindet sich zur Scene Engine, dem Tool zur Generierung synthetischer Daten.

Der Operator `open_scene_engine` startet das Datengenerierungs-Tool Scene Engine als Prozess und verbindet sich mit der gestarteten Instanz. Das Starten und Verbinden kann über die generischen Parameter `GenParamName` und `GenParamValue` konfiguriert werden.

Der gestartete Prozess wird automatisch beendet, wenn das in `SceneEngine` zurückgegebene Handle gelöscht wird. Dies ist üblicherweise der Fall, wenn kein Tupel mehr dieses Handle enthält. Alternativ kann der Prozess manuell beendet werden, in dem `clear_handle` auf das `SceneEngine`-Handle aufgerufen wird.

Suchpfade

Der Operator sucht die ausführbare Datei an den folgenden Orten und verwendet den ersten Treffer.

1. Der Wert des generischen Parameters *'executable'* (siehe unten).
2. Die Umgebungsvariable HALCON_SCENE_ENGINE, welche üblicherweise bei der Installation der Scene Engine gesetzt wird. Es ist zu beachten, dass der Wert von HALCON_SCENE_ENGINE am Ende *'/scene_engine'* (unter Linux) bzw. *'/scene_engine.exe'* (unter Windows) enthalten muss.
3. Die Datei *'run_scene_engine.sh'* (unter Linux) bzw. *'scene_engine.exe'* (unter Windows) im Standardinstallationspfad `$HALCONROOT/../SceneEngine-25.11`.

Zu beachten ist, dass das Tool korrekt installiert sein muss. Dies kann beispielsweise über den MVTec Software Manager (SOM) geschehen. Insbesondere müssen die notwendigen Bibliotheken für das Tool auffindbar sein. Unter Linux erfordert das die Erweiterung der Umgebungsvariable LD_LIBRARY_PATH um das Verzeichnis `/lib` der Scene Engine Installation:

```
LD_LIBRARY_PATH=/path/to/SceneEngine/lib:$LD_LIBRARY_PATH
```

Alternativ kann das Skript *'run_scene_engine.sh'* der Scene Engine Installation als Wert des generischen Parameters *'executable'* verwendet werden (siehe unten).

Speicherort der Assets

Assets sind 3D-Modelle, Texturen und Environment Maps, welche verwendet werden, um die generierten Bilder vielfältiger und realistischer zu machen. Die Assets müssen korrekt installiert sein, beispielsweise über den MVTec Software Manager (SOM). Die Umgebungsvariable HALCON_ASSET_DIR muss auf den Ordner der installierten Assets gesetzt sein. Alternativ kann der Ordner der Assets über den Operator `set_scene_engine_param` gesetzt werden. Um zu prüfen, dass die Assets korrekt von der Scene Engine gefunden wurden, kann der Operator `get_scene_engine_param` mit dem Argument *'assets'* verwendet werden.

Generische Parameter

Der Operator unterstützt die folgenden generischen Parameter, welche als Paare von Parametername und Parameterwert in `GenParamName` und `GenParamValue` übergeben werden können.

- *'debug_log_file'*: Ein String, der den Dateinamen und Pfad einer Debugdatei angibt, beispielsweise *'c:/temp/scene_engine.log'*. Ist ein Wert gesetzt, legt die geöffnete Scene Engine Instanz die entsprechende Datei an und schreibt Debuginformationen hinein.
- *'executable'*: Ein String, welcher den Ort der ausführbaren Datei der Scene Engine beinhaltet. Es ist zu beachten, dass der Wert von *'executable'* am Ende *'/scene_engine'* (unter Linux) bzw. *'/scene_engine.exe'* (unter Windows) enthalten muss. Unter Linux ist es auch möglich, das Skript *'run_scene_engine.sh'* der Scene Engine Installation als Wert von *'executable'* zu verwenden, sofern auch der vollständige Pfad zum Skript angegeben wird. Dieses Skript hilft beim korrekten Setzen der Umgebungsvariablen.
  Default: Siehe oben für die Standardsuchpfade.
- *'timeout'*: Nach dem Starten des Prozesses wartet der Operator *'timeout'* Sekunden auf die Verbindung durch den gestarteten Prozess. Falls sich der Prozess nicht innerhalb dieses Zeitraums verbindet, wird ein Fehler zurückgegeben. Wird der Timeout auf *0* gesetzt, bricht der Operator den Verbindungsversuch nicht ab.
  Default: *60.0*

Parameter

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Parameternamen.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'debug_log_file', 'executable', 'timeout'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / real / integer
Parameterwerte.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'c:/temp/scene_engine.log', '/tmp/scene_engine.log', 'scene_engine', 'scene_engine.exe', 10.0, 0}

▷ **`SceneEngine`** (output_control) . . . . . scene_engine ⇝ *handle*
Handle der Scene Engine-Verbindung.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `open_scene_engine` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`set_scene_engine_param`, `run_scene_engine`

Alternativen

`render_object_model_3d`, `disp_object_model_3d`

Siehe auch

create_deep_matching_3d

Modul

3D Metrology

read_deep_matching_3d (: : FileName : Deep3DMatchingModel)

Lesen eines Deep 3D Matching-Modells aus einer Datei.

Der Operator read_deep_matching_3d liest ein Deep 3D Matching-Modell. Diese Modelle müssen im HALCON Format vorliegen. Als Ergebnis wird das Handle Deep3DMatchingModel zurückgegeben.

Das Deep 3D Matching-Modell wird aus der Datei FileName geladen. Die HALCON Standard-Dateiendung eines Deep 3D Matching-Modells ist '.dm3'.

Zu beachten ist, dass die Werte laufzeitspezifischer Parameter nicht in der Datei abgespeichert werden, siehe write_deep_matching_3d. Folglich werden diese Parameter beim Einlesen des Modells mit ihrem Standardwert (siehe get_deep_matching_3d_param) initialisiert.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Dateiname
Dateiendung: .dm3

▷ **Deep3DMatchingModel** (output_control) . . . . . deep_matching_3d ⇝ *handle*
Handle des Deep 3D Matching-Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert read_deep_matching_3d den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

create_deep_matching_3d

Nachfolger

set_deep_matching_3d_param, get_deep_matching_3d_param, apply_deep_matching_3d

Alternativen

create_deep_matching_3d

Modul

3D Metrology

run_scene_engine (: : SceneEngine, GenerationParams : GeneratedData)

Generieren synthetischer Daten mittels Scene Engine.

Der Operator run_scene_engine generiert synthetische Daten mittels der laufenden SceneEngine, welche zuvor mit open_scene_engine gestartet wurde. Die Datengenerierung wird über das Dictionary GenerationParams gesteuert, die generierten Daten werden in GeneratedData zurückgegeben.

Der Operatoraufruf ist erst beendet, wenn die Scene Engine die Generierung abgeschlossen hat.

Es wird empfohlen, das Dictionary mit den Parametern zur Datengenerierung mithilfe der Prozeduren `create_scene_engine_run_params` und `set_scene_engine_run_param` zu erstellen. Diese bieten eine benutzerfreundliche Möglichkeit, die verschiedenen Einstellungen für die meisten Anwendungsfälle zu verwalten.

Schritte der Datengenerierung

Die Datengenerierung wird in fünf Schritten durchgeführt:

1. **Physiksimulation**: In diesem Schritt werden die Positionen (Posen) der verschiedenen Objekte erzeugt, indem diese mittels einer Physiksimulation fallen gelassen werden. Die Objekte werden entweder auf eine Ebene oder in eine Box fallen gelassen.

   Das Parameter-Dictionary kann verwendet werden, um die Anzahl der in die Szene fallengelassenen Instanzen festzulegen sowie zusätzliche „Störobjekte“ einzufügen.
2. **Material- und Assetverwaltung**: In diesem Schritt werden die Oberflächeneigenschaften der Objekte festgelegt. Für jedes Objekt, inklusive der Grundebene und der Box, kann dies entweder eine einheitliche Einstellung über die gesamte Objektoberfläche sein oder Textur- und Materialkarten, die die Oberflächeneigenschaften punktweise festlegen.
3. **Kameraplatzierung**: In diesem Schritt werden die virtuellen Kameras derart in der Szene platziert, dass sie zumindest teilweise die Zielobjekte sehen.

   Die Parameter ermöglichen die Festlegung der Anzahl der Kameras, des Abstands der Kameras zum Objekt, der Rotation um die z-Achse, der Kameraneigung (Elevation) sowie der minimalen Objektoberfläche, die sichtbar sein muss.
4. **Meta-Informationen** In diesem Schritt werden Meta-Informationen für jede Kameraperspektive berechnet, die später dabei helfen, Ground-Truth-Daten für Deep Learning zu erzeugen.
5. **Rendering**: In diesem Schritt werden fotorealistische Bilder der Szene berechnet, wofür die platzierten Objekte und ihre Oberflächeneigenschaften sowie die Kamerapositionen aus den vorherigen Schritten verwendet werden.

Parameter für die Datengenerierung

Die Datengenerierung wird über ein Dictionary gesteuert, welches in `GenerationParams` übergeben wird. Wie oben erwähnt wird empfohlen, die Prozeduren zu verwenden, um dieses Dictionary aufzubauen und zu verändern (`create_scene_engine_run_params` und `set_scene_engine_run_param`).

Um die Erzeugung von Daten mit hoher Variation zu ermöglichen, erlauben viele Werte zusätzlich die Definition eines Intervalls anstelle eines einzelnen Werts. Die Scene Engine wählt dann bei Bedarf zufällig einen Wert aus diesem Intervall aus. Ein Intervall wird durch ein Tupel aus minimalem und maximalem Wert festgelegt. Für Parameter, die drei Werte erfordern, wie beispielsweise RGB-Werte, kann eine konkrete Konstellation bestehend aus einem Tupel mit drei Werten übergeben werden, oder ein Intervall festgelegt werden, indem ein Tupel mit sechs Einträgen übergeben wird, welches die drei Minimalwerte gefolgt von den drei Maximalwerten enthält.

Zum Beispiel: Wenn `cameras.elevation` auf *60* gesetzt ist, beträgt die Kameraneigung relativ zur Bodenebene stets *60* Grad. Wenn stattdessen *[40,90]* angegeben wird, wird für jede Kamera zufällig eine Neigung zwischen *40* und *90* Grad ausgewählt.

Wenn `base_color` auf *[0.2, 0, 0]* gesetzt ist, wird Rot auf *0.2* gesetzt, während Grün und Blau den Wert *0* erhalten. Wird hingegen *[0.2, 0, 0, 0.5, 0, 0.1]* angegeben, so liegt der Rotwert zwischen *0.2* und *0.5*, Grün bleibt bei *0.0*, und Blau liegt zwischen *0.0* und *0.1*.

Im Dictionary `GenerationParams` können folgende Werte gesetzt werden:

'cameras'
: Dieses Dictionary steuert die Platzierung der Kameras in der virtuellen Szene während der *'cameras'*-Stufe.

  'cameras.distance_to_object'
  : Abstand der virtuellen Kameras zum platzierten Objekt. Beim Platzieren einer Kamera wird eines der Zielobjekte mit dem Typnamen *'part'* ausgewählt und im Bildzentrum positioniert. Die Kamera wird anschließend um den angegebenen Abstand von diesem Objekt entfernt positioniert.
    Wertevorschläge: Objektdurchmesser * *[1,3]*
    Wertebereich: > 0

'cameras.elevation'
Kameraneigung relativ zur Bodenebene in Grad. Eine Neigung von *90* Grad entspricht einem senkrechten Blick von oben auf die Ebene, während *0* Grad einer Kamera entspricht, die flach auf der Ebene liegt.
Wertebereich: [*0*, *90*]
Wertevorschläge: [*20*, *90*]

'cameras.field_of_view_y'
Vertikaler Sichtwinkel der Kamera in Grad. Kleinere Sichtwinkel simulieren Kameras mit längerer Brennweite.
Wertebereich: [*0*, *170*]
Wertevorschläge: [*40*, *90*]

'cameras.in_plane_rotation'
Rotation in Bildebene, d.h. Rotation um die z-Achse der Kamera, in Grad. Um die Rotation zu deaktivieren (also alle Kameras aufrecht auszurichten), sollte dieser Wert auf Null gesetzt werden.
Wertebereich: [*-360*, *360*]
Wertevorschläge: [*-180*, *180*]

'cameras.num_cameras'
Anzahl der zu platzierenden Kameras.
Wertebereich: [*1*, *100*]
Default: *15*

'cameras.width', *'cameras.height'*
Die Auflösung der erzeugten Kameras.
Wertebereich: [*100*, *10000*]
Default: *'cameras.width'*: 900, *'cameras.height'*: 600

'environment_map'
Dieses Dictionary steuert die Environment Map, die in der Szene verwendet wird. Die Environment Map bestimmt sowohl den Hintergrund der Szene als auch die Lichtquellen. Es wird empfohlen, eine Environment Map aus der Asset-Bibliothek zu verwenden, da diese Variationen in Hintergrund und Beleuchtung bieten.

'environment_map.base_color'
Für *'environment_map.type' 'individual'* ist dies die Farbe der Environment Map in normalisierten (RGB)-Werten.
Wertebereich: [*0*, *1*] für jede Komponente
Wertevorschläge: [*1*, *0*, *0*]

'environment_map.tags', *'environment_map.categories'*
Ein Tupel aus Strings. Für *'environment_map.type' 'asset'* können diese Werte verwendet werden, um die Auswahl der verwendeten Assets weiter zu filtern. Eine Liste verfügbarer *'tags'* und *'categories'* kann mit `get_scene_engine_param` erstellt werden.

'environment_map.type'
Der Typ der Environment Map. Wenn der Wert auf *'asset'* gesetzt ist, wird eine zufällige Environment Map aus der Asset-Bibliothek verwendet. Wenn der Wert auf *'individual'* gesetzt ist, wird eine einfarbige Environment Map verwendet.
Werteliste: *'asset'*, *'individual'*
Default: *'asset'*.

'objects'
Dieses Dictionary steuert die Objekttypen und ihre Materialien. Der Wert ist ein Dictionary. Die Schlüssel enthalten die Namen der Objekttypen und sind jeweils einem Dictionary zugeordnet, das die Eigenschaften des Objekttyps beschreibt.

Die möglichen Werte in den Dictionaries werden in einem Abschnitt weiter unten beschrieben.

Einige Objektnamen sind vordefiniert und werden speziell behandelt: *'part'* bezieht sich immer auf den „Haupt"-Objekttyp, typischerweise derjenige, für den ein Datensatz erstellt wird. *'box'* und *'ground_plane'* steuern die Materialien von Boxen und der Bodenebene, die in der Physikstufe erzeugt werden.

Wertevorschläge: Siehe Abschnitt „Objekteinstellungen" weiter unten.

'objects.myobject1', *'objects.foobar'*
Dictionaries mit Informationen über zusätzliche benutzerdefinierte Objekttypen.

'objects.part', *'objects.box'*, *'objects.ground_plane'*
Dictionary mit Details zum Hauptobjekt (*'part'*), der Box, in die Objekte fallen (*'box'*), und der Bodenebene (*'ground_plane'*).

'physics'

Dictionary mit Einstellungen für die *'physics'*-Stufe.

'physics.box_probability'

Wahrscheinlichkeit, dass eine Box in der Szene enthalten ist, als Zahl.
Wertebereich: [*0*, . . . , *1*]
Default: *0.5*

'physics.box_width', *'physics.box_height'*, *'physics.box_length'*, *'physics.box_wall_width'*

Wenn eine Box in die Szene eingefügt wird, bestimmen diese Werte deren Größe.
Wertebereich: > 0
Wertevorschläge: Objektdurchmesser mal *4*, *3*, *5* bzw. *0.2*

'renderer'

Dictionary mit zusätzlichen Parametern für den fotorealistischen Renderer. Derzeit können keine Parameter gesetzt werden.

'scene'

Anstatt die *'physics'*-Stufe auszuführen, um eine neue Szene zu erstellen, kann eine bestehende Szene in diesem Feld übergeben werden. Dies kann verwendet werden, um eine Szene nach manuellen Anpassungen beispielsweise der Materialien oder Kamerapositionen erneut zu rendern.

Der Wert dieses Feldes ist ein Dictionary und ist üblicherweise das `GeneratedData` eines vorherigen Laufs von `run_scene_engine`.

Achtung: Wird typischerweise nicht gesetzt, ansonsten `GeneratedData` eines vorherigen Aufrufs.

'stages'

Ein Tupel, das die auszuführenden Stufen enthält. Für einen vollständigen Durchlauf sollte dieses Tupel *'physics'*, *'materials'*, *'cameras'*, *'rendering'* enthalten.

Stufen können übersprungen werden, wenn eine bestehende Szenenbeschreibung im Feld *'scene'* übergeben wird (siehe oben), oder wenn beispielsweise nur die physikalische Szene, aber keine gerenderten Bilder benötigt werden.

Es ist zu beachten, dass die Metainformationen in der Kamera-Suchstufe (*'cameras'*) berechnet werden. Die Stufe *'meta_info'* kann also übersprungen werden, wenn die Stufe *'cameras'* aktiv ist. Wenn jedoch feste Kamerapositionen und -parameter im Feld *'scene'* übergeben werden, kann die Stufe *'meta_info'* verwendet werden, um die Metainformationen zu berechnen, ohne die Kamerasuche auszuführen.

Werteliste: *'physics'*, *'materials'*, *'cameras'*, *'meta_info'*, *'rendering'*.

Objekteinstellungen

Das Feld *'objects'* im Konfigurations-Dictionary definiert die Details aller Objekte, die in der Szene platziert und gerendert werden sollen, einschließlich des Objekts, der Box, des Hintergrunds und aller benutzerdefinierten Objekte.

'material'

Ein Dictionary, das das Material des Objekts beschreibt.

'material.base_color'

Die Grundfarbe des Objekts im (RGB)-Format. Diese Einstellung kann für die Materialtypen *'preset'* oder *'individual'* verwendet werden. Für *'preset'* kann damit beispielsweise roter Kunststoff erzeugt werden.
Wertebereich: [*0*, *1*] für jede Komponente
Wertevorschläge: [*1*, *0*, *0*]

'material.metallic', *'material.roughness'*, *'material.ior'*, *'material.transmission'*, *'material.diffuse_roughness'*, *'material.shee*

Verteilung eines oder dreier Werte (für *'material.sheen_tint'* und *'material.coat_tint'*). Für den Typ *'individual'* definieren diese Werte die physikalisch basierten Rendering-Eigenschaften (PBR) des Objekts. Die Parameter werden weiter unten im Abschnitt „Individuelle Materialien“ näher beschrieben.

'material.preset'

Für *'material.type' 'preset'* legt dieses Feld den Namen des zu verwendenden Presets fest. Eine Liste der verfügbaren Namen kann über `get_scene_engine_param` abgefragt werden.
Werteliste: *'plastic'*, *'plastic_clear'*, *'metal'*, *'metal_shiny'*, *'glass'*.

'material.tags', *'material.categories'*

Ein Tupel aus Strings. Für *'material.type' 'asset'* können diese Werte verwendet werden, um die Auswahl der verwendeten Assets weiter zu filtern. Eine Liste verfügbarer *'tags'* und *'categories'* kann mit `get_scene_engine_param` erstellt werden.

'material.type'
Materialtyp. *'asset'* ist ein Material, das aus der Asset-Bibliothek geladen wird, typischerweise eine physikalisch realistische Textur. *'preset'* ist ein vordefiniertes, einheitliches Material, wie beispielsweise Kunststoff oder Metall, das zusätzlich über eine Farbe angepasst werden kann. *'individual'* ist ein vom Benutzer definiertes, einheitliches Material. Details zu den Parametern der jeweiligen Typen sind in den folgenden Abschnitten beschrieben.
Werteliste: *'asset'*, *'preset'*, *'individual'*.

'material.use'
Wenn dieser Wert auf *'fallback'* gesetzt ist, wird das definierte Material nur angewendet, wenn das Objekt noch kein Material enthält. Wenn der Wert auf *'always'* gesetzt ist, wird das definierte Material immer angewendet. Dies kann verwendet werden, um ein Ersatzmaterial für Störobjekte zu definieren, die aus der Asset-Bibliothek geladen werden und manchmal bereits ein eigenes Material oder eine eigene Textur enthalten.
Werteliste: *'always'*, *'fallback'*
Default: *'fallback'*.

'num_instances'
Eine Verteilung, die die Anzahl der Instanzen beschreibt, die für diesen Objekttyp erstellt werden sollen.
Wertebereich: ≥ 0
Wertevorschläge: [*1*, *4*]

3D Mesh

Um das 3D-Mesh des Objekttyps zu definieren, das für die Physiksimulation und das Rendering verwendet wird, muss eines der folgenden drei Felder gesetzt werden: `mesh_fname`, `mesh` oder `mesh_asset`.

'mesh'
3D Objektmodell, das das Mesh enthält, das für das Modell verwendet werden soll. Wenn *'mesh'* gesetzt ist, muss das 3D Objektmodell mindestens Punkte und Flächen enthalten.

'mesh_asset'
Dictionary mit der Spezifikation des für das Modell zu verwendenden Assets. Ist *'mesh_asset'* gesetzt, wird das Objekt zufällig aus den verfügbaren Assets ausgewählt. Es ist zu beachten, dass viele Assets bereits eine Textur enthalten.

'mesh_asset.tags', *'mesh_asset.categories'*
Ein Tupel aus Strings. Für asset-Meshes können diese Werte verwendet werden, um die Auswahl der verwendeten Assets weiter zu filtern. Eine Liste verfügbarer *'tags'* und *'categories'* kann mit `get_scene_engine_param` erstellt werden.

'mesh_fname'
Dateiname des Meshes, das für das Modell verwendet werden soll. Wenn gesetzt, wird das Objekt aus dieser Datei eingelesen. Weitere Informationen zu unterstützten Dateiformaten sind unter `read_object_model_3d` zu finden.
Wertevorschläge: *'pipe_joint'*

Vordefinierte Materialien

Bei Verwendung von *'material.type' 'preset'* stehen die folgenden Materialien zur Verfügung. Diese Materialien können durch Festlegen der Farbe im Feld *'material.base_color'* weiter angepasst werden.

Standardmaterialien, die in der Scene Engine verfügbar sind, von links nach rechts: Kunststoff (*'plastic'*), Kunststoff mit Klarlack (*'plastic_clear'*), Metall (*'metal'*), glänzendes Metall (*'metal_shiny'*), und Glas (*'glass'*). Es ist zu beachten, dass die Farbe jedes Materials zusätzlich angepasst werden kann.

Es ist möglich, die Parameter dieser Materialien weiter zu verfeinern. Dazu können ihre detaillierten Einstellungen über `get_scene_engine_param` abgefragt werden. Die Einstellungen können anschließend angepasst und im *'material'*-Dictionary gesetzt werden, wobei *'material.type'* auf *'individual'* gesetzt werden muss.

Individuelle Materialien

Wenn der Wert *'material.type'* auf *'individual'* gesetzt ist, können physikalisch basierte Rendering-Eigenschaften (PBR) des Materials festgelegt werden. Die folgenden Bilder zeigen, wie die wichtigsten dieser Einstellungen die resultierenden Materialien beeinflussen.

Es wird empfohlen, keine einzelnen Werte zu setzen, sondern Verteilungen für jeden Wert anzugeben. Dies fügt den generierten Daten Variation hinzu, wodurch die auf diesen Daten trainierte Netze besser generalisieren.

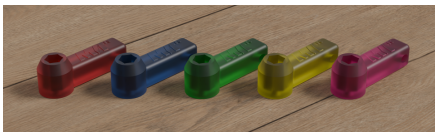
Es ist zu beachten, dass `get_scene_engine_param` verwendet werden kann, um die PBR-Eigenschaften (als Verteilungen) der voreingestellten Materialien abzurufen. Diese können als Ausgangsbasis zur Feinabstimmung eines Materials genutzt werden.

Weitere Details zu den Parametern sind im unten in der *'References'*-Sektion aufgeführten Paper beschrieben.

Blaue Kunststoffteile mit Rauheit (`roughness`) von *0.0* (links) bis *1.0* (rechts).

Unterschiedliche Farben (`base_color`) für Kunststoffteile der selben Rauheit (`roughness`).

Unterschiedliche Farben (`base_color`) für Metallteile der selben Rauheit (`roughness`).



Unterschiedliche Farben (`base_color`) für Glas der selben Lichtdurchlässigkeit (`transmission`).

Unterschied zwischen Klarlackwerten (`clear coat`) von *0.0* bis *1.0* mit der selben Rauheit (`roughness`) (obere Reihe) und Rauheitswerten (`roughness`) von *0.0* bis *1.0* (untere Reihe) auf Metallteilen.

Parameter

- ▷ **`SceneEngine`** (input_control) ..... scene_engine ⇝ *handle*
  Handle der Scene Engine-Verbindung.
- ▷ **`GenerationParams`** (input_control) ..... dict ⇝ *handle*
  Parameter für die Datengenerierung.
- ▷ **`GeneratedData`** (output_control) ..... dict ⇝ *handle*
  Generierte Daten.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `run_scene_engine` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_scene_engine`, `set_scene_engine_param`, `get_scene_engine_param`

Alternativen

`render_object_model_3d`, `disp_object_model_3d`

Siehe auch

`create_deep_matching_3d`

Literatur

Burley, Brent, and Walt Disney Animation Studios: „Physically-based shading at disney.“ Acm Siggraph. 2012.

Modul

3D Metrology

set_deep_matching_3d_param (: : Deep3DMatchingModel, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen eines Deep 3D Matching-Modell Parameters.

Der Operator `set_deep_matching_3d_param` setzt die ausgewählten Parameter `GenParamName` im Deep 3D Matching-Modell `Deep3DMatchingModel` auf die in `GenParamValue` übergebenen Werte.

Die möglichen Parameter werden in `get_deep_matching_3d_param` aufgelistet und beschrieben.

Parameter

▷ **Deep3DMatchingModel** (input_control) . . . . . deep_matching_3d ⇝ *handle*
Deep 3D Matching-Modell.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Parametername.
Default: 'min_score'
Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'min_score', 'num_matches', 'min_num_views', 'dl_model_detection', 'dl_model_pose_estimation', 'camera_parameter', 'camera_pose', 'delete_cameras'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / real / integer / handle
Parameterwert.
Default: 0.2

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Modul

3D Metrology

set_scene_engine_param (: : SceneEngine, GenParamName, GenParamValue :)

Setzt Parameter für das Datengenerierungs-Tool Scene Engine.

Der Operator `set_scene_engine_param` setzt Parameterwerte für eine bereits gestartete Instanz der Scene Engine. Der Name des Parameters wird in `GenParamName` übergeben, der zugehörige Wert in `GenParamValue`.

Die folgenden Parameter werden unterstützt:

- *'asset_path'*: Ein String, welcher den Suchpfad zu den Assets beinhaltet (siehe open_scene_engine). Beim Starten der Scene Engine werden die Assets in dem in der Umgebungsvariablen HALCON_ASSET_DIR gesetzten Ordner gesucht.
  Default: Der Wert der Umgebungsvariablen HALCON_ASSET_DIR
- *'select_device_idx'*: Ein Index, welcher die Hardware-Einheit (GPU) auswählt, welche die Scene Engine für die Generierung der Daten verwenden soll. Der Index entspricht dem Eintrag in der Liste, welcher von get_scene_engine_param mit dem Parameter *'devices'* zurückgegeben wird.
  Die Hardware-Einheit muss vor dem ersten Aufruf von run_scene_engine ausgewählt werden. Es ist nicht möglich, sie nach dem ersten Aufruf von run_scene_engine zu ändern.
  Default: *0*

Parameter

▷ **SceneEngine** (input_control) . . . . . scene_engine ⇝ *handle*
Handle der Scene Engine-Verbindung.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Parameternamen.
Default: 'asset_path'
Wertevorschläge: GenParamName ∈ {'asset_path', 'select_device_idx'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / real / integer / handle
Parameterwerte.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert set_scene_engine_param den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_scene_engine, get_scene_engine_param

Nachfolger

run_scene_engine, get_scene_engine_param

Siehe auch

create_deep_matching_3d, get_scene_engine_param

Modul

3D Metrology

write_deep_matching_3d (: : Deep3DMatchingModel, FileName :)

Abspeichern eines Deep 3D Matching-Modells in eine Datei.

write_deep_matching_3d speichert das Deep 3D Matching-Modell Deep3DMatchingModel in der Datei FileName ab. Zu beachten ist, dass die Werte der laufzeitspezifischen Parameter *'device'* und *'batch_size'* der Deep Learning Modelle nicht abgespeichert werden.

Die HALCON Standard-Dateiendung eines Deep 3D Matching-Modells ist '.dm3'.

Das Deep 3D Matching-Modell kann mit read_deep_matching_3d eingelesen werden.

Parameter

▷ **Deep3DMatchingModel** (input_control) . . . . . deep_matching_3d ⇝ *handle*
Handle des Deep 3D Matching-Modells.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Dateiname
Dateiendung: .dm3

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `write_deep_matching_3d` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_deep_matching_3d`, `set_deep_matching_3d_param`

Nachfolger

`clear_handle`

Modul

3D Metrology

3.4 Deformierbar Oberflächenbasiert

```
add_deformable_surface_model_reference_point (
    : : DeformableSurfaceModel, ReferencePointX, ReferencePointY,
    ReferencePointZ : ReferencePointIndex )
```

Hinzufügen eines Referenzpunktes zu einem deformierbaren Oberflächenmodell.

Der Operator `add_deformable_surface_model_reference_point` fügt dem deformierbaren Oberflächenmodell `DeformableSurfaceModel` einen oder mehrere Referenzpunkte hinzu. Die 3D-Koordinaten der Referenzpunkte werden in den Parametern `ReferencePointX`, `ReferencePointY` und `ReferencePointZ` übergeben. Der Index der neuen Referenzpunkte wird in `ReferencePointIndex` zurückgegeben.

Referenzpunkte werden in Modellkoordinaten definiert, d.h. im Koordinatensystem des an `create_deformable_surface_model` übergebenen 3D-Objektmodells. Die Operatoren `find_deformable_surface_model` und `refine_deformable_surface_model` liefern die Lage aller hinzugefügten Referenzpunkte zurück, so wie diese in der Szene gefunden wurden.

Parameter

▷ **DeformableSurfaceModel** (input_control) . . . . . deformable_surface_model ⇝ *handle*
Handle des deformierbaren Oberflächenmodells.

▷ **ReferencePointX** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real* / integer
X-Koordinaten der Referenzpunkte.

▷ **ReferencePointY** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real* / integer
Y-Koordinaten der Referenzpunkte.

▷ **ReferencePointZ** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real* / integer
Z-Koordinaten der Referenzpunkte.

▷ **ReferencePointIndex** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Indizes der hinzugefügten Referenzpunkte.

Ergebnis

Wenn alle Parameter korrekt sind liefert `add_deformable_surface_model_reference_point` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DeformableSurfaceModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_deformable_surface_model`, `read_deformable_surface_model`

Nachfolger

`find_deformable_surface_model`, `refine_deformable_surface_model`, `write_deformable_surface_model`

Siehe auch

`create_deformable_surface_model`, `find_deformable_surface_model`, `refine_deformable_surface_model`

Modul

3D Metrology

add_deformable_surface_model_sample (: : DeformableSurfaceModel, ObjectModel3D :)

Fügt einem deformierbaren Oberflächenmodell ein Deformationsbeispiel hinzu.

Der Operator `add_deformable_surface_model_sample` fügt dem deformierbaren Oberflächenmodell `DeformableSurfaceModel` die in `ObjectModel3D` übergebene Deformation als Beispiel hinzu. Das Modell ist anschließend in der Lage, Deformationen zu erkennen die dem Beispiel ähneln. Die in `ObjectModel3D` übergebene Punktwolke muss genau so viele Punkte enthalten wie das abgetastete Modell und ist üblicherweise ein Ergebnis von `find_deformable_surface_model` oder `refine_deformable_surface_model`. Das deformierbare Oberflächenmodell muss vorher bereits erstellt worden sein, z.B. mit `create_deformable_surface_model`.

Parameter

▷ **DeformableSurfaceModel** (input_control) . . . . . deformable_surface_model ⇝ *handle*
Handle des deformierbaren Oberflächenmodells.

▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des deformierten 3D-Objektmodells

Ergebnis

Wenn alle Parameter korrekt sind liefert `add_deformable_surface_model_sample` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DeformableSurfaceModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_deformable_surface_model`, `find_deformable_surface_model`, `refine_deformable_surface_model`

Nachfolger

find_deformable_surface_model, refine_deformable_surface_model, get_deformable_surface_model_param, write_deformable_surface_model, clear_deformable_surface_model

Alternativen

read_deformable_surface_model

Siehe auch

find_deformable_surface_model, refine_deformable_surface_model, read_deformable_surface_model, create_deformable_surface_model, write_deformable_surface_model, clear_deformable_surface_model

Modul

3D Metrology

clear_deformable_surface_matching_result (: : DeformableSurfaceMatchingResult :)

Freigabe eines Ergebnisses des deformierbaren oberflächenbasierten Matchings.

clear_deformable_surface_matching_result gibt den Speicher eines Ergebnisses des deformierbaren oberflächenbasierten Matchings frei, welches mit find_deformable_surface_model oder refine_deformable_surface_model angelegt wurde. Das Ergebnis kann nach dem Aufruf nicht mehr verwendet werden. Das Handle DeformableSurfaceMatchingResult ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **DeformableSurfaceMatchingResult** (input_control) .....
deformable_surface_matching_result(-array) ⇝ *handle*

Ergebnishandle des deformierbaren oberflächenbasierten Matchings.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert clear_deformable_surface_matching_result den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DeformableSurfaceMatchingResult

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

find_deformable_surface_model, refine_deformable_surface_model

Siehe auch

find_deformable_surface_model, refine_deformable_surface_model

Modul

3D Metrology

clear_deformable_surface_model (: : DeformableSurfaceModel :)

Freigabe des Speichers eines deformierbaren Oberflächenmodells.

clear_deformable_surface_model gibt den Speicher eines deformierbaren Oberflächenmodells, welches z.B. mit create_deformable_surface_model angelegt wurde, wieder frei. Das Modell kann nach dem Aufruf nicht mehr verwendet werden. Der Handle DeformableSurfaceModel ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **DeformableSurfaceModel** (input_control) . . . . . deformable_surface_model(-array) ⇝ *handle*
Handle des deformierbaren Oberflächenmodells

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert clear_deformable_surface_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DeformableSurfaceModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

read_deformable_surface_model, create_deformable_surface_model

Siehe auch

read_deformable_surface_model, create_deformable_surface_model

Modul

3D Metrology

create_deformable_surface_model (: : ObjectModel3D,
RelSamplingDistance, GenParamName,
GenParamValue : DeformableSurfaceModel)

Erstellt die für deformierbares oberflächenbasiertes Matching notwendigen Datenstrukturen.

create_deformable_surface_model erstellt aus dem 3D-Objektmodell ObjectModel3D ein Modell für deformierbares oberflächenbasiertes Matching. Das 3D-Oberflächenmodell kann beispielsweise mittels read_object_model_3d aus einer Datei gelesen worden sein oder mittels xyz_to_object_model_3d erstellt worden sein. Das Handle des erstellten Oberflächenmodells wird in DeformableSurfaceModel zurückgegeben.

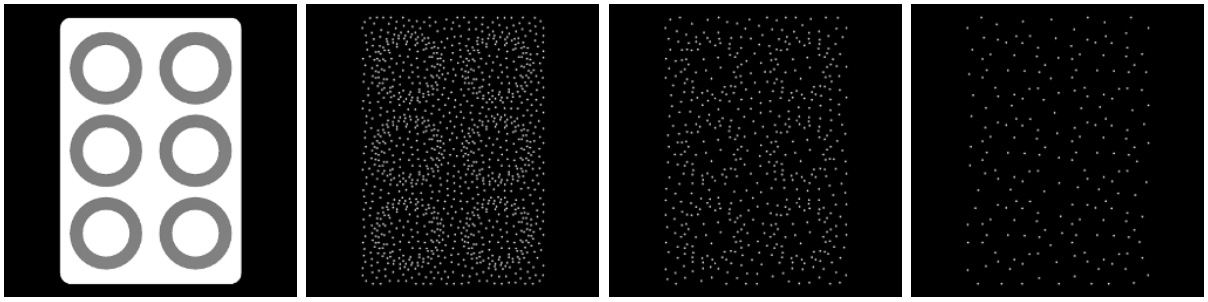
Für die Erstellung des deformierbaren Oberflächenmodells aus dem 3D-Objektmodell werden Punkte und Normalen aus dem 3D-Objektmodell benötigt. Hier sind die folgenden Kombinationen möglich:

- Punkte und Punktnormalen, z.B. aus einem Aufruf von surface_normals_object_model_3d
- Punkte und ein Dreiecks- oder Polygongitter, z.B. aus einer CAD-Datei
- Punkte und ein 2D-Mapping, z.B. für 3D-Objektmodelle, die mittels xyz_to_object_model_3d erstellt wurden

Es ist zu beachten, dass die Richtung und Ausrichtung (einwärts oder auswärts) der Normalen des Modells wichtig für das Matching sind.

Für das deformierbare Oberflächenmodell wird die Oberfläche des 3D-Objektmodells mit einem bestimmten Abstand abgetastet. Die Abtastdistanz wird im Parameter RelSamplingDistance spezifiziert, und wird relativ zum Durchmesser des umschließenden achsenparallelen Quaders angegeben. Wird z.B. RelSamplingDistance auf *0.05* gesetzt und ist der Durchmesser von ObjectModel3D gleich 10 cm, dann

haben die Punkte der abgetasteten Oberfläche einen Abstand von etwa 5 mm. Die abgetasteten Punkte werden für das Matching in `find_deformable_surface_model` verwendet. Die abgetasteten Punkte können mit dem Operator `get_deformable_surface_model_param` als *'sampled_model'* abgerufen werden. Es ist zu beachten, dass einzelne Ausreißerpunkte im 3D-Objektmodell den Durchmesser des umschließenden Quaders deutlich verändern können, was aufgrund der relativen Parametrisierung die Abtastdistanz stark stören kann. Ausreißerpunkte im 3D-Objektmodell sind daher vor dem Aufruf des Operators zu entfernen. Verringert man `RelSamplingDistance`, so werden mehr Punkte abgetastet, was zu einem stabileren aber langsameren Matching führt. Erhöht man `RelSamplingDistance`, so werden weniger Punkte abgetastet, was zu einem schnelleren aber weniger stabilen Matching führt.



(1) (2) (3) (4)

(1) Ursprüngliches 3D-Modell. (2) 3D-Modell abgetastet mit `RelSamplingDistance` = *0.02*. (3) `RelSamplingDistance` = *0.03*. (4) `RelSamplingDistance` = *0.05*.

Standardmäßig können mit `create_deformable_surface_model` erstellte deformierbare Oberflächenmodelle bereits eine moderate Deformation handhaben. Der Operator `add_deformable_surface_model_sample` kann verwendet werden um dem Modell weitere Trainingsbeispiele hinzuzufügen, was den Bereich der möglichen Deformationen erweitert. Der Deformationsbereich kann auch über die generischen Parameter *'scale_min'*, *'scale_max'* und *'bending_max'* kontrolliert werden (siehe unten).

In den Parametern `GenParamName` und `GenParamValue` können generische Parameter und deren Werte übergeben werden. `GenParamName` enthält ein Tupel von Parameternamen die gesetzt werden sollen, und `GenParamValue` die dazugehörigen Werte. Die folgenden Werte sind für `GenParamName` möglich:

'model_invert_normals': Invertieren der Normalenausrichtung des 3D-Objektmodells. Die Normalenausrichtungen (einwärts oder auswärts) müssen für die Erstellung des Oberflächenmodells bekannt sein und mit der Ausrichtung in der Szene übereinstimmen. Wenn sowohl das Modell als auch die Szene mit demselben Aufbau aufgenommen werden, so zeigen die Normalen bereits in die gleiche Richtung. Wenn das Modell aus einer CAD-Datei geladen wurde dann könnten die Normalen in unterschiedliche Richtungen zeigen. Wenn beim Matching der Effekt auftritt, dass das Modell auf der 'Außenseite' der Szene gefunden wird und das Modell aus einer CAD-Datei stammt, so sollte versucht werden diesen Parameter auf *'true'* zu setzen. Es ist auch darauf zu achten, dass die Normalen in der CAD-Datei alle entweder nach innen oder nach außen zeigen, d.h. konsistent orientiert sind.

Werteliste: *'false'*, *'true'*.

Default: *'false'*.

'scale_min' **und** *'scale_max'*: Kontrollieren des Skalierungsbereichs des Modells. Wird einer der beiden Parameter gesetzt, dann muss auch der andere Parameter gesetzt werden.

Wertevorschläge: *0.8*, *1*, *1.2*.

Default: Keine Skalierung.

Restriktion: *0 < 'scale_min' < 'scale_max'*

'bending_max': Kontrollieren der automatisch erlernten Deformation des Modells. Das Modell wird automatisch deformiert in dem es um einen Winkel bis zu *'bending_max'* verbogen wird. Dies erlaubt das Finden von Deformationen innerhalb dieses Biegebereichs. Der Winkel wird in Grad angegeben.

Wertevorschläge: *5*, *10*, *30*.

Default: *20*.

Restriktion: *0 <= 'bending_max' < 90*

'stiffness': Kontrollieren der Steifheit des Modells während der Lageverfeinerung. Größere Werte führen zu einem steiferen Modell das weniger stark deformiert werden kann. Kleinere Werte dieses Parameters führen zu einem weniger steifen Modell, welches mehr Deformation erlaubt.

Wertevorschläge: *0.2*, *0.5*, *0.8*.

Default: *0.5*.

Restriktion: *0 < 'stiffness' <= 1*

Parameter

▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells.

▷ **RelSamplingDistance** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Abtastdistanz relativ zum Durchmesser des Objekts.
Default: 0.05
Wertevorschläge: `RelSamplingDistance` ∈ {0.1, 0.05, 0.03, 0.02, 0.01}
Restriktion: 0 < RelSamplingDistance < 1

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'model_invert_normals', 'scale_min', 'scale_max', 'bending_max', 'stiffness'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / real / integer
Werte der generischen Parameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false', 1, 0.9, 1.1, 5, 10, 20, 30, 0.05, 0.1, 0.2}

▷ **DeformableSurfaceModel** (output_control) . . . . . deformable_surface_model ⇝ *handle*
Handle des deformierbaren Oberflächenmodells.

Ergebnis

Wenn alle Parameter korrekt sind liefert `create_deformable_surface_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `xyz_to_object_model_3d`, `get_object_model_3d_params`

Nachfolger

`add_deformable_surface_model_sample`, `add_deformable_surface_model_reference_point`, `find_deformable_surface_model`, `refine_deformable_surface_model`, `get_deformable_surface_model_param`, `write_deformable_surface_model`, `clear_deformable_surface_model`

Alternativen

`read_deformable_surface_model`

Siehe auch

`find_deformable_surface_model`, `refine_deformable_surface_model`, `read_deformable_surface_model`, `add_deformable_surface_model_sample`, `add_deformable_surface_model_reference_point`, `write_deformable_surface_model`, `clear_deformable_surface_model`

Literatur

Bertram Drost, Slobodan Ilic: „Graph-Based Deformable 3D Object Matching.“ Proceedings of the 37th German Conference on Pattern Recognition, pp. 222-233, 2015.

Modul

3D Metrology

deserialize_deformable_surface_model (: : SerializedItemHandle : DeformableSurfaceModel)

Deserialisieren eines deformierbaren Oberflächenmodells.

deserialize_deformable_surface_model deserialisiert ein deformierbares Oberflächenmodell, welches mit serialize_deformable_surface_model serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte deformierbare Oberflächenmodell wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten deformierbaren Oberflächenmodell mit dem Handle DeformableSurfaceModel gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **DeformableSurfaceModel** (output_control) . . . . . deformable_surface_model ⇝ *handle*
Handle des gelesenen deformierbaren Oberflächenmodells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_deformable_surface_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

fread_serialized_item, receive_serialized_item, serialize_deformable_surface_model

Nachfolger

find_deformable_surface_model, refine_deformable_surface_model, get_deformable_surface_model_param, clear_deformable_surface_model

Alternativen

create_deformable_surface_model

Siehe auch

create_deformable_surface_model, read_deformable_surface_model, write_deformable_surface_model, serialize_deformable_surface_model

Modul

3D Metrology

find_deformable_surface_model (: : DeformableSurfaceModel, ObjectModel3D, RelSamplingDistance, MinScore, GenParamName, GenParamValue : Score, DeformableSurfaceMatchingResult)

Suchen des besten Matches eines deformierbaren Oberflächenmodells in einer Szene.

find_deformable_surface_model sucht den besten Match des deformierbaren Oberflächenmodells DeformableSurfaceModel in der 3D-Szene ObjectModel3D. Das deformierbare Oberflächenmodell DeformableSurfaceModel muss zuvor z.B. mittels create_deformable_surface_model oder read_deformable_surface_model erstellt worden sein. Das 3D-Objektmodell der Szene kann beispielsweise mittels read_object_model_3d aus einer Datei gelesen worden sein oder aus Bildern mittels xyz_to_object_model_3d erstellt worden sein.

Zum Auffinden des Oberflächenmodells werden Punkte und Normalen der 3D-Szene verwendet. Die Szene sollte eine der folgenden Optionen zur Verfügung stellen:

- Punkte und Punktnormalen
- Punkte und ein 2D-Mapping, z.B. für 3D-Objektmodelle die mittels `xyz_to_object_model_3d` erstellt wurden

Für eine genaue Pose ist es wichtig, dass die Normalen der Szene und des Modells in die gleiche Richtung zeigen (siehe *'scene_invert_normals'*). Wird eine vermaschte Szene mit Dreiecken oder Polygonen übergeben, z.B. ein CAD-Modell, so werden die Flächen ignoriert und nur die Punkte der Szene verwendet. In der Regel sollte daher nicht in einer vermaschten Szene gesucht werden. Stattdessen sollte eine solche Szene zuvor beispielsweise mit `sample_object_model_3d` in Punkte mit Normalen umgewandelt werden. Werden verrauschte Daten verwendet, z.B. von Time-of-Flight-Kameras, sollte der generische Parameter *'scene_normal_computation'* auf *'mls'* gesetzt werden um robustere Ergebnisse zu erhalten (s.u.).

Die 3D-Szene `ObjectModel3D` wird zunächst gleichmäßig abgetastet. Der Parameter `RelSamplingDistance` gibt die Abtastdistanz relativ zum Durchmesser des Oberflächenmodells an. Verkleinert man `RelSamplingDistance`, so werden mehr Punkte der Szene abgetastet, was zu einem stabileren aber langsameren Matching führt. Erhöht man `RelSamplingDistance`, so werden weniger Punkte abgetastet, was zu einem weniger stabilen aber schnelleren Matching führt. Eine Illustration zur `RelSamplingDistance` befindet sich bei dem Operator `create_deformable_surface_model`.

Die abgetasteten Punkte können mit dem Operator `get_deformable_surface_matching_result` abgerufen werden. Für ein robustes Matching sollten mindestens 50-100 Punkte auf jeder zu findenden Objektinstanz liegen.

Zunächst wird die ungefähre Lage des Objektes gesucht. Diese wird anschließend verfeinert, d.h. genauer an die Szene angepasst. Die generischen Parameter zum Steuern der Verfeinerung sind weiter unten beschrieben.

Wurde eine Objektinstanz gefunden, so wird in `Score` eine Bewertung des Ergebnisses zurückgeliefert und im Ergebnishandle `DeformableSurfaceMatchingResult` dessen Lage und Deformation. Die Details des Ergebnisses, z.B. das deformierte Modell oder die Lage von Referenzpunkten, können über den Operator `get_deformable_surface_matching_result` abgerufen werden.

Die Bewertung ist zwischen *0* und *1* normalisiert und repräsentiert welcher Anteil der Oberfläche des Modells in der Szene gefunden wurde. Ein Wert von *1* bedeutet dabei ein perfektes Ergebnis, d.h. das gesamte Modell wurde gefunden. Der Parameter `MinScore` kann verwendet werden um das Ergebnis zu filtern. Ein Match wird nur zurückgegeben, wenn sein Score größer als `MinScore` ist.

In den Parametern `GenParamName` und `GenParamValue` können generische Parameter und deren Werte übergeben werden. `GenParamName` enthält ein Tupel von Parameternamen die gesetzt werden sollen, und `GenParamValue` die dazugehörigen Werte. Die folgenden Werte sind für `GenParamName` möglich:

'scene_normal_computation': Dieser Parameter steuert die Normalenberechnung der abgetasteten 3D-Szene. Im Standard-Modus *'fast'* werden die Normalen anhand einer relativ kleinen Nachbarschaft berechnen. Im Modus *'mls'* wird eine größere Nachbarschaft einbezogen und das komplexere aber genauere *'mls'*-Verfahren für die Normalenberechnung verwendet. Eine genauere Beschreibung des *'mls'*-Verfahrens findet sich beim Operator `surface_normals_object_model_3d`. Der *'mls'*-Modus ist vor allem für Daten mit hohem Rauschen gedacht, z.B. für Bilder aus Time-of-Flight-Kameras.

Werteliste: *'fast'*, *'mls'*

Default: *'fast'*

'scene_invert_normals': Dieser Parameter invertiert die Normalenausrichtung der 3D-Szene. Die Normalenausrichtungen (einwärts oder auswärts) der Szene müssen mit den Ausrichtungen des 3D-Objektmodells übereinstimmen. Wenn sowohl das Modell als auch die Szene mit demselben Aufbau aufgenommen werden, so zeigen die Normalen bereits in die gleiche Richtung. Wenn beim Matching der Effekt auftritt, dass das Modell auf der 'Außenseite' der Szene gefunden wird, so sollte versucht werden, diesen Parameter auf *'true'* zu setzen. Es ist auch darauf zu achten, dass die Normalen in der Szene alle entweder nach innen oder nach außen zeigen, d.h. konsistent orientiert sind.

Werteliste: *'false'*, *'true'*

Default: *'false'*

'pose_ref_num_steps': Anzahl der Iterationen der deformierbaren Verfeinerung. Erhöht man diesen Wert, so wird die Verfeinerung genauer aber langsamer. Verringert man den Wert, so wird sie entsprechend ungenauer und

schneller. Ab einer gewissen Anzahl an Iterationen konvergiert das Verfahren, so dass eine weitere Erhöhung keinen Effekt mehr auf die Genauigkeit hat.

Dieser Parameter wird ignoriert, wenn die exakte Pose-Verfeinerung deaktiviert ist.

Wertevorschläge: *1*, *10*, *25*, *50*

Default: *25*

Restriktion: *'pose_ref_num_steps' > 0*

'pose_ref_dist_threshold_rel': Setzt den Abstandsschwellenwert für die deformierbare Verfeinerung relativ zum Durchmesser des Modells. Nur Punkte deren Abstand zur Objektinstanz diesen Schwellenwert unterschreiten gehen in die Verfeinerung ein. Punkte, die weiter von der Instanz entfernt sind, werden ignoriert. Nur einer der beiden Parameter *'pose_ref_dist_threshold_rel'* und *'pose_ref_dist_threshold_abs'* sollte gesetzt werden. Werden beide gesetzt, so wird nur der zuletzt gesetzte Wert verwendet.

Wertevorschläge: *0.05*, *0.1*, *0.25*, *0.3*

Default: *0.25*

Restriktion: *0 < 'pose_ref_dist_threshold_rel'*

'pose_ref_dist_threshold_abs': Setzt den Abstandsschwellenwert für die deformierbare Verfeinerung als absoluten Wert. Für Details siehe den Parameter *'pose_ref_dist_threshold_rel'*. Nur einer der beiden Parameter *'pose_ref_dist_threshold_rel'* und *'pose_ref_dist_threshold_abs'* sollte gesetzt werden. Werden beide gesetzt, so wird nur der zuletzt gesetzte Wert verwendet.

Restriktion: *0 < 'pose_ref_dist_threshold_abs'*

'pose_ref_scoring_dist_rel': Setzt den Abstandsschwellenwert für die Score-Berechnung relativ zum Durchmesser des Modells. Für Details siehe den Parameter *'pose_ref_scoring_dist_abs'*. Nur einer der beiden Parameter *'pose_ref_scoring_dist_rel'* und *'pose_ref_scoring_dist_abs'* sollte gesetzt werden. Werden beide gesetzt, so wird nur der zuletzt gesetzte Wert verwendet.

Wertevorschläge: *0.1*, *0.05*, *0.03*, *0.005*

Default: *0.03*

Restriktion: *0 < 'pose_ref_scoring_dist_rel'*

'pose_ref_scoring_dist_abs': Setzt den Abstandsschwellenwert für die Score-Berechnung als absoluten Wert. Nur Szenepunkte deren Abstand zur gefundenen Objektinstanz diesen Schwellenwert unterschreiten gehen in die Berechnung der Bewertung ein und werden als 'auf dem Objekt liegend' klassifiziert. Alle anderen Szenepunkte werden ignoriert. Der Schwellenwert sollte entsprechend dem zu erwartenden Rauschen und der Genauigkeit der Pose-Verfeinerung gesetzt werden. Nur einer der beiden Parameter *'pose_ref_scoring_dist_rel'* und *'pose_ref_scoring_dist_abs'* sollte gesetzt werden. Werden beide gesetzt, so wird nur der zuletzt gesetzte Wert verwendet.

Restriktion: *0 < 'pose_ref_scoring_dist_abs'*

Parameter

▷ **DeformableSurfaceModel** (input_control) . . . . . deformable_surface_model ⇝ *handle*
Handle des deformierbaren Oberflächenmodells.

▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells, welches die Szene enthält.

▷ **RelSamplingDistance** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Abtastdistanz der Szene relativ zum Durchmesser des Oberflächenmodells.
Default: 0.05
Wertevorschläge: `RelSamplingDistance` ∈ {0.1, 0.07, 0.05, 0.04, 0.03}
Restriktion: 0 < RelSamplingDistance < 1

▷ **MinScore** (input_control) . . . . . real ⇝ *real* / integer
Mindestbewertung des zurückgegebenen Matches.
Default: 0
Restriktion: MinScore >= 0

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'scene_normal_computation', 'scene_invert_normals', 'pose_ref_num_steps', 'pose_ref_dist_threshold_rel', 'pose_ref_dist_threshold_abs', 'pose_ref_scoring_dist_abs', 'pose_ref_scoring_dist_rel'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / real / integer
Werte der generischen Parameter
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'fast', 'mls', 0, 1, 10, 25, 50, 0.05, 0.1, 0.25, 0.3, 0.05, 0.03, 0.005}

▷ **Score** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Bewertung der gefundenen Objektinstanz.

▷ **DeformableSurfaceMatchingResult** (output_control) . . . . . .
deformable_surface_matching_result(-array) ⇝ *handle*
Ergebnishandle des Matchings.

Ergebnis

Wenn alle Parameter korrekt sind liefert find_deformable_surface_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

read_object_model_3d, xyz_to_object_model_3d, get_object_model_3d_params, read_deformable_surface_model, create_deformable_surface_model, get_deformable_surface_model_param, add_deformable_surface_model_reference_point, add_deformable_surface_model_sample

Nachfolger

refine_deformable_surface_model, get_deformable_surface_matching_result, clear_deformable_surface_matching_result, clear_object_model_3d

Alternativen

refine_deformable_surface_model

Siehe auch

refine_deformable_surface_model

Modul

3D Metrology

get_deformable_surface_matching_result (: : DeformableSurfaceMatchingResult, ResultName, ResultIndex : ResultValue)

Auslesen von Ergebnissen des deformierbaren oberflächenbasierten Matchings.

Der Operator get_deformable_surface_matching_result liefert detaillierte Ergebnisse des deformierbaren oberflächenbasierten Matchings oder der deformierbaren oberflächenbasierten Lageverfeinerung. Die Ergebnisse sind in DeformableSurfaceMatchingResult gespeichert, das mit find_deformable_surface_model oder refine_deformable_surface_model angelegt wurde.

Der Parameter ResultName wählt das abzurufende Detailergebnis aus. Bei einigen Details kann mittels ResultIndex der Index des Details gesetzt werden, wobei die Zählung bei *0* beginnt. Für einige Werte von ResultName wird ResultIndex ignoriert.

Die folgenden Werte sind für ResultName möglich:

'sampled_scene': Es wird ein 3D-Objektmodell zurückgegeben, welches die für das Matching oder die Verfeinerung abgetasteten Szenepunkte enthält. Dies ist hilfreich um die Abtastdistanz einzustellen (siehe Parameter RelSamplingDistance von find_deformable_surface_model und refine_deformable_surface_model.). Der Parameter ResultIndex wird ignoriert.

'rigid_pose': Wenn DeformableSurfaceMatchingResult mittels find_deformable_surface_model erzeugt wurde, wird die rigide Pose des Modells zurückgeliefert welche das deformierte Ergebnis approximiert. Der Parameter ResultIndex wird ignoriert. Dieser Parameter ist nicht verfügbar, wenn DeformableSurfaceMatchingResult mittels refine_deformable_surface_model erzeugt wurde.

'reference_point_x':

'reference_point_y':

'reference_point_z': Liefert die X-, Y- oder Z-Koordinaten von transformierten Referenzpunkten zurück. Die Referenzpunkte müssen vorher mittels add_deformable_surface_model_reference_point hinzugefügt worden sein. Die Indices der Referenzpunkte werden in ResultIndex übergeben. Wird *'all'* in ResultIndex übergeben, so wird die Lage aller gesetzten Referenzpunkte zurückgegeben.

'deformed_model': Liefert eine deformierte Variante des ursprünglich an create_deformable_surface_model übergebenen 3D-Objektmodells zurück. Das ursprüngliche Modell wird dazu entsprechend der gefundenen Deformation verformt. Im Modell enthaltene Dreiecke und Polygone sowie erweiterte Attribute bleiben dabei erhalten. Der Parameter ResultIndex wird ignoriert.

'deformed_sampled_model': Liefert ein 3D-Objektmodell zurück welches eine deformierte Variante des abgetasteten Modells enthält. Das zurückgegebene 3D-Objektmodell hat die gleich Anzahl an Punkten wie das abgetastete deformierbare Oberflächenmodell, und in der gleichen Reihenfolge. Details zur Abtastung sind in create_deformable_surface_model beschrieben. Das ursprüngliche, nicht-deformierte abgetastete Modell kann mittels get_deformable_surface_model_param abgerufen werden. Der Parameter ResultIndex wird ignoriert.

Parameter

▷ **DeformableSurfaceMatchingResult** (input_control) ..... deformable_surface_matching_result ⇝ *handle*

Ergebnishandle des deformierbaren oberflächenbasierten Matchings.

▷ **ResultName** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Name des Ergebnisdetails.
Default: 'sampled_scene'
Werteliste: ResultName ∈ {'sampled_scene', 'rigid_pose', 'reference_point_x', 'reference_point_y', 'reference_point_z', 'deformed_model', 'deformed_sampled_model'}

▷ **ResultIndex** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer* / string
Optionaler Index des Ergebnisses, beginnend bei 0.
Default: 0
Wertevorschläge: ResultIndex ∈ {0, 1, 2, 3, 'all'}
Restriktion: ResultIndex >= 0

▷ **ResultValue** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer* / string / real / handle
Wert des Ergebnisses.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert get_deformable_surface_matching_result den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

find_deformable_surface_model, refine_deformable_surface_model

Nachfolger

clear_deformable_surface_model

Siehe auch

find_deformable_surface_model, refine_deformable_surface_model,

read_deformable_surface_model, write_deformable_surface_model, clear_deformable_surface_model

Modul

3D Metrology

get_deformable_surface_model_param (: : DeformableSurfaceModel, GenParamName : GenParamValue)

Auslesen von Einstellungen und Eigenschaften eines deformierbaren Oberflächenmodells.

Der Operator get_deformable_surface_model_param liefert Parameter und Eigenschaften des deformierbaren Oberflächenmodells DeformableSurfaceModel zurück. Das deformierbare Oberflächenmodell muss vorher z.B. mit create_deformable_surface_model erstellt worden sein.

Die folgenden Werte sind für GenParamName möglich:

'diameter': Durchmesser der Modellpunktwolke. Der Durchmesser ist die Länge der Diagonale des kleinsten umschließenden achsenparallelen Quaders.

'sampled_model': Die für das Matching abgetasteten 3D-Punkte des Modells. Zurückgegeben wird das Handle eines 3D-Objektmodells, welches alle Punkte enthält, die für das Matching abgetastet wurden (siehe create_deformable_surface_model).

'training_models': Liste aller trainierten 3D-Objektmodelle. Zurückgegeben wird eine Liste von 3D-Objektmodellhandles welche mittels add_deformable_surface_model_sample trainiert wurden, inklusive des ursprünglichen Modells.

'reference_points_x':

'reference_points_y':

'reference_points_z': Liefert die X-, Y- und Z-Koordinaten aller Referenzpunkte zurück, die dem deformierbaren Oberflächenmodell mittels add_deformable_surface_model_reference_point hinzugefügt wurden.

Parameter

▷ **DeformableSurfaceModel** (input_control) . . . . . deformable_surface_model ⇝ *handle*
Handle des deformierbaren Oberflächenmodells.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Name der abzurufenden Eigenschaft.
Default: 'sampled_model'
Werteliste: GenParamName ∈ {'diameter', 'sampled_model', 'sampled_pose_refinement', 'training_models', 'reference_points_x', 'reference_points_y', 'reference_points_z', 'original_model'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *real* / string / integer
Wert der abzurufenden Eigenschaft.

Ergebnis

Wenn alle Parameter korrekt sind liefert get_deformable_surface_model_param den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_deformable_surface_model, read_deformable_surface_model, add_deformable_surface_model_reference_point

Nachfolger

find_deformable_surface_model, refine_deformable_surface_model, write_deformable_surface_model

Siehe auch

create_deformable_surface_model

Modul

3D Metrology

read_deformable_surface_model (
: : FileName : DeformableSurfaceModel)

Liest ein deformierbares Oberflächenmodell aus einer Datei.

read_deformable_surface_model liest ein deformierbares Oberflächenmodell welches zuvor mittels write_deformable_surface_model geschrieben wurde aus der Datei FileName ein. Das Handle des eingelesenen deformierbaren Oberflächenmodells wird in DeformableSurfaceModel zurückgegeben. Enthält FileName keine absolute Pfadangabe, so wird die Datei im aktuellen Verzeichnis des HALCON-Prozesses gesucht. Die Standard-Dateiendung für deformierbare Oberflächenmodelle in HALCON ist 'dsfm'. Existiert die Datei FileName nicht, so wird diese Standard-Dateiendung angehängt und erneut gesucht.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Dateiname der DSFM-Datei.
Dateiendung: .dsfm

▷ **DeformableSurfaceModel** (output_control) . . . . . deformable_surface_model ⇝ *handle*
Handle des gelesenen deformierbaren Oberflächenmodells.

Ergebnis

Wenn alle Parameter korrekt sind und die Datei gelesen werden konnte liefert read_deformable_surface_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Wenn die Datei kein Oberflächenmodell enthält wird der Fehler 9506 zurückgegeben. Enthält die Datei ein Oberflächenmodell in einer Version, die nicht mit dieser HALCON-Version gelesen werden kann, wird der Fehler 9507 zurückgegeben. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

write_deformable_surface_model

Nachfolger

find_deformable_surface_model, refine_deformable_surface_model, get_deformable_surface_model_param, clear_deformable_surface_model

Alternativen

create_deformable_surface_model

Siehe auch

create_deformable_surface_model, write_deformable_surface_model

Modul

3D Metrology

refine_deformable_surface_model (: : DeformableSurfaceModel, ObjectModel3D, RelSamplingDistance, InitialDeformationObjectModel3D, GenParamName, GenParamValue : Score, DeformableSurfaceMatchingResult)

Verfeinern der Lage und Deformation eines deformierbaren Oberflächenmodells in einer 3D-Szene.

refine_deformable_surface_model verfeinert die in InitialDeformationObjectModel3D übergebene näherungsweise Lage und Deformation des deformierbaren Oberflächenmodells DeformableSurfaceModel in der 3D-Szene ObjectModel3D. Das deformierbare Oberflächenmodell DeformableSurfaceModel muss zuvor z.B. mittels create_deformable_surface_model erstellt worden sein. Das 3D-Objektmodell der Szene kann beispielsweise mittels read_object_model_3d aus einer Datei gelesen worden sein oder mittels xyz_to_object_model_3d erstellt worden sein.

refine_deformable_surface_model ist nützlich wenn die Lage und Deformation eines 3D-Objekts in einer 3D-Szene ungefähr bekannt ist und lediglich verfeinert werden soll.

InitialDeformationObjectModel3D muss genau so viele Punkte und in der gleichen Reihenfolge enthalten wie das abgetastete Modell, welches mit get_deformable_surface_model_param abgerufen werden kann.

In Score wird eine Bewertung des Ergebnisses zurückgeliefert und im Ergebnishandle DeformableSurfaceMatchingResult die Lage und Deformation. Die Details des Ergebnisses, z.B. das deformierte Modell oder die Lage von Referenzpunkten, können über den Operator get_deformable_surface_matching_result abgerufen werden.

Die Bewertung ist zwischen *0* und *1* normalisiert und repräsentiert welcher Anteil der Oberfläche des Modells in der Szene gefunden wurde. Ein Wert von *1* bedeutet dabei ein perfektes Ergebnis, d.h. das gesamte Modell wurde gefunden.

In den Parametern GenParamName und GenParamValue können generische Parameter und deren Werte übergeben werden. Eine genauere Beschreibung der generischen sowie der übrigen Parameter findet sich in der Dokumentation zu find_deformable_surface_model.

Parameter

- ▷ **DeformableSurfaceModel** (input_control) . . . . . deformable_surface_model ⇝ *handle*
  Handle des deformierbaren Oberflächenmodells.
- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Objektmodells, welches die Szene enthält.
- ▷ **RelSamplingDistance** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Abtastdistanz der Szene relativ zum Durchmesser des Oberflächenmodells.
  Default: 0.05
  Wertevorschläge: RelSamplingDistance ∈ {0.1, 0.07, 0.05, 0.04, 0.03}
  Restriktion: 0 < RelSamplingDistance < 1
- ▷ **InitialDeformationObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
  Initiale Lage und Deformation des Modells.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: GenParamName ∈ {'scene_normal_computation', 'pose_ref_num_steps', 'pose_ref_dist_threshold_rel', 'pose_ref_dist_threshold_abs', 'pose_ref_scoring_dist_abs', 'pose_ref_scoring_dist_rel'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / real / integer
  Werte der generischen Parameter
  Default: []
  Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'fast', 'mls', 0, 1, 10, 25, 50, 0.05, 0.1, 0.25, 0.3, 0.05, 0.03, 0.005}
- ▷ **Score** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Bewertung der verfeinerten Lage und Deformation.
- ▷ **DeformableSurfaceMatchingResult** (output_control) . . . . . deformable_surface_matching_result(-array) ⇝ *handle*
  Ergebnishandle der Verfeinerung.

Ergebnis

Wenn alle Parameter korrekt sind liefert `refine_deformable_surface_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `xyz_to_object_model_3d`, `get_object_model_3d_params`, `read_deformable_surface_model`, `create_deformable_surface_model`, `get_deformable_surface_model_param`, `find_deformable_surface_model`

Nachfolger

`get_deformable_surface_matching_result`, `clear_deformable_surface_matching_result`, `clear_object_model_3d`

Alternativen

`find_deformable_surface_model`

Siehe auch

`create_deformable_surface_model`, `find_deformable_surface_model`

Modul

3D Metrology

serialize_deformable_surface_model (: : DeformableSurfaceModel : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines deformierbaren Oberflächenmodells.

`serialize_deformable_surface_model` serialisiert die Daten eines deformierbaren Oberflächenmodells (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von `write_deformable_surface_model` in eine Datei geschrieben werden. Das deformierbare Oberflächenmodell wird in dem Handle `DeformableSurfaceModel` übergeben. Das serialisierte deformierbare Oberflächenmodell wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben. und kann mit `deserialize_deformable_surface_model` wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **DeformableSurfaceModel** (input_control) . . . . . deformable_surface_model ⇝ *handle*
Handle des deformierbaren Oberflächenmodells.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_deformable_surface_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_deformable_surface_model, create_deformable_surface_model

Nachfolger

clear_deformable_surface_model, fwrite_serialized_item, send_serialized_item, deserialize_deformable_surface_model

Siehe auch

create_deformable_surface_model, read_deformable_surface_model, write_deformable_surface_model, deserialize_deformable_surface_model

Modul

3D Metrology

write_deformable_surface_model (: : DeformableSurfaceModel, FileName :)

Schreibt ein deformierbares Oberflächenmodell in eine Datei.

write_deformable_surface_model schreibt das deformierbare Oberflächenmodell DeformableSurfaceModel in die Datei FileName. Die Datei kann mit read_deformable_surface_model wieder gelesen werden. Die Standard-Dateiendung für deformierbare Oberflächenmodelle in HALCON ist 'dsfm'.

Parameter

- ▷ **DeformableSurfaceModel** (input_control) . . . . . deformable_surface_model ⇝ *handle*
  Handle des deformierbaren Oberflächenmodells.
- ▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
  Dateiname.
  Dateiendung: .dsfm

Ergebnis

Wenn alle Parameter korrekt sind und die Datei geschrieben werden konnte liefert write_deformable_surface_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_deformable_surface_model, create_deformable_surface_model, get_deformable_surface_model_param

Nachfolger

clear_deformable_surface_model

Siehe auch

create_deformable_surface_model, read_deformable_surface_model

Modul

3D Metrology

3.5 Formbasiert

clear_shape_model_3d (: : ShapeModel3DID :)

Freigabe des Speichers eines 3D-Formmodells.

clear_shape_model_3d gibt den Speicher eines 3D-Formmodells, das mit create_shape_model_3d angelegt wurde, wieder frei. Das Modell kann nach dem Aufruf nicht mehr verwendet werden. Der Handle ShapeModel3DID ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **ShapeModel3DID** (input_control) . . . . . shape_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des 3D-Formmodells.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert clear_shape_model_3d den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ShapeModel3DID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_shape_model_3d, read_shape_model_3d, write_shape_model_3d

Modul

3D Metrology

create_cam_pose_look_at_point (: : CamPosX, CamPosY, CamPosZ, LookAtX, LookAtY, LookAtZ, RefPlaneNormal, CamRoll : CamPose)

Erstellen einer 3D-Kamera-Pose aus Kamerazentrum und Blickrichtung.

Der Operator create_cam_pose_look_at_point erstellt eine 3D-Kamera-Pose bezüglich eines Weltkoordinatensystems basierend auf zwei Punkten und dem Kamerarollwinkel.

Der erste der beiden Punkte legt die Position des optischen Zentrums der Kamera, d.h. den Ursprung des Kamerakoordinatensystems fest. Seine drei Koordinaten werden in CamPosX, CamPosY und CamPosZ übergeben. Der zweite Punkt legt die Blickrichtung der Kamera fest. Er wird ebenfalls durch seine drei Koordinaten LookAtX, LookAtY und LookAtZ beschrieben. Folglich liegt der zweite Punkt auf der z-Achse des Kamerakoordinatensystems.

Der verbleibende festzulegende Freiheitsgrad ist eine Rotation der Kamera um ihre z-Achse, die auch als Kamerarollwinkel bezeichnet wird. Um diese Rotation zu bestimmen, kann die Normale einer Referenzebene in RefPlaneNormal übergeben werden, die die Referenzorientierung der Kamera festlegt. Bezüglich dieser Referenzorientierung kann schließlich der Kamerarollwinkel in CamRoll angegeben werden. Der Kamerarollwinkel beschreibt die Rotation der Kamera um ihre z-Achse relativ zur Referenzorientierung.

Die Referenzebene kann als Ebene im Weltkoordinatensystem interpretiert werden, die parallel zur x-Achse der Kamera (in der Referenzorientierung, d.h. mit Kamerarollwinkel 0) liegt. In einer alternativen Interpretation legt der Normalenvektor der Referenzebene projiziert in die Bildebene die Richtung fest, die in der Kamera oben ist. Der in die Bildebene projizierte Normalenvektor zeigt somit in Richtung der negativen y-Achse des Kamerakoordinatensystems. Der Parameter RefPlaneNormal kann einen der folgenden Werte annehmen:

'x': Die Referenzebene ist die yz-Ebene des Weltkoordinatensystems. Die projizierte x-Achse des Weltkoordinatensystems zeigt in der Bildebene nach *oben*.

'-x': Die Referenzebene ist die yz-Ebene des Weltkoordinatensystems. Die projizierte x-Achse des Weltkoordinatensystems zeigt in der Bildebene nach *unten*.

'y': Die Referenzebene ist die xz-Ebene des Weltkoordinatensystems. Die projizierte y-Achse des Weltkoordinatensystems zeigt in der Bildebene nach *oben*.

'-y': Die Referenzebene ist die xz-Ebene des Weltkoordinatensystems. Die projizierte y-Achse des Weltkoordinatensystems zeigt in der Bildebene nach *unten*.

'z': Die Referenzebene ist die xy-Ebene des Weltkoordinatensystems. Die projizierte z-Achse des Weltkoordinatensystems zeigt in der Bildebene nach *oben*.

'-z': Die Referenzebene ist die xy-Ebene des Weltkoordinatensystems. Die projizierte z-Achse des Weltkoordinatensystems zeigt in der Bildebene nach *unten*.

Alternativ zu den obigen Werten kann in `RefPlaneNormal` auch ein beliebiger Normalenvektor angegeben werden, der nicht mit einer Koordinatenachse übereinstimmt. Dazu kann ein Tupel mit den drei Komponenten des Normalenvektors übergeben werden.

Es ist zu beachten, dass sich die Position des optischen Zentrums der Kamera und der Punkt, der die Blickrichtung der Kamera festlegt, unterscheiden müssen. Außerdem darf der Normalenvektor der Referenzebene nicht parallel zur z-Achse der Kamera sein. Andernfalls ist die Kamera-Pose nicht eindeutig definiert.

`create_cam_pose_look_at_point` ist vor allem für die Visualisierung eines 3D-Objektmodells oder eines 3D-Formmodells von einer bestimmten Kameraposition aus hilfreich. In diesem Fall kann die mit `create_cam_pose_look_at_point` generierte Pose an `project_object_model_3d` bzw. `project_shape_model_3d` übergeben werden.

Es ist auch möglich, für unterschiedliche Parameter Tupel unterschiedlicher Länge zu übergeben. In diesem Fall wird intern zunächst die maximale Anzahl an übergebenen Werten über alle Eingabeparameter ermittelt. Dieser Wert bestimmt die Anzahl der zu berechnenden Kamera-Poses. Jeder Eingabeparameter kann dann einen einzelnen Wert oder genauso viele Werte wie Kamera-Poses enthalten. Im ersten Fall wird der Wert für die Berechnen aller Kamera-Poses verwendet, im zweiten Fall wird der jeweilige Wert im Eingabeparameter für die Berechnung der entsprechenden Kamera-Pose verwendet.

Parameter

▷ **CamPosX** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
X-Koordinate des optischen Zentrums der Kamera.

▷ **CamPosY** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Y-Koordinate des optischen Zentrums der Kamera.

▷ **CamPosZ** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Z-Koordinate des optischen Zentrums der Kamera.

▷ **LookAtX** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
X-Koordinate des 3D-Punktes, in dessen Richtung die Kamera gerichtet ist.

▷ **LookAtY** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Y-Koordinate des 3D-Punktes, in dessen Richtung die Kamera gerichtet ist.

▷ **LookAtZ** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Z-Koordinate des 3D-Punktes, in dessen Richtung die Kamera gerichtet ist.

▷ **RefPlaneNormal** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string* / real
Normalenvektor der Bezugsebene (zeigt nach oben).
Default: '-y'
Werteliste: `RefPlaneNormal` ∈ {'x', 'y', 'z', '-x', '-y', '-z'}

▷ **CamRoll** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
Kamerarollwinkel.
Default: 0

▷ **CamPose** (output_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
3D-Lage der Kamera.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_cam_pose_look_at_point` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wenn die Parameter so gewählt worden sind, dass die 3D-Lage der Kamera nicht eindeutig definiert ist, wird die Fehlermeldung 8940 zurückgegeben.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

convert_point_3d_spher_to_cart

Alternativen

create_pose

Modul

3D Metrology

```
create_shape_model_3d ( : : ObjectModel3D, CamParam, RefRotX,
    RefRotY, RefRotZ, OrderOfRotation, LongitudeMin, LongitudeMax,
    LatitudeMin, LatitudeMax, CamRollMin, CamRollMax, DistMin,
    DistMax, MinContrast, GenParamName,
    GenParamValue : ShapeModel3DID )
```

Vorbereiten eines 3D-Objektmodells für das Matching.

create_shape_model_3d bereitet ein 3D-Objektmodell, das in ObjectModel3D übergeben wird, als 3D-Formmodell für das Matching vor. Das 3D-Objektmodell muss zuvor mit read_object_model_3d eingelesen worden sein.

Das erstellte 3D-Formmodell umfasst unterschiedliche Ansichten des 3D-Objektmodells. Die Ansichten werden innerhalb des vom Benutzer vorgegebenen Pose-Bereichs generiert. Die Ansichtsgenerierung erfolgt durch das automatische Platzieren virtueller Kameras um das 3D-Objektmodell und das Projizieren des 3D-Objektmodells in die Bildebene jeder virtuellen Kamera. Für jede auf diese Weise erstellte Ansicht wird dann eine 2D-Formbeschreibung erzeugt. Für die Erstellung des 3D-Formmodells werden also keine Bilder des Objektes benötigt sondern lediglich das 3D-Objektmodell, das in ObjectModel3D übergeben wird. Die Formbeschreibungen aller Ansichten werden im 3D-Formmodell gespeichert, das in ShapeModel3DID zurückgeliefert wird. Während des Matching-Prozesses mit find_shape_model_3d werden die Formbeschreibungen dazu genutzt, die am besten passende Ansicht zu ermitteln, deren Pose schließlich verfeinert und zurückgegeben wird.

Um die Modellansichten korrekt erstellen zu können, müssen die Parameter der zum Matching verwendeten Kamera in CamParam übergeben werden. Die Kameraparameter sind notwendig um z.B. die Skalierung der Projektionen mit Hilfe der Brennweite festzulegen. Des weiteren werden sie benötigt, um radiale Verzeichnungen des Objektivs korrekt berücksichtigen zu können. Daher ist es absolut notwendig, die verwendete Kamera vor der Erstellung des 3D-Formmodells mit calibrate_cameras zu kalibrieren. Auf der einen Seite führt dies dazu, dass die von find_shape_model_3d zurückgegebenen Ergebnisse genauer sind. Auf der anderen Seite wird dadurch die Anwendung des 3D-Matchings selbst für Objektive mit deutlichen radialen Verzeichnungen ermöglicht.

Der Pose-Bereich, für den Modellansichten erstellt werden, kann mit den Parametern RefRotX, RefRotY, RefRotZ, OrderOfRotation, LongitudeMin, LongitudeMax, LatitudeMin, LatitudeMax, CamRollMin, CamRollMax, DistMin und DistMax festgelegt werden. Zu beachten ist, dass das Modell nur dann während des Matchings erkannt wird, wenn es innerhalb des angegebenen Pose-Bereichs liegt. Die Parameter werden im Folgenden beschrieben:

Vor der Berechnung der Ansichten wird der Ursprung des Koordinatensystems des 3D-Objektmodells in den Referenzpunkt des 3D-Objektmodells verschoben. Der Referenzpunkt ist der Mittelpunkt des kleinsten umschließenden achsenparallelen Quaders und kann mit get_object_model_3d_params abgefragt werden. Die virtuellen Kameras, die zum Erstellen der Ansichten verwendet werden, werden so um das 3D-Objektmodell angeordnet, dass deren Blickrichtung auf den Ursprung des Koordinatensystems gerichtet ist, d.h. die z-Achsen der Kameras gehen durch den Ursprung. Der Pose-Bereich kann dann dadurch angegeben werden, dass die Ansichten auf ein bestimmtes Viereck auf einer Kugel um den Ursprung beschränkt werden. Dabei bietet sich die Verwendung der sphärischen Koordinaten Länge, Breite und Radius an. Das sphärische Koordinatensystem ist so gewählt, dass die Äquatorebene der xz-Ebene des kartesischen Koordinatensystem entspricht, wobei die y-Achse zum Südpol (negative Breite) und die negative z-Achse zum Nullmeridian zeigt (vgl. convert_point_3d_spher_to_cart oder convert_point_3d_cart_to_spher für weitere Details zur Konvertierung zwischen kartesischen und sphärischen Koordinaten). Der Vorteil dieser Definition ist, dass eine Kamera mit der Pose [0,0,z,0,0,0,0] ihr optisches Zentrum bei Länge=0, Breite=0 und Radius=z hat. In diesem Fall entspricht der Radius der Distanz des optischen Zentrums der Kamera zum Referenzpunkt des 3D-Objektmodells.

Der Längenbereich, für den Ansichten generiert werden sollen, kann durch LongitudeMin und LongitudeMax angegeben werden (beide im Bogenmaß). Entsprechend kann der Breitenbereich durch

LatitudeMin und LatitudeMax festgelegt werden (ebenso im Bogenmaß). LongitudeMin und LongitudeMax sind so eingestellt, dass sie einen Bereich von 360° (2π) beibehalten. Wenn eine Anpassung möglich ist, bleiben LongitudeMin und der Bereich erhalten. Die minimale und maximale Distanz zwischen Kamerazentrum und Modell-Referenzpunkt können in DistMin und DistMax übergeben werden. Dabei befindet sich der Ursprung des Modells im Zentrum des kleinsten einschließenden Quaders und stimmt nicht notwendigerweise mit dem Ursprung des CAD-Koordinatensystems überein. Zu beachten ist, dass die Distanzen in der Einheit Meter angegeben werden müssen (davon ausgehend, dass der Parameter Scale beim Einlesen der CAD-Datei mit read_object_model_3d korrekt gesetzt wurde). Schließlich können in CamRollMin und CamRollMax der minimale und maximale Rollwinkel der Kamera angegeben werden. Dieses Intervall beschreibt die erlaubte Kamerarotation um deren z-Achse bezüglich des 3D-Objektmodells. Falls die Bildebene parallel zur Ebene liegt, auf der sich die Objekte befinden, und bekannt ist, dass die Objekte in dieser Ebene nur innerhalb eines eingeschränkten Bereichs rotieren, ist es sinnvoll, diesen Bereich in CamRollMin und CamRollMax anzugeben. In allen anderen Fällen ist die Interpretation des Kamera-Rollwinkels schwierig. In diesen Fällen sollte daher das Intervall auf $[-\pi, +\pi]$ gesetzt sein. Zu beachten ist, dass je größer der Pose-Bereich gewählt wird desto größer ist der Speicherbedarf für das Modell und desto langsamer wird das Matching.

Die Orientierung des Koordinatensystems des 3D-Objektmodells ist durch die Koordinaten innerhalb der mit read_object_model_3d eingelesenen CAD-Datei festgelegt. Daher ist es sinnvoll, das 3D-Objektmodell vorab in eine Referenzorientierung zu drehen, die ungefähr im Zentrum des Pose-Bereiches liegt. Dies kann durch die Angabe entsprechender Werte für RefRotX, RefRotY, RefRotZ und OrderOfRotation erreicht werden. Die Rotation erfolgt dabei um die Achsen des 3D-Objektmodells, dessen Ursprung in den Referenzpunkt verschoben wurde. Folglich können die angegebenen Längen- und Breitenbereiche als Variationen der 3D-Objektmodell-Pose bezüglich der Referenzorientierung interpretiert werden. Die Referenzorientierung kann auf zwei verschiedene Arten angegeben werden. In der ersten Möglichkeit können die drei Rotationswinkel in RefRotX, RefRotY und RefRotZ und die Reihenfolge, in der die Rotationen angewendet werden, übergeben werden. Für die Rotationsreihenfolge kann dabei entweder *'gba'* oder *'abg'* gewählt werden. In der zweiten Möglichkeit können die drei Komponenten des Rodriguez-Rotationsvektors in RefRotX, RefRotY und RefRotZ übergeben werden. In diesem Fall muss für OrderOfRotation *'rodriguez'* übergeben werden (für weitere Details über Rotationsreihenfolgen und die Definition des Rodriguez-Vektors siehe create_pose).

Demnach werden zwei Transformationen auf das 3D-Objektmodell angewendet bevor die Modellansichten erstellt werden. Die erste Transformation ist die Translation des Koordinatenursprungs in den Modell-Referenzpunkt. Die zweite Transformation ist die Rotation des 3D-Objektmodells in die gewünschte Referenzorientierung um die Achsen des Referenzkoordinatensystems. Durch Kombinieren beider Transformationen erhält man die Referenz-Pose des 3D-Formmodells. Demnach beschreibt die Referenz-Pose des 3D-Formmodells die Lage des Referenzkoordinatensystems bezüglich des durch die CAD-Datei definierten Koordinatensystems des 3D-Objektmodells. Seien $t = (x, y, z)'$ die Koordinaten des Referenzpunktes des 3D-Objektmodells und R die Rotationsmatrix mit der Referenzorientierung. Dann wird ein Punkt p_m, der im 3D-Objektmodellkoordinatensystem gegeben ist, durch die Anwendung der folgenden Formel in einen Punkt p_r im Referenzkoordinatensystem des 3D-Formmodels transformiert:

$$p_r = R \cdot (p_m - t)$$

Diese Transformation kann durch eine homogene 3D-Transformationsmatrix ausgedrückt werden oder alternativ dazu in Form einer 3D-Lage. Letztere kann mit dem Operator get_shape_model_3d_params abgefragt werden, indem für GenParamName *'reference_pose'* übergeben wird. Obige Formel kann man sich am besten als Pose des Pose-Typs 8, 10 oder 12 vorstellen, abhängig vom gewählten Wert für OrderOfRotation (für weitere Details über die verschiedenen Typen von Poses siehe create_pose). Zu beachten ist allerdings, dass die mit get_shape_model_3d_params zurückgegebene Pose immer vom Typ 0 ist. Eine Pose, die in einem der beiden Koordinatensysteme gegeben ist kann mit dem Operator trans_pose_shape_model_3d in das andere Koordinatensystem transformiert werden.

Zu beachten ist außerdem, dass das Referenzkoordinatensystem nur deswegen verwendet wird, um die Festlegung des Pose-Bereiches möglichst einfach zu gestalten. Die beim 3D-Matching von find_shape_model_3d zurückgelieferte Pose bezieht sich dagegen stets auf das ursprüngliche durch die CAD-Datei definierten Koordinatensystems des 3D-Objektmodells.

Mit MinContrast wird festgelegt, welchen Grauwertkontrast das Modell später bei der Erkennung mit find_shape_model_3d im Bild mindestens besitzen muss. Mit anderen Worten stellt dieser Parameter somit eine Abgrenzung des Modells von Rauschen im Bild dar. Eine gute Wahl ist deshalb der Bereich von Grauwertänderungen, der durch das Rauschen im Bild verursacht wird. Falls die Grauwerte z.B. in einem Bereich von 10 Graustufen durch Rauschen schwanken, sollte MinContrast auf 10 gesetzt werden. Falls mehrkanalige Bilder für die Suchbilder verwendet werden, muss das Rauschen in einem Kanal noch mit der Wurzel der Anzahl der

Kanäle multipliziert werden, um MinContrast zu bestimmen. Falls die Grauwerte in einem Kanal z.B. in einem Bereich von 10 Graustufen schwanken, sollte MinContrast bei einem dreikanaligen Bild auf 17 gesetzt werden. Falls das Modell später in sehr kontrastarmen Bildern erkannt werden soll, muss MinContrast entsprechend klein gewählt werden. Falls das Modell mit erheblichen Verdeckungen erkannt werden soll, sollte MinContrast etwas größer als der Grauwertbereich, der durch das Rauschen verursacht wird, gewählt werden, um eine robuste und genaue Lageschätzung des verdeckten Modells mit find_shape_model_3d zu gewährleisten.

Die oben beschriebenen Parameter sind anwendungsabhängig und müssen demnach immer bei der Erstellung eines 3D-Formmodells angegeben werden. Daneben gibt es generische Parameter, die optional angegeben werden können, um die Modellerstellung zu beeinflussen. Für die meisten Anwendungen brauchen diese Parameter nicht spezifiziert werden sondern können mit den Defaultwerten übernommen werden. Fall erwünscht, können die generischen Parameter und deren Werte in GenParamName und GenParamValue übergeben werden. Die folgenden Werte für GenParamName sind möglich:

'num_levels': Aus Effizienzgründen werden die Modellansichten auf mehreren Pyramidenebenen erstellt. Auf höheren Ebenen werden weniger Ansichten generiert als auf niedrigeren Ebenen. Mit dem Parameter *'num_levels'* kann die Anzahl der Pyramidenebenen angegeben werden. Sie sollte so groß wie möglich gewählt werden, da hierdurch das Auffinden des Modells erheblich beschleunigt wird. Bei der Wahl von *'num_levels'* ist aber darauf zu achten, dass die Formbeschreibungen der Ansichten auf der obersten Pyramidenstufe noch erkennbar sind und genügend viele Punkte besitzen (mindestens vier). Falls nicht genügend Modellpunkte für eine bestimmte Ansicht erzeugt werden, wird diese Ansicht aus dem Modell gelöscht und durch eine Ansicht auf einer darunter liegenden Ebene ersetzt. Wenn für alle Ansichten einer Ebene nicht genügend Modellpunkte erzeugt werden, wird die Anzahl der Pyramidenstufen intern solange reduziert, bis auf der obersten Pyramidenstufe für mindestens eine Ansicht genügend Modellpunkte vorhanden sind. Falls durch diese Anpassung ein Modell mit keiner Pyramidenstufe entstehen würde, d.h. falls für alle Ansichten bereits auf der untersten Pyramidenstufe zu wenige Modellpunkte vorhanden sind, liefert create_shape_model_3d eine Fehlermeldung zurück. Falls für *'num_levels'* *'auto'* (Defaultwert) übergeben wird, wählt create_shape_model_3d die Anzahl der Pyramidenstufen automatisch. In diesem Fall werden die Ansichten aller Pyramidenebenen dahingehend überprüft, ob die entsprechenden Formbeschreibungen noch erkennbar sind. Stellt sich dabei heraus, dass die Formbeschreibung zu unspezifisch ist, wird die entsprechende Ansicht aus dem Modell entfernt und durch eine Ansicht auf einer darunter liegenden Ebene ersetzt. Zu beachten ist, dass es vorkommen kann, dass für unterschiedliche Ansichten unterschiedlich viele Pyramidenebenen erstellt werden, wenn für *'num_levels'* *'auto'* übergeben wird, In seltenen Fällen kann es vorkommen, dass create_shape_model_3d die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch oder zu niedrig bestimmt. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch gewählt wird, kann das dazu führen, dass das Modell im Bild nicht erkannt wird oder dass sehr niedrige Parameter für MinScore oder Greediness in find_shape_model_3d selektiert werden müssen, damit das Modell gefunden wird. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu niedrig gewählt wird, kann es zu erhöhten Laufzeiten in find_shape_model_3d kommen. In diesen Fällen sollten die Ansichten auf den verschiedenen Pyramidenebenen mit get_shape_model_3d_contours überprüft werden.

Wertevorschläge: *'auto'*, *3*, *4*, *5*, *6*

Default: *'auto'*

'fast_pose_refinement': Der Parameter legt fest, ob die Pose-Verfeinerung während der Suche mit find_shape_model_3d in einem beschleunigten Modus durchgeführt werden soll. Falls für *'fast_pose_refinement'* *'false'* gewählt wird, kann die Pose-Verfeinerung bei komplexen Modellen mit vielen Flächen einen signifikanten Teil der Rechenzeit ausmachen. Falls für *'fast_pose_refinement'* *'true'* gewählt wird, werden für die Pose-Verfeinerung notwendige Berechnungen bereits während der Modellerzeugung ausgeführt und im Modell gespeichert. Die Pose-Verfeinerung während der Suche geht dann deutlich schneller. Zu beachten ist allerdings, dass die Größe des Modells in diesem Fall deutlich anwachsen kann (typischerweise um weniger als 30 Prozent). Außerdem ist zu beachten, dass es bei find_shape_model_3d in Abhängigkeit von der Wahl von *'fast_pose_refinement'* zu leicht unterschiedlichen Ergebnis-Posen kommen kann, da bei der Wahl von *'true'* intern die Pose-Verfeinerung approximiert wird.

Werteliste: *'true'*, *'false'*,

Default: *'true'*

'lowest_model_level': In manchen Fällen ist der Modellgenerierungsprozess sehr zeitaufwändig und der Speicherbedarf des resultierenden Modells sehr hoch. Der Grund hierfür ist, dass in diesen Fällen die Anzahl der Ansichten, die generiert und im Modell gespeichert werden müssen, sehr hoch ist. Je größer der Pose-Bereich gewählt wird und je größer die Objekte im Bild erscheinen (gemessen in Pixeln), desto mehr Ansichten werden benötigt. Vor allem die Verwendung von großen Bildern (z.B. größer als 640×480) kann folglich zu

sehr großen Modellen führen. Da die Anzahl der Ansichten auf den untersten Pyramidenebene am größten ist, bietet der Parameter *'lowest_model_level'* die Möglichkeit, die unterste(n) Pyramidenebene(n) von der Ansichtsgenerierung auszuschließen. Der Wert, der für *'lowest_model_level'* übergeben wird, bestimmt die unterste Pyramidenebene, bis zu der Ansichten generiert und im Modell gespeichert werden. Wird z.B. für *'lowest_model_level'* der Wert *2* übergeben, verringert sich bei großen Modellen die Modellgenerierungszeit und die Modellgröße auf ca. ein Drittel der ursprünglichen Werte. Wird *'lowest_model_level'* nicht angegeben, werden Ansichten bis zur untersten Pyramidenebene generiert, was dem Verhalten entspricht, wenn für *'lowest_model_level' 1* übergeben wird. Wird für *'lowest_model_level'* ein Wert größer als *1* übergeben, wird bei der späteren Suche mit `find_shape_model_3d` die Verfolgung der Matches durch die Pyramide zunächst auf der angegebenen Ebene abgebrochen. Wird bei `find_shape_model_3d` für die Verfeinerung der Posen allerdings ein Least-Squares Adjustment gewählt, werden die Matches anschließend mit Hilfe des Least-Squares Adjustments auf der untersten Ebene verfeinert. Zu beachten ist, dass für verschiedene Werte von *'lowest_model_level'* bei der Suche unterschiedliche Matches gefunden werden können. Des weiteren ist der Score der Matches abhängig von der bei der Suche gewählten Verfeinerungsmethode. Außerdem ist zu beachten, dass je größer *'lowest_model_level'* gewählt wird, desto größer wird der Anteil der Verfeinerung an der Gesamtlaufzeit von `find_shape_model_3d`. Daher wirkt sich auch der Wert des generischen Parameters *'fast_pose_refinement'* (siehe oben) mit größeren Werten für *'lowest_model_level'* stärker aus. Auf der einen Seite kann ein großer Wert für *'lowest_model_level'* bei ausgeschaltetem *'fast_pose_refinement'* (*'false'*) zu sehr langen Rechenzeiten während der Suche führen. Auf der anderen Seite kann ein großer Wert für *'lowest_model_level'* bei eingeschaltetem *'fast_pose_refinement'* (*'true'*) zu ungenaueren Ergebnissen führen, da intern die Pose-Verfeinerung nur approximiert wird. Der Wert für *'lowest_model_level'* sollte demnach so klein wie möglich gewählt werden. Außerdem sollte *'lowest_model_level'* so klein gewählt werden, dass der Großteil der Kanten des 3D-Objektmodells auf dieser Pyramidenebene noch erkennbar sind.

Wertevorschläge: *1*, *2*, *3*

Default: *1*

'optimization': Bei Modellen mit besonders großen Ansichten kann es auch sinnvoll sein, die Anzahl der Modellpunkte durch Setzen des Parameters *'optimization'* auf einen Wert ungleich *'none'* zu setzen. Falls *'optimization'* = *'none'*, werden alle Modellpunkte abgespeichert. Ansonsten wird die Anzahl der Punkte entsprechend dem Parameter *'optimization'* reduziert. Falls die Anzahl der Punkte reduziert wird, kann es bei `find_shape_model_3d` notwendig werden, den Parameter `Greediness` auf einen kleineren Wert, z.B. 0.7 oder 0.8, zu setzen. Bei Modellen mit kleineren Ansichten bewirkt die Reduktion der Anzahl der Punkte keine Beschleunigung, da dadurch typischerweise wesentlich mehr potentielle Instanzen des Modells untersucht werden müssen. Falls für *'optimization' 'auto'* übergeben wird, wählt `create_shape_model_3d` die Reduktion der Punkte automatisch.

Werteliste: *'auto'*, *'none'*, *'point_reduction_low'*, *'point_reduction_medium'*, *'point_reduction_high'*

Default: *'auto'*

'metric': Dieser Parameter legt fest, unter welchen Bedingungen das Modell im Bild noch erkannt wird. Wenn *'metric'* = *'ignore_part_polarity'*, dann darf sich die Kontrastpolarität nur zwischen verschiedenen Modellteilen ändern, wohingegen die Polarität von Modellpunkten innerhalb des selben Modellteils nicht wechseln darf. Zu beachten ist, dass der Begriff *'ignore_part_polarity'* missverstanden werden kann. Er bedeutet, dass Polaritätswechsel zwischen benachbarten Modellteilen den Score nicht beeinflussen und daher ignoriert werden. Geeignete Modellteile werden automatisch bestimmt. Die Größe der Teile kann mit dem generischen Parameter *'part_size'*, der weiter unten beschrieben ist, festgelegt werden. Zu beachten ist, dass diese Metrik nur mit einkanaligen Bildern verwendet werden kann. Wird ein mit dieser Metrik generiertes Modell mit `find_shape_model_3d` in einem mehrkanaligen Bild gesucht, wird ein Fehler zurückgegeben. Wenn *'metric'* = *'ignore_local_polarity'*, dann können Objekte auch dann erkannt werden, wenn sich die Kontrastpolarität lokal für jeden Modellpunkt ändert. Diese Metrik kann sowohl für die Suche in einkanaligen als auch in mehrkanaligen Bildern verwendet werden. Die Metrik *'ignore_part_polarity'* sollte verwendet werden, wenn das Objekt in Bildern mit starker Hintergrundtextur oder mit Störobjekten gesucht werden soll, was ansonsten zu falschen Matches führen würde. Zu beachten ist, dass der von `find_shape_model_3d` berechnete Score im Allgemeinen für *'ignore_part_polarity'* kleiner ist als für *'ignore_local_polarity'*. Dies sollte bei der Wahl von `MinScore` des Operators `find_shape_model_3d` berücksichtigt werden.

Werteliste: *'ignore_local_polarity'*, *'ignore_part_polarity'*

Default: *'ignore_local_polarity'*

'part_size': Mit diesem Parameter wird die Größe der Objektteile festgelegt, die verwendet werden, wenn *'metric'* auf *'ignore_part_polarity'* (siehe oben) gesetzt wird. Die Größe muss in Pixeln angeben werden und sollte ungefähr zweimal so groß sein wie die Größe der Störtextur im Bild. Möchte man z.B. Objekte vor einem

schachbrettartigen Hintergrund mit schwarzen und weißen Quadraten der Größe 5×5 Pixel finden, dann sollte *'part_size'* auf *10* gesetzt werden. Dabei ist zu beachten, dass größere Werte für *'part_size'* den Score von korrekten Instanzen ebenfalls verringern kann. Dies kann vor allem bei Objekten mit glänzenden oder reflektierenden Oberflächen auftreten. Folglich kann ein höherer Wert für *'part_size'* das Risiko erhöhen, richtige Instanzen nicht mehr finden zu können. Wurde für *'metric'* *'ignore_local_polarity'* gewählt, wird der Wert von *'part_size'* ignoriert.

Wertevorschläge: *2*, *3*, *4*, *6*, *8*, *10*

Default: *4*

'min_face_angle': Kanten des 3D-Objektmodells werden nur dann in die Formbeschreibung der Ansichten übernommen, wenn der Winkel zwischen den beiden benachbarten Flächen im 3D-Objektmodell, die diese Kante gemeinsam haben, größer ist als *'min_face_angle'*. Wird *'min_face_angle'* auf *0.0* gesetzt, werden alle Kanten übernommen. Wird *'min_face_angle'* auf π (entspricht 180 Grad) gesetzt, wird nur die Silhouette des 3D-Objektmodells übernommen. Dieser Parameter kann insbesondere dafür verwendet werden, um Kanten in gekrümmten Flächen, z.B. einer Zylinder- oder Kegeloberfläche, zu unterdrücken. Gekrümmte Flächen werden durch eine Vielzahl ebener Flächen approximiert. Die Kanten zwischen solchen Flächen sollten nicht in die Formbeschreibung aufgenommen werden, da sie auch in echten Bildern vom Modell nicht zu sehen sind. Deshalb sollte *'min_face_angle'* genügend hoch gesetzt werden um solche Kanten zu unterdrücken. Die Auswirkung unterschiedlicher Werte für *'min_face_angle'* kann vor dem Aufruf von `create_shape_model_3d` mit `project_object_model_3d` überprüft werden. Zu beachten ist, dass wenn Kanten in die Formbeschreibung aufgenommen werden, die im Suchbild nicht sichtbar sind, die Matchingperformance (Robustheit und Geschwindigkeit) deutlich absinken kann.

Wertevorschläge: *'rad(10)'*, *'rad(20)'*, *'rad(30)'*, *'rad(45)'*

Default: *'rad(30)'*

'min_size': Dieser Wert dient zur Selektion von signifikanten Komponenten des Modells basierend auf der Größe der Komponenten, d.h. zusammenhängende Komponenten, deren Anzahl von Punkten kleiner ist als diese Mindestgröße, werden unterdrückt. Dieser Schwellenwert wird pro Pyramidenstufe halbiert.

Wertevorschläge: *'auto'*, *0*, *3*, *5*, *10*, *20*

Default: *'auto'*

'model_tolerance': Der Parameter spezifiziert die Toleranz der projizierten Kanten des 3D-Objektmodells im Bild (in Pixel). Je größer der Wert gewählt wird, desto weniger Ansichten werden generiert. Ein größerer Wert hat demnach zur Folge, dass das Modell zum einen weniger Speicher benötigt und zum anderen schneller mit `find_shape_model_3d` gefunden werden kann. Andererseits kann sich die Robustheit des Matchings verringern, wenn für *'model_tolerance'* ein zu großer Wert gewählt wird. Daher sollte dieser Parameter nur mit Sorgfalt verändert werden. Für die meisten Anwendungen stellt ein Wert von *1* einen guten Kompromiss zwischen Geschwindigkeit und Robustheit dar.

Wertevorschläge: *0*, *1*, *2*

Default: *1*

'union_adjacent_contours': Dieser Parameter legt fest, ob nach der Projektion mittels `project_shape_model_3d` benachbarte Konturen verbunden werden sollen. Diese Option is äquivalent zu einem anschließenden Aufruf von `union_adjacent_contours_xld`, ist allerdings deutlich schneller.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: *'false'*

Ist die Systemvariable (siehe `set_system`) *'opengl_hidden_surface_removal_enable'* auf *'true'* gesetzt (Standard, sofern es verfügbar ist), wird die Grafikkarte verwendet um die Berechnung der sichtbaren Flächen in den Modellansichten zu beschleunigen. Abhängig von der verwendeten Grafikkarte ist dies signifikant schneller als die analytische Sichtbarkeitsberechnung. Ist *'fast_pose_refinement'* auf *'true'* gesetzt, werden auch die Vorberechnungen für die Pose-Verfeinerung auf der Grafikkarte durchgeführt. Es ist zu beachten, dass die Ergebnisse der OpenGL Projektion leicht verschieden zu den Ergebnissen der analytischen Projektion sind.

Parameter

▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells.

▷ **CamParam** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
Interne Kameraparameter.

▷ **RefRotX** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Referenzorientierung: Rotation um x-Achse bzw. x-Komponente des Rodriguez-Vektors (in Bogenmaß bzw. ohne Einheit).
Default: 0
Wertevorschläge: `RefRotX` ∈ {-1.57, -0.78, -0.17, 0., 0.17, 0.78, 1.57}

▷ **RefRotY** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Referenzorientierung: Rotation um y-Achse bzw. y-Komponente des Rodriguez-Vektors (in Bogenmaß bzw. ohne Einheit).
Default: 0
Wertevorschläge: `RefRotY` ∈ {-1.57, -0.78, -0.17, 0., 0.17, 0.78, 1.57}

▷ **RefRotZ** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Referenzorientierung: Rotation um z-Achse bzw. z-Komponente des Rodriguez-Vektors (in Bogenmaß bzw. ohne Einheit).
Default: 0
Wertevorschläge: `RefRotZ` ∈ {-1.57, -0.78, -0.17, 0., 0.17, 0.78, 1.57}

▷ **OrderOfRotation** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Bedeutung der Rotationswerte der Referenzorientierung.
Default: 'gba'
Werteliste: `OrderOfRotation` ∈ {'gba', 'abg', 'rodriguez'}

▷ **LongitudeMin** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Kleinste geographische Länge der Modellansichten.
Default: -0.35
Wertevorschläge: `LongitudeMin` ∈ {-0.78, -0.35, -0.17}

▷ **LongitudeMax** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Größte geographische Länge der Modellansichten.
Default: 0.35
Wertevorschläge: `LongitudeMax` ∈ {0.17, 0.35, 0.78}
Restriktion: LongitudeMax >= LongitudeMin

▷ **LatitudeMin** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Kleinste geographische Breite der Modellansichten.
Default: -0.35
Wertevorschläge: `LatitudeMin` ∈ {-0.78, -0.35, -0.17}
Restriktion: - pi / 2 <= LatitudeMin && LatitudeMin <= pi / 2

▷ **LatitudeMax** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Größte geographische Breite der Modellansichten.
Default: 0.35
Wertevorschläge: `LatitudeMax` ∈ {0.17, 0.35, 0.78}
Restriktion: - pi / 2 <= LatitudeMax && LatitudeMax <= pi / 2 && LatitudeMax >= LatitudeMin

▷ **CamRollMin** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Kleinster Kamerarollwinkel der Modellansichten.
Default: -3.1416
Wertevorschläge: `CamRollMin` ∈ {-3.14, -1.57, -0.39, 0.0, 0.39, 1.57, 3.14}

▷ **CamRollMax** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Größter Kamerarollwinkel der Modellansichten.
Default: 3.1416
Wertevorschläge: `CamRollMax` ∈ {-3.14, -1.57, -0.39, 0.0, 0.39, 1.57, 3.14}
Restriktion: CamRollMax >= CamRollMin

▷ **DistMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinster Kamera-Objekt-Abstand der Modellansichten.
Default: 0.3
Wertevorschläge: `DistMin` ∈ {0.05, 0.1, 0.2, 0.5}
Restriktion: DistMin > 0

▷ **DistMax** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Größter Kamera-Objekt-Abstand der Modellansichten.
Default: 0.4
Wertevorschläge: `DistMax` ∈ {0.1, 0.2, 0.5, 1.0}
Restriktion: DistMax >= DistMin

▷ **MinContrast** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Minimaler Kontrast des Objektes in den Suchbildern.
Default: 10
Wertevorschläge: MinContrast ∈ {1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 1000, 2000, 5000}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen von (optionalen) Parametern für die Steuerung des Verhaltens des Operators.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'num_levels', 'fast_pose_refinement', 'lowest_model_level', 'optimization', 'metric', 'part_size', 'min_face_angle', 'min_size', 'model_tolerance', 'union_adjacent_contours'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *integer* / real / string
Die zu den optionalen generischen Parametern gehörenden Werte.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 'auto', 'none', 'point_reduction_low', 'point_reduction_medium', 'point_reduction_high', 0.1, 0.2, 0.3, 'ignore_local_polarity', 'ignore_part_polarity', 'true', 'false'}

▷ **ShapeModel3DID** (output_control) . . . . . shape_model_3d ⇝ *handle*
Handle des 3D-Formmodells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_shape_model_3d den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wenn die Parameter so gewählt worden sind, dass alle Modellansichten zu wenige Punkte besitzen, wird die Fehlermeldung 8510 zurückgeliefert. Für den Fall, dass das projizierte Modell in mindestens einer Ansicht größer als die doppelte Bildgröße ist, wird die Fehlermeldung 8910 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

read_object_model_3d, project_object_model_3d, get_object_model_3d_params

Nachfolger

find_shape_model_3d, write_shape_model_3d, project_shape_model_3d, get_shape_model_3d_params, get_shape_model_3d_contours

Siehe auch

convert_point_3d_cart_to_spher, convert_point_3d_spher_to_cart, create_cam_pose_look_at_point, trans_pose_shape_model_3d

Literatur

Markus Ulrich, Christian Wiedemann, Carsten Steger, „Combining Scale-Space and Similarity-Based Aspect Graphs for Fast 3D Object Recognition," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp. 1902-1914, Oct., 2012.

Modul

3D Metrology

deserialize_shape_model_3d (: : SerializedItemHandle : ShapeModel3DID)

Deserialisieren eines 3D-Formmodells.

deserialize_shape_model_3d deserialisiert ein 3D-Formmodell, welches mit serialize_shape_model_3d serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte 3D-Formmodell wird in dem Handle

SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten 3D-Formmodell mit dem Handle ShapeModel3DID gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **ShapeModel3DID** (output_control) ..... shape_model_3d ⇝ *handle*
Handle des 3D-Formmodells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_shape_model_3d den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

fread_serialized_item, receive_serialized_item, serialize_shape_model_3d

Nachfolger

find_shape_model_3d, get_shape_model_3d_params

Siehe auch

create_shape_model_3d, clear_shape_model_3d

Modul

3D Metrology

find_shape_model_3d (Image : : ShapeModel3DID, MinScore, Greediness, NumLevels, GenParamName, GenParamValue : Pose, CovPose, Score)

Suche der besten Matches eines 3D-Formmodells in einem Bild.

find_shape_model_3d findet die besten Matches des 3D-Formmodells ShapeModel3DID im Eingabebild Image. Das 3D-Formmodell muss zuvor mit create_shape_model_3d erzeugt oder mit read_shape_model_3d eingelesen worden sein.

Die 3D-Lage der gefundenen Modellinstanzen wird in Pose zurückgeliefert. Sie ist in der Form ${}^{ccs}\mathbf{P}_{mcs}$. Dabei steht *ccs* für das Kamerakoordinatensystem und *mcs* für das Modellkoordinatensystem (ein 3D Weltkoordinatensystem), siehe auch Transformationen / Posen und „Solution Guide III-C - 3D Vision". Dies bedeutet, sie beschreibt die Lage des 3D-Objektmodells im Kamerakoordinatensystem. Zu beachten ist, dass sich die resultierende Pose nicht auf das in create_shape_model_3d eingeführte Referenzkoordinatensystem bezieht, sondern auf das ursprüngliche durch die CAD-Datei definierte Koordinatensystem des 3D-Objektmodells. Falls eine 3D-Lagen-Verfeinerung durchgeführt wurde (siehe unten), werden zusätzlich die Genauigkeiten der sechs 3D-Lagen-Parameter in CovPose zurückgeliefert. Standardmäßig enthält CovPose die 6 Standardabweichungen der 3D-Lagen-Parameter pro Match. Wurde der generische Parameter *'cov_pose_mode'* (siehe unten) dagegen auf *'covariances'* gesetzt, enthält CovPose die 36 Werte der kompletten 6×6 Kovarianzmatrix der 6 Posenwerte. Zu beachten ist, dass es dabei nur um eine innere Genauigkeit der 3D-Lagen-Verfeinerung handelt. Die tatsächliche Genauigkeit der 3D-Lage kann davon abweichen. Schließlich wird in Score die Bewertung der gefundenen Instanzen zurückgegeben. Die Bewertung ist eine Zahl zwischen 0 und 1 und ist ein ungefähres Maß dafür, welcher Anteil des Modells im Bild zu sehen ist. Falls z.B. die Hälfte des Modells im Bild verdeckt ist, kann die Bewertung nicht größer als 0.5 sein.

Eingabeparameter im Detail

Image und seine Region: Der Definitionsbereich des Bildes Image gibt den Suchbereich für den Referenzpunkt des 3D-Objektmodells an. Es müssen keine Verzeichnungen in Image korrigiert werden, da bei der Erstellung des Modells bereits Kalibrierdaten übergeben wurden.

MinScore: Der Parameter MinScore legt fest, welche Bewertung ein potentieller Match mindestens besitzen muss, damit er als eine Instanz des Modells im Bild angesehen wird. Je größer der Wert von MinScore gewählt werden kann, desto schneller verläuft die Suche. Falls erwartet werden kann, dass das Modell niemals verdeckt wird, kann MinScore auf so hohe Werte wie 0.8 oder sogar 0.9 gesetzt werden. Zu beachten ist, dass in Bildern mit vielen Störobjekten oder mit starker Hintergrundtextur der Wert für MinScore nicht deutlich niedriger als *0.7* gesetzt werden sollte, da ansonsten falsche Matches gefunden werden könnten.

Greediness: Der Parameter Greediness bestimmt, wie „gierig“ die Suche durchgeführt werden soll. Für Greediness $= 0$ wird eine sichere Suchheuristik verwendet, die das Modell, falls im Bild vorhanden, immer findet. Allerdings ist die Suche hiermit relativ zeitaufwendig. Für Greediness $= 1$ wird eine unsicherere Suchheuristik verwendet, bei der es in seltenen Fällen vorkommen kann, dass das Modell nicht gefunden wird, obwohl es im Bild sichtbar ist. Für Greediness $= 1$ wird die maximale Suchgeschwindigkeit erreicht. In den allermeisten Fällen wird das 3D-Formmodell für Greediness $= 0.9$ immer sicher gefunden.

NumLevels: Mit NumLevels wird die Anzahl der Pyramidenebenen festgelegt, die bei der Suche verwendet werden soll. Die Anzahl der Ebenen wird gegebenenfalls auf den bei der Erzeugung mit create_shape_model_3d angegebenen Bereich beschnitten. Falls NumLevels als *0* angegeben wird, wird die mit create_shape_model_3d angegebene Anzahl verwendet. Optional kann NumLevels einen zweiten Wert enthalten, der die unterste Pyramidenebene spezifiziert, bis auf welche die Matches verfolgt werden sollen. Ein Wert von *[4,2]* bedeutet also, dass das Matching auf der vierten Pyramidenebene begonnen wird und auf der zweituntersten Pyramidenebene beendet wird (die unterste Pyramidenebene hat den Wert 1). Dieser Mechanismus kann dazu verwendet werden, um Laufzeit einzusparen. Falls die unterste zu verwendende Pyramidenebene zu groß gewählt wird, kann es vorkommen, dass die gewünschte Genauigkeit nicht mehr erreicht werden kann, oder dass falsche Instanzen des Modells gefunden werden, weil das Modell auf den oberen Pyramidenstufen nicht eindeutig genug ist, um eine sichere Selektion der korrekten Instanz des Modells zu ermöglichen. In diesem Fall muss ein kleinerer Wert für die unterste zu verwendende Pyramidenebene gewählt werden.

GenParamName und GenParamValue: Zusätzlich zu den oben beschriebenen Parametern gibt es generische Parameter, die optional angegeben werden können, um das Matching zu beeinflussen. Für die meisten Anwendungen müssen diese Parameter nicht spezifiziert werden, sondern können mit den Defaultwerten übernommen werden. Fall erwünscht, können die generischen Parameter und deren Werte in GenParamName und GenParamValue übergeben werden. Die folgenden Werte für GenParamName sind möglich:

- Für den Fall, dass der Pose-Bereich, in dem das Modell gesucht werden soll, kleiner ist als der Pose-Bereich, der bei der Modellgenerierung mit create_shape_model_3d angegeben wurde, kann der Pose-Bereich mit den folgenden Parametern eingeschränkt werden. Falls die Werte außerhalb des Pose-Bereichs des Modell liegen, werden diese automatisch auf den Pose-Bereich des Modells beschnitten.

  'longitude_min': Setzt die kleinste geographische Länge des Pose-Bereichs.
  Wertevorschläge: *'rad(-45)'*, *'rad(-30)'*, *'rad(-15)'*
  Default: *'rad(-180)'*

  'longitude_max': Setzt die größte geographische Länge des Pose-Bereichs.
  Wertevorschläge: *'rad(15)'*, *'rad(30)'*, *'rad(45)'*
  Default: *'rad(180)'*

  'latitude_min': Setzt die kleinste geographische Breite des Pose-Bereichs.
  Wertevorschläge: *'rad(-45)'*, *'rad(-30)'*, *'rad(-15)'*
  Default: *'rad(-90)'*

  'latitude_max': Setzt die größte geographische Breite des Pose-Bereichs.
  Wertevorschläge: *'rad(15)'*, *'rad(30)'*, *'rad(45)'*
  Default: *'rad(90)'*

  'cam_roll_min': Setzt den kleinsten Kamerarollwinkel des Pose-Bereichs.
  Wertevorschläge: *'rad(-45)'*, *'rad(-30)'*, *'rad(-15)'*
  Default: *'rad(-180)'*

  'cam_roll_max': Setzt den größten Kamerarollwinkel des Pose-Bereichs
  Wertevorschläge: *'rad(15)'*, *'rad(30)'*, *'rad(45)'*
  Default: *'rad(180)'*

  'dist_min': Setzt den kleinsten Kamera-Objekt-Abstand des Pose-Bereichs.
  Wertevorschläge: *0.05*, *0.1*, *0.5*, *1.0*
  Default: *0*

'dist_max': Setzt den größten Kamera-Objekt-Abstand des Pose-Bereichs.
Wertevorschläge: *0.05*, *0.1*, *0.5*, *1.0*
Default: (∞)

- Weitere generische Parameter, die nicht den Pose-Bereich betreffen, können wie folgt angegeben werden:

'num_matches': Mit diesem Parameter kann angegeben werden, wie viele Instanzen des Modells im Bild höchstens gefunden werden sollen. Falls mehr als die angegebene Anzahl Instanzen eine Bewertung größer als `MinScore` erreichen, werden nur die besten *'num_matches'* Instanzen zurückgeliefert. Falls weniger als *'num_matches'* Instanzen gefunden werden, werden nur diese Instanzen zurückgeliefert, d.h. der Parameter `MinScore` hat Vorrang vor *'num_matches'*. Wird für *'num_matches'* der Wert *0* übergeben, werden alle Matches, die das Score-Kriterium erfüllen zurückgegeben. Zu beachten ist, dass je mehr Instanzen gefunden werden sollen, desto langsamer wird das Matching sein.
Wertevorschläge: *0*, *1*, *2*, *3*
Default: *1*

'max_overlap': Es kann vorkommen, dass mehrere Instanzen an ähnlichen Positionen im Bild, aber mit verschiedenen Posen gefunden werden. Mit dem Parameter *'max_overlap'* kann bestimmt werden, um welchen Anteil, ausgedrückt als Zahl zwischen 0 und 1, sich zwei Instanzen höchstens überlappen dürfen, damit sie als verschieden angesehen werden, und somit zurückgeliefert werden. Falls sich zwei Instanzen um mehr als *'max_overlap'* überlappen, wird nur die beste gefundene Instanz zurückgeliefert. Die Berechnung der Überlappung erfolgt anhand der kleinsten umschließenden Rechtecke beliebiger Orientierung der Konturen (siehe `smallest_rectangle2`). Wurde in `create_shape_model_3d` für *'lowest_model_level'* ein Wert größer als *1* übergeben, basiert die Berechnung anstatt auf den Konturen auf dem kleinsten umschließenden Rechteck der Projektion des kleinsten umschließenden achsenparallelen Quaders des 3D-Objektmodells. Da in diesem Fall die Überlappung überschätzt werden kann, ist es in manchen Fällen nötig, einen größeren Wert für *'max_overlap'* zu übergeben. Bei $'max_overlap' = 0$ dürfen sich die gefundenen Instanzen nicht überlappen, bei $'max_overlap' = 1$ werden alle gefundenen Instanzen zurückgeliefert.
Wertevorschläge: *0.0*, *0.2*, *0.4*, *0.6*, *0.8*, *1.0*
Default: *0.5*

'pose_refinement': Dieser Parameter gibt an, ob die Posen der gefundenen Instanzen verfeinert werden sollen. Falls für *'pose_refinement'* *'none'* gewählt wird, wird die Pose des Modells nur mit einer eingeschränkten Genauigkeit bestimmt. In diesem Fall hängt die Genauigkeit von verschiedenen Abtastschrittweiten ab, die während der Suche verwendet werden. Daher lässt sich die damit erzielbare Genauigkeit nur schlecht abschätzen. Aus diesem Grund sollte für *'pose_refinement'* nur dann *'none'* gewählt werden, wenn es in erster Linie auf die Geschwindigkeit ankommt und eine Näherungspose ausreichend ist. In allen anderen Fällen sollte die Pose durch Ausgleichsrechnung, d.h., durch Minimierung der Abstände der Modellpunkte und der zugehörigen Bildpunkte (Least-Squares Adjustment), bestimmt werden. Um eine möglichst hohe Genauigkeit zu erzielen, wird die Pose-Verfeinerung direkt in 3D durchgeführt. Daher kostet dieser Modus auch zusätzliche Rechenzeit. Ist die Systemvariable (siehe `set_system`) *'opengl_hidden_surface_removal_enable'* auf *'true'* gesetzt (Standard, sofern es verfügbar ist) und wurde das Modell mit *'fast_pose_refinement'* auf *'false'* gesetzt erzeugt, wird die Modellprojektion für die Pose-Verfeinerung auf der Grafikkarte durchgeführt. Abhängig von der verwendeten Grafikkarte ist dies signifikant schneller als die analytische Projektion. Es ist zu beachten, dass die Ergebnisse der OpenGL Projektion leicht verschieden zu denen der analytischen Projektion sind. Mit den verschiedenen Modi (*'least_squares'*, *'least_squares_high'* und *'least_squares_very_high'*) kann dabei die Genauigkeit festgelegt werden, mit der der minimale Abstand gesucht wird. Je höher die Genauigkeit gewählt wird, desto länger dauert allerdings auch die Pose-Verfeinerung. Im Normalfall sollte *'pose_refinement'* auf *'least_squares_high'* gesetzt werden, da sich so der optimale Kompromiss zwischen Laufzeit und Genauigkeit ergibt. Zu beachten ist, dass die Pose-Verfeinerung durch die Wahl von *'fast_pose_refinement'* für den Parameter `GenParamName` des Operators `create_shape_model_3d` beschleunigt werden kann.
Werteliste: *'none'*, *'least_squares'*, *'least_squares_high'*, *'least_squares_very_high'*
Default: *'least_squares_high'*

'recompute_score': Dieser Parameter gibt an, ob der Score der Matches nach der Pose-Verfeinerung neu berechnet wird. Wird für *'recompute_score'* *'false'* gewählt, wird der Score zurückgegeben, der vor der Pose-Verfeinerung errechnet wurde. In manchen Fällen ändert sich die Objekt-Pose durch die

Pose-Verfeinerung allerdings um mehr als nur ein Pixel im Bild. Folglich beschreibt der ursprüngliche Score unter Umständen den verfeinerten Match nicht mehr angemessen. Dies kann dazu führen, dass falsche Matches einen relativ hohen Score erhalten oder dass perfekte Matches einen relativ geringen Score erhalten. Um einen aussagekräftigeren Score zu erhalten, kann der Score nach der Pose-Verfeinerung neu berechnet werden indem der Parameter *'recompute_score'* auf *'true'* gesetzt wird. Zu beachten ist, dass sich dadurch die Reihenfolge der zurückgegebenen Matches ändern kann. Außerdem kann sich auch die Auswahl der zurückgegebenen Matches ändern. Des Weiteren ist zu beachten, dass die Neuberechnung der Score-Werte zusätzliche Rechenzeit beansprucht. Die zusätzliche Rechenzeit kann durch das Setzen des Parameters *'fast_pose_refinement'* des Operators `create_shape_model_3d` auf *'true'* reduziert werden.
Werteliste: *'false'*, *'true'*
Default: *'false'*

'outlier_suppression': Dieser Parameter wirkt sich nur dann aus, wenn für *'pose_refinement'* ein anderer Wert als *'none'* gewählt wird, also eine Ausgleichsrechnung durchgeführt wird. Dann kann es in einigen Fällen sinnvoll sein, während der Ausgleichsrechnung eine robuste Ausreißerunterdrückung anzuwenden. Dies ist insbesondere dann hilfreich, wenn im Bild ein hoher Grad an Störobjekten vorhanden ist, die verhindern, dass die Ausgleichsrechnung die optimale Pose findet. In diesem Fall sollte *'outlier_suppression'* entweder auf *'medium'* (eliminiert eine mittlere Anzahl an Ausreißern) oder auf *'high'* (eliminiert eine hohe Anzahl an Ausreißern) gesetzt werden. Für die meisten Anwendungen ist jedoch keine Ausreißerunterdrückung notwendig, d.h. *'outlier_suppression'* kann auf *'none'* gesetzt werden. Zu beachten ist auch, dass eine aktivierte Ausreißerunterdrückung mit einer deutlich längeren Rechenzeit verbunden ist.
Werteliste: *'none'*, *'medium'*, *'high'*
Default: *'none'*

'cov_pose_mode': Dieser Parameter wirkt sich nur dann aus, wenn für *'pose_refinement'* ein anderer Wert als *'none'* gewählt wird, also eine Ausgleichsrechnung durchgeführt wird. *'cov_pose_mode'* legt fest, in welcher Form die Genauigkeiten `CovPose` der in der Ausgleichsrechnung berechneten Pose-Parameter zurückgegeben werden. Wird für *'cov_pose_mode'* *'standard_deviations'* übergeben, so werden für die 6 Pose-Parameter eines Matches deren 6 Standardabweichungen zurückgegeben. Wird für *'cov_pose_mode'* dagegen *'covariances'* gewählt, enthält `CovPose` pro Match die 36 Werte der kompletten 6×6 Kovarianzmatrix der 6 Posenwerte.
Werteliste: *'standard_deviations'*, *'covariances'*
Default: *'standard_deviations'*

'border_model': Im Normalfall wird das Modell innerhalb des Definitionsbereiches des Eingabebildes nur an den Stellen gesucht, an denen das Modell vollständig in das Bild passt. Das bedeutet, dass das Modell nicht gefunden werden kann, wenn es aus dem Bild herausragt, selbst wenn es eine Bewertung größer als `MinScore` erreichen würde. Außerdem kann es sein, dass das Modell, wenn es in einer der Pyramidenebenen den Bildrand berührt, ebenfalls nicht gefunden wird, auch wenn es im ursprünglichen Bild vollständig enthalten ist. Als Daumenregel gilt hier, dass das Modell dann nicht gefunden werden könnte, wenn seine Distanz zum Bildrand unter $2^{NumLevels-1}$ fällt. Dieses Verhalten kann durch das Setzen von *'border_model'* auf *'true'* dahingehend verändert werden, dass auch Modelle gefunden werden, die aus dem Bild herausragen, falls sie eine Bewertung größer als `MinScore` erreichen. Dabei werden Punkte außerhalb des Bildes als verdeckt angesehen, d.h. sie verringern die Bewertung. Es ist zu beachten, dass dieser Modus die Laufzeit der Suche erhöht. Es ist weiter zu beachten, dass in seltenen Fällen, die typischerweise nur in künstlichen Bildern auftreten, auch dann kein Modell gefunden wird, wenn das Modell in einer Pyramidenebene die reduzierte Bilddomäne berührt. In diesem Fall kann es helfen, die Region der Domäne um $2^{NumLevels-1}$, z.B., mit `dilation_circle` zu vergrößern.
Werteliste: *'false'*, *'true'*
Default: *'false'*

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild, in dem das Modell gefunden werden soll.

▷ **`ShapeModel3DID`** (input_control) . . . . . shape_model_3d ⇝ *handle*
Handle des 3D-Formmodells.

▷ **MinScore** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen des Modells.
Default: 0.7
Wertevorschläge: MinScore ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ MinScore ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **Greediness** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
„Gierigkeit“ der Suchheuristik (0: sicher aber langsam; 1: schnell aber Matches können „übersehen“ werden).
Default: 0.9
Wertevorschläge: Greediness ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ Greediness ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Anzahl der verwendeten Pyramidenebenen (und unterste zu verwendende Pyramidenebene falls |NumLevels| = 2).
Default: 0
Werteliste: NumLevels ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Namen von (optionalen) Parametern für die Steuerung des Verhaltens des Operators.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {’longitude_min’, ’longitude_max’, ’latitude_min’, ’latitude_max’, ’cam_roll_min’, ’cam_roll_max’, ’dist_min’, ’dist_max’, ’num_matches’, ’max_overlap’, ’pose_refinement’, ’cov_pose_mode’, ’outlier_suppression’, ’border_model’, ’recompute_score’}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *integer* / real / string
Die zu den optionalen generischen Parametern gehörenden Werte.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {-0.78, -0.35, -0.17, 0.0, 0.17, 0.35, 0.78, 0.1, 0.2, 0.5, ’none’, ’false’, ’true’, ’least_squares’, ’least_squares_high’, ’least_squares_very_high’, ’standard_deviations’, ’covariances’, ’medium’, ’high’}

▷ **Pose** (output_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
3D-Lage des 3D-Formmodells.

▷ **CovPose** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
6 Standardabweichungen bzw. 36 Kovarianzen der Poseparameter.

▷ **Score** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Bewertung der gefundenen Instanzen des 3D-Formmodells.

Beispiel

```
read_object_model_3d (DXFModelFileName, 'm', [], [], ObjectModel3D, \
                      DxfStatus)
CamParam := ['area_scan_division',0.01221,2791,7.3958e-6,7.4e-6,\
             308.21,245.92,640,480]
create_shape_model_3d (ObjectModel3D, CamParam, 0, 0, 0, 'gba', \
                       -rad(20), rad(20), -rad(20), rad(20), 0, \
                       rad(360), 0.15, 0.2, 10, [], [], ShapeModel3DID)
grab_image_async (Image, AcqHandle, -1)
find_shape_model_3d (Image, ShapeModel3DID, 0.6, 0.9, 0, [], [], \
                     Pose, CovPose, Score)
project_shape_model_3d (ModelContours, ShapeModel3DID, CamParam, \
                        Pose, 'true', rad(30))
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert find_shape_model_3d den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system (’no_object_result’,<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wurde bei der Modellgenerierung mit find_shape_model_3d für *’metric’* der Wert *’ignore_part_polarity’* gewählt und in Image ein mehrkanaliges Bild übergeben, wird die Fehlermeldung 3359 zurückgegeben.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`create_shape_model_3d`, `read_shape_model_3d`

Nachfolger

`project_shape_model_3d`

Siehe auch

`convert_point_3d_cart_to_spher`, `convert_point_3d_spher_to_cart`, `create_cam_pose_look_at_point`, `trans_pose_shape_model_3d`

Modul

3D Metrology

`get_shape_model_3d_contours` (: `ModelContours` : `ShapeModel3DID`, `Level`, `View` : `ViewPose`)

Auslesen der Konturrepräsentation einer Ansicht eines 3D-Formmodells.

Der Operator `get_shape_model_3d_contours` gibt in `ModelContours` eine Repräsentation einer Modellansicht des 3D-Formmodells `ShapeModel3DID` als XLD-Konturen zurück. Die Parameter `Level` und `View` geben an, für welche Modellansicht die Konturrepräsentation zurückgegeben werden soll. Dabei bezeichnet `Level` die Pyramidenstufe und `View` die Ansicht auf dieser Pyramidenstufe.

Die erlaubten Wertebereiche für `Level` und `View` können zuvor mit dem Operator `get_shape_model_3d_params` ermittelt werden, indem man für `GenParamName` *'num_views_per_level'* übergibt.

Die Konturen können zur Visualisierung und Beurteilung des mit `create_shape_model_3d` erstellten Modells verwendet werden. Dies ermöglicht es abzuschätzen, ob die Anzahl der Pyramidenebenen korrekt gewählt wurde. Zeigen z.B. die Konturen auf der obersten Ebene nicht genügend Details, um für die Modellansicht noch repräsentativ zu sein, sollte bei der Suche mit `find_shape_model_3d` die Anzahl der Pyramidenebenen mit `NumLevels` entsprechend nach unten korrigiert werden. Für den Fall, dass die Konturen selbst auf der obersten Pyramidenebene noch zu viele Details enthalten, sollte bereits beim Erstellen des 3D-Formmodells mit `create_shape_model_3d` eine größere Anzahl an Pyramidenebenen gewählt werden.

Zusätzlich wird in `ViewPose` die Pose der gewählte Ansicht zurückgegeben. Diese kann z.B. verwendet werden, um das 3D-Formmodell in der der Ansicht entsprechenden Pose mit `project_shape_model_3d` zu projizieren. Das projizierte Modell kann dann als Grundlage für die oben beschriebene Bewertung der Modellkonturen `ModelContours` dienen. Zu beachten ist, dass aufgrund von radialen Verzeichnungen die Position der Konturen der Projektion leicht von der Position der Modellkonturen abweichen kann.

Parameter

▷ **`ModelContours`** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
Konturrepräsentation der Modellansicht.

▷ **`ShapeModel3DID`** (input_control) ..... shape_model_3d ⇝ *handle*
Handle des 3D-Formmodells.

▷ **`Level`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Pyramidenebene, für die die Konturrepräsentation zurückgegeben werden soll.
Default: 1
Wertevorschläge: `Level` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}
Restriktion: Level >= 1

▷ **`View`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Ansicht, für die die Konturrepräsentation zurückgegeben werden soll.
Default: 1
Wertevorschläge: `View` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}
Restriktion: View >= 1

▷ **ViewPose** (output_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
3D-Lage (Pose) des 3D-Formmodells in der Ansicht.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_shape_model_3d_contours` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_shape_model_3d`, `read_shape_model_3d`, `get_shape_model_3d_params`

Nachfolger

`create_shape_model_3d`

Modul

3D Metrology

get_shape_model_3d_params (: : ShapeModel3DID,
GenParamName : GenParamValue)

Auslesen der Parameter eines 3D-Formmodells.

Mit Hilfe des Operators `get_shape_model_3d_params` lassen sich Parameter des 3D-Objektmodells abfragen.

Die Namen der Parameter, die abgefragt werden sollen, werden in `GenParamName` übergeben, die korrespondierenden Werte werden in `GenParamValue` zurückgeliefert.

Im Einzelnen kann auf die folgenden Parameter zugegriffen werden:

'cam_param': Interne Parameter der für das Matching zu verwendenden Kamera.

'ref_rot_x': Referenzorientierung: Rotation um x-Achse bzw. x-Komponente des Rodriguez-Vektors (in Bogenmaß bzw. ohne Einheit).

'ref_rot_y': Referenzorientierung: Rotation um y-Achse bzw. y-Komponente des Rodriguez-Vektors (in Bogenmaß bzw. ohne Einheit).

'ref_rot_z': Referenzorientierung: Rotation um z-Achse bzw. z-Komponente des Rodriguez-Vektors (in Bogenmaß bzw. ohne Einheit).

'order_of_rotation': Bedeutung der Rotationswerte der Referenzorientierung.

'longitude_min': Kleinste geographische Länge der Modellansichten.

'longitude_max': Größte geographische Länge der Modellansichten.

'latitude_min': Kleinste geographische Breite der Modellansichten.

'latitude_max': Größte geographische Breite der Modellansichten.

'cam_roll_min': Kleinster Kamerarollwinkel der Modellansichten.

'cam_roll_max': Größter Kamerarollwinkel der Modellansichten.

'dist_min': Kleinster Kamera-Objekt-Abstand der Modellansichten.

'dist_max': Größter Kamera-Objekt-Abstand der Modellansichten.

'min_contrast': Minimaler Kontrast des Objektes in den Suchbildern.

'num_levels': Vom Benutzer vorgegebene Anzahl von Pyramidenebenen.

'num_levels_max': Maximale verwendete Anzahl von Pyramidenebenen über alle Modellansichten.

'optimization': Art der Optimierung durch Reduzierung der Modellpunkte.

'metric': Art der zum Matchen verwendeten Metrik.

'part_size': Größe der verwendeten Modellteile, wenn *'metric'* auf *'ignore_part_polarity'* gesetzt wurde.

'min_face_angle': Kleinster 3D-Flächenwinkel für den die 3D-Objektmodellkante ins 3D-Formmodell einfließt.

'min_size': Mindestgröße der projizierten 3D-Objektmodellkante (in Anzahl Pixel) damit sie ins 3D-Formmodell einfließt.

'model_tolerance': Größte zulässige Abweichung der projizierten Modellkanten (in Pixel).

'num_views_per_level': Anzahl der Modellansichten pro Pyramidenebene. Für jede Pyramidenebene wird die Anzahl der im Modell gespeicherten Ansichten zurückgegeben. Die Länge des zurückgelieferten Tupels entspricht somit der Anzahl der verwendeten Pyramidenebenen, die mit *'num_levels_max'* abgefragt werden kann. Für Pyramidenebenen unterhalb von *'lowest_model_level'* (siehe Dokumentation zu `create_shape_model_3d`) wird der Wert *0* zurückgegeben.

'reference_pose': Referenzlage und -orientierung des 3D-Formmodells. Die zurückgelieferte 3D-Lage ist in der Form ${}^{rcs}\mathbf{P}_{mcs}$. Dabei steht *rcs* für das Referenzkoordinatensystem und *mcs* für das Modellkoordinatensystem (ein 3D Weltkoordinatensystem), siehe auch Transformationen / Posen und „`Solution Guide III-C - 3D Vision`". D.h., sie beschreibt die Lage des intern verwendeten Referenzkoordinatensystems des 3D-Formmodells bezüglich des im 3D-Objektmodell gespeicherten Koordinatensystems. Mit dieser 3D-Lage können Punkte aus dem Objektkoordinatensystem ins Referenzkoordinatensystem transformiert werden.

'reference_point': 3D-Koordinaten des Referenzpunktes des zu Grunde liegenden 3D-Objektmodells.

'bounding_box1': Kleinster umschließender achsenparalleler Quader des zu Grunde liegenden 3D-Objektmodells in der Form: [min_x, min_y, min_z, max_x, max_y, max_z].

'fast_pose_refinement': Beschreibt, ob die 3D-Lagen-Verfeinerung während der Suche im beschleunigten Modus (*'true'*) oder im herkömmlichen Modus (*'false'*) durchgeführt wird.

'lowest_model_level': Unterste Pyramidenebene, bis zu der Ansichten im Modell gespeichert sind.

'union_adjacent_contours': Beschreibt, ob in `project_shape_model_3d` benachbarte Konturen verbunden werden sollen.

Ausführlichere Informationen zu den einzelnen Parametern können beim Operator `create_shape_model_3d` nachgelesen werden.

Es ist möglich, in einem Operatoraufruf mehrere Parameter zu kombinieren und gemeinsam in einem Tupel an `GenParamName` zu übergeben. Als Ergebnis wird in `GenParamValue` ein Tupel gleicher Länge zurückgeliefert, dessen Werte mit den entsprechenden Parameternamen korrespondieren. Dies ist allerdings ausschließlich für solche Parameter möglich, die nur einen einzelnen Wert zurückliefern.

Parameter

▷ **`ShapeModel3DID`** (input_control) . . . . . shape_model_3d ⇝ *handle*
Handle des 3D-Formmodells.

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die für das 3D-Formmodell abgefragt werden sollen.
Default: 'num_levels_max'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'cam_param', 'ref_rot_x', 'ref_rot_y', 'ref_rot_z', 'order_of_rotation', 'longitude_min', 'longitude_max', 'latitude_min', 'latitude_max', 'cam_roll_min', 'cam_roll_max', 'dist_min', 'dist_max', 'min_contrast', 'num_levels', 'num_levels_max', 'optimization', 'metric', 'part_size', 'min_face_angle', 'min_size', 'model_tolerance', 'num_views_per_level', 'reference_pose', 'reference_point', 'bounding_box1', 'fast_pose_refinement', 'lowest_model_level', 'union_adjacent_contours'}

▷ **`GenParamValue`** (output_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Parameter.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_shape_model_3d_params` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_shape_model_3d, read_shape_model_3d

Nachfolger

find_shape_model_3d

Siehe auch

convert_point_3d_cart_to_spher, convert_point_3d_spher_to_cart, create_cam_pose_look_at_point, trans_pose_shape_model_3d

Modul

3D Metrology

project_shape_model_3d (: ModelContours : ShapeModel3DID, CamParam, Pose, HiddenSurfaceRemoval, MinFaceAngle :)

Projizieren der Kanten eines 3D-Formmodells in Bildkoordinaten.

Der Operator project_shape_model_3d projiziert die Kanten des 3D-Objektmodells, das zur Erstellung des 3D-Formmodells ShapeModel3DID verwendet wurde, in das Bildkoordinatensystem und liefert die projizierten Kanten in ModelContours zurück. Die Koordinaten des 3D-Objektmodells sind im 3D-Weltkoordinatensystem (*mcs*) gegeben. Sie werden zuerst mittels der gegebenen 3D-Lage Pose in Kamerakoordinaten (*ccs*) transformiert und dann basierend auf den internen Kameraparametern CamParam in das Bildkoordinatensystem projiziert.

Die internen Kameraparameter CamParam beschreiben dabei die Abbildungseigenschaften der Kamera (siehe Kalibrierung). Die 3D-Lage Pose wird in der Form ${}^{ccs}\mathbf{P}_{mcs}$ erwartet, siehe auch Transformationen / Posen und „Solution Guide III-C - 3D Vision". Dies bedeutet, sie beschreibt die Position und Lage des Modellkoordinatensystems, welches über das 3D Objektmodel definiert ist, im Kamerakoordinatensystem.

Mit dem Parameter HiddenSurfaceRemoval kann die Verdeckungsberechnung ein- bzw. ausgeschaltet werden. Wenn der Parameter HiddenSurfaceRemoval auf *'true'* gesetzt ist, werden nur die projizierten Kanten zurückgegeben, die nicht durch Flächen des 3D-Objektmodells verdeckt sind. Ist HiddenSurfaceRemoval auf *'false'* gesetzt, werden alle projizierten Kanten des 3D-Objektmodells zurückgegeben. Dieser Modus ist schneller als wenn HiddenSurfaceRemoval auf *'true'* gesetzt ist.

Ist die Systemvariable (siehe set_system) *'opengl_hidden_surface_removal_enable'* auf *'true'* gesetzt (Standard, sofern es verfügbar ist) und HiddenSurfaceRemoval auf *'true'* gesetzt, wird die Modellprojektion auf der Grafikkarte durchgeführt. Abhängig von der verwendeten Grafikkarte ist dies signifikant schneller als die analytische Projektion. Es ist zu beachten, dass die Ergebnisse der OpenGL Projektion leicht verschieden zu denen der analytischen Projektion sind. Insbesondere werden in diesem Modus nur die Kanten projiziert die im Bild der Kamera (CamParam) sichtbar sind.

Mit dem Parameter MinFaceAngle wird der minimale Winkel angegeben, den zwei benachbarte Flächen einschließen müssen, damit die Kante zwischen ihnen projiziert wird. Wird MinFaceAngle auf *0.0* gesetzt, werden alle Kanten projiziert. Wird MinFaceAngle auf π (entspricht 180 Grad) gesetzt, wird nur die Silhouette des 3D-Objektmodells zurückgegeben. Dieser Parameter kann insbesondere dafür verwendet werden, um Kanten in gekrümmten Flächen, z.B. einer Zylinder- oder Kegeloberfläche, zu unterdrücken.

Wenn bei der Erzeugung mittels create_shape_model_3d der Parameter *'union_adjacent_contours'* aktiviert wurde, dann werden benachbarte Konturen verbunden.

project_shape_model_3d und project_object_model_3d liefern das selbe Ergebnis, wenn an project_object_model_3d das 3D-Objektmodell übergeben wird, das zur Erstellung des 3D-Formmodells verwendet wurde.

project_shape_model_3d ist insbesondere dazu nützlich, mit find_shape_model_3d gefundene Matches zu visualisieren, wenn das zu Grunde liegende 3D-Objektmodell nicht mehr verfügbar ist.

Parameter

- ▷ **ModelContours** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Konturrepräsentation der Modellansicht.
- ▷ **ShapeModel3DID** (input_control) ..... shape_model_3d ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Formmodells.
- ▷ **CamParam** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter.

▷ **Pose** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
3D-Lage (Pose) des 3D-Formmodells im Weltkoordinatensystem.

▷ **HiddenSurfaceRemoval** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Verdeckte Flächen eliminieren?
Default: 'true'
Werteliste: `HiddenSurfaceRemoval` ∈ {'true', 'false'}

▷ **MinFaceAngle** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / integer
Kleinster Flächenwinkel für den die Kante dargestellt wird
Default: 0.523599
Wertevorschläge: `MinFaceAngle` ∈ {0.17, 0.26, 0.35, 0.52}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `project_shape_model_3d` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_shape_model_3d`, `read_shape_model_3d`, `get_shape_model_3d_params`, `find_shape_model_3d`

Alternativen

`project_object_model_3d`

Siehe auch

`convert_point_3d_cart_to_spher`, `convert_point_3d_spher_to_cart`, `create_cam_pose_look_at_point`, `trans_pose_shape_model_3d`

Modul

3D Metrology

read_shape_model_3d (: : FileName : ShapeModel3DID)

Einlesen eines 3D-Formmodells von Datei.

`read_shape_model_3d` liest ein 3D-Formmodell, das mit `write_shape_model_3d` geschrieben wurde, aus der Datei `FileName` ein. Die Dateiendung für das 3D-Formmodell ist in HALCON 'sm3'.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.sm3`

▷ **ShapeModel3DID** (output_control) . . . . . shape_model_3d ⇝ *handle*
Handle des 3D-Formmodells.

Ergebnis

Ist der Dateiname korrekt, dann liefert `read_shape_model_3d` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`find_shape_model_3d`, `get_shape_model_3d_params`

Siehe auch

`create_shape_model_3d`, `clear_shape_model_3d`

Modul

3D Metrology

`serialize_shape_model_3d` (
`: : ShapeModel3DID : SerializedItemHandle )`

Serialisieren eines 3D-Formmodells.

`serialize_shape_model_3d` serialisiert die Daten eines 3D-Formmodells (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von `write_shape_model_3d` in eine Datei geschrieben werden. Das 3D-Formmodell wird in dem Handle `ShapeModel3DID` übergeben. Das serialisierte 3D-Formmodell wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und kann mit `deserialize_shape_model_3d` wieder deserialisiert werden.

Parameter

- ▷ **`ShapeModel3DID`** (input_control) ..... shape_model_3d ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Formmodells.
- ▷ **`SerializedItemHandle`** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_shape_model_3d` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_shape_model_3d`

Nachfolger

`fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_shape_model_3d`

Modul

3D Metrology

`trans_pose_shape_model_3d` `( : : ShapeModel3DID, PoseIn,`
`Transformation : PoseOut )`

Transformieren einer Pose, die sich auf das 3D-Objektmodellkoordinatensystem bezieht, in eine Pose, die sich auf das Referenzkoordinatensystem eines 3D-Formmodells bezieht und umgekehrt.

Der Operator `trans_pose_shape_model_3d` transformiert die Pose `PoseIn` in die Pose `PoseOut` unter Verwendung der in `Transformation` angegebenen Transformationsrichtung. In den meisten Fällen wird dieser Operator für die Transformation einer Kamera-Pose, die im ersten Koordinatensystem gegeben ist, in eine Kamera-Pose bezüglich des zweiten Koordinatensystems verwendet.

Die Pose kann zwischen zwei Koordinatensystemen transformiert werden. Das erste Koordinatensystem ist das Referenzkoordinatensystem (*ref*) des in `ShapeModel3DID` übergebenen 3D-Formmodells. Der Ursprung des Referenzkoordinatensystems liegt im Referenzpunkt des zu Grunde liegenden 3D-Objektmodells. Die Orientierung des Referenzkoordinatensystems ist durch die in `create_shape_model_3d` angegebene Referenzorientierung festgelegt.

Das zweite Koordinatensystem ist das Weltkoordinatensystem (*mcs*), d.h. das Koordinatensystems des 3D-Objektmodells, das dem 3D-Formmodell zu Grunde liegt. Dieses Koordinatensystem ist implizit durch die Koordinaten festgelegt, die in der mit `read_object_model_3d` eingelesenen CAD-Datei gespeichert sind.

Wenn `Transformation` auf *'ref_to_model'* gesetzt ist, wird angenommen, dass sich die 3D-Lage `PoseIn` auf das Referenzkoordinatensystem des 3D-Formmodells bezieht. Die 3D-Lage wird somit in der Form ${}^{cs}\mathbf{P}_{rcs}$ erwartet. Dabei steht *cs* für das Koordinatensystem in welches die Eingabe-3D-Lage transformiert (z.B. das Kamerakoordinatensystem). Für weitere Informationen Transformationen / Posen und „`Solution Guide III-C - 3D Vision`". Die transformierte Ausgabe-Pose bezieht sich in diesem Fall auf das Koordinatensystem des 3D-Objektmodells, sprich ${}^{cs}\mathbf{P}_{mcs}$.

Wenn `Transformation` auf *'model_to_ref'* gesetzt ist, wird angenommen, dass sich `PoseIn` auf das Koordinatensystem des 3D-Objektmodells bezieht. Die 3D-Lage ist in der Form ${}^{cs}\mathbf{P}_{rcs}$, siehe auch Transformationen / Posen und „`Solution Guide III-C - 3D Vision`". Die transformierte Ausgabe-Pose bezieht sich in diesem Fall auf das Referenzkoordinatensystem des 3D-Formmodells, sprich ${}^{cs}\mathbf{P}_{rcs}$.

Die relative 3D-Lage der beiden Koordinatensysteme zueinander kann mit dem Operator `get_shape_model_3d_params` ermittelt werden, indem man für `GenParamName` *'reference_pose'* übergibt.

Parameter

- ▷ **`ShapeModel3DID`** (input_control) ..... shape_model_3d ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Formmodells.
- ▷ **`PoseIn`** (input_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
  Zu transformierende Pose im Ausgangssystem.
- ▷ **`Transformation`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Richtung der Transformation.
  Default: 'ref_to_model'
  Werteliste: `Transformation` ∈ {'ref_to_model', 'model_to_ref'}
- ▷ **`PoseOut`** (output_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
  Transformierte Pose im Zielsystem.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `trans_pose_shape_model_3d` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`find_shape_model_3d`

Alternativen

`hom_mat3d_translate`, `hom_mat3d_rotate`

Modul

3D Metrology

`write_shape_model_3d` (: : ShapeModel3DID, FileName :)

Schreiben eines 3D-Formmodells in eine Datei.

write_shape_model_3d schreibt ein 3D-Formmodell in die Datei FileName. Das Modell kann mit read_shape_model_3d wieder eingelesen werden. Die Dateiendung für das 3D-Formmodell ist in HALCON 'sm3'.

Parameter

▷ **ShapeModel3DID** (input_control) . . . . . shape_model_3d ⇝ *handle*
Handle des 3D-Formmodells.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: .sm3

Ergebnis

Ist der Dateiname korrekt (Schreiberlaubnis), dann liefert write_shape_model_3d den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_shape_model_3d

Modul

3D Metrology

3.6 Oberflächenbasiert

clear_surface_matching_result (: : SurfaceMatchingResultID :)

Freigabe eines Ergebnisses des oberflächenbasierten Matchings.

clear_surface_matching_result gibt den Speicher eines Ergebnisses des oberflächenbasierten Matchings frei, welches mit find_surface_model oder refine_surface_model_pose angelegt wurde. Das Ergebnis kann nach dem Aufruf nicht mehr verwendet werden. Das Handle SurfaceMatchingResultID ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **SurfaceMatchingResultID** (input_control) . . . . . surface_matching_result(-array) ⇝ *handle*
Ergebnishandle des oberflächenbasierten Matchings.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert clear_surface_matching_result den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SurfaceMatchingResultID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

find_surface_model, refine_surface_model_pose

Siehe auch

find_surface_model, refine_surface_model_pose

Modul

3D Metrology

clear_surface_model (: : SurfaceModelID :)

Freigabe des Speichers eines Oberflächenmodells.

clear_surface_model gibt den Speicher eines Oberflächenmodells, welches mit create_surface_model oder read_surface_model angelegt wurde, wieder frei. Das Modell kann nach dem Aufruf nicht mehr verwendet werden. Der Handle SurfaceModelID ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **SurfaceModelID** (input_control) . . . . . surface_model(-array) ⇝ *handle*
Handle des 3D-Oberflächenmodells

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert clear_surface_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SurfaceModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

read_surface_model, create_surface_model

Siehe auch

read_surface_model, create_surface_model

Modul

3D Metrology

create_surface_model (: : ObjectModel3D, RelSamplingDistance, GenParamName, GenParamValue : SurfaceModelID)

Erstellt die für oberflächenbasiertes Matching notwendigen Datenstrukturen.

create_surface_model erstellt aus dem 3D-Objektmodell ObjectModel3D ein Modell für oberflächenbasiertes Matching. Das 3D-Oberflächenmodell kann beispielsweise mittels read_object_model_3d aus einer Datei gelesen worden sein oder mittels xyz_to_object_model_3d erstellt worden sein. Das Handle des erstellten Oberflächenmodells wird in SurfaceModelID zurückgegeben.

Weitere Parameter des Modells können mit set_surface_model_param gesetzt werden, nachdem das Modell erzeugt wurde.

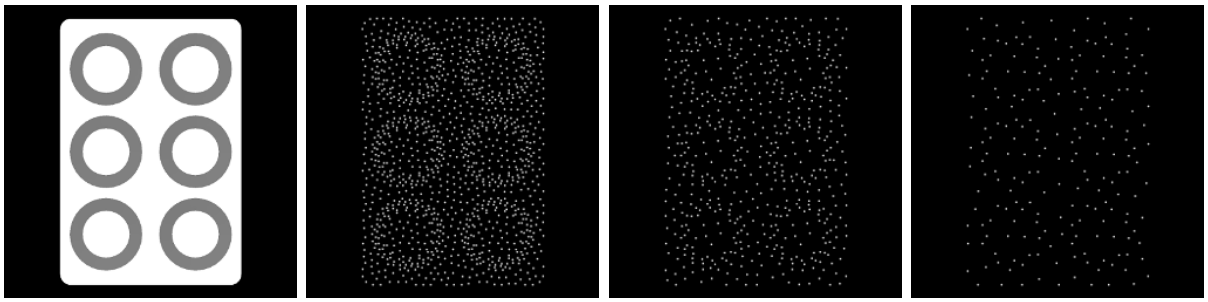
Für die Erstellung des Oberflächenmodells aus dem 3D-Objektmodell werden Punkte und Normalen aus dem 3D-Objektmodell benötigt. Hier sind die folgenden Kombinationen möglich:

- Punkte und Punktnormalen;

- Punkte und ein Dreiecks- oder Polygongitter, z.B. aus einer CAD-Datei;
- Punkte und ein 2D-Mapping, z.B. für 3D-Objektmodelle, die mittels `xyz_to_object_model_3d` erstellt wurden.

Es ist zu beachten, dass die Richtung und Ausrichtung (einwärts oder auswärts) der Normalen des Modells wichtig für das Matching sind. Für das kantenunterstützte oberflächenbasierte Matching müssen die Normalen einwärts gerichtet sein und zusätzlich muss das Modell ein Dreiecks- oder Polygongitter enthalten (siehe unten).

Für das Oberflächenmodell wird die Oberfläche des 3D-Objektmodells mit einem bestimmten Abstand abgetastet. Die Abtastdistanz wird im Parameter `RelSamplingDistance` spezifiziert, und wird relativ zum Durchmesser des umschließenden achsenparallelen Quaders angegeben. Wird etwa `RelSamplingDistance` auf *0.05* gesetzt und ist der Durchmesser von `ObjectModel3D` gleich *10 cm*, dann haben die Punkte der abgetasteten Oberfläche einen Abstand von etwa *5 mm*. Die abgetasteten Punkte werden für das näherungsweise Matching in `find_surface_model` verwendet (siehe unten). Die abgetasteten Punkte können mit dem Operator `get_surface_model_param` als *'sampled_model'* abgerufen werden. Es ist zu beachten, dass einzelne Ausreißerpunkte den Durchmesser des umschließenden Quaders deutlich verändern können, was aufgrund der relativen Parametrisierung die Abtastdistanz stark stören kann. Ausreißerpunkte im 3D-Objektmodell sind daher vor dem Aufruf des Operators zu entfernen. Verringert man `RelSamplingDistance`, so werden mehr Punkte abgetastet, was zu einem stabileren aber langsameren Matching führt. Erhöht man `RelSamplingDistance`, so werden weniger Punkte abgetastet, was zu einem schnelleren aber weniger stabilen Matching führt.



(1) (2) (3) (4)

(1) Ursprüngliches 3D-Modell. (2) 3D-Modell abgetastet mit `RelSamplingDistance` = *0.02*. (3) `RelSamplingDistance` = *0.03*. (4) `RelSamplingDistance` = *0.05*.

Die abgetasteten Punkte werden für das Auffinden des Objekts in einer Szene im Operator `find_surface_model` verwendet. Dafür werden aus den abgetasteten Punkten alle möglichen Punktpaare gebildet und für jedes Paar der Abstand und die relative Orientierung der Oberflächen berechnet. Beide Werte werden diskretisiert und für das Matching gespeichert. Die generischen Parameter *'feat_step_size_rel'* und *'feat_angle_resolution'* können verwendet werden um die Diskretisierung von Distanz und Orientierung zu steuern (siehe unten).

Das 3D-Objektmodell wird ein zweites Mal für die Pose-Verfeinerung abgetastet. Diese zweite Abtastung wird mit einer kleineren Abtastdistanz durchgeführt, was zu mehr Punkten führt. Der generische Parameter *'pose_ref_rel_sampling_distance'* setzt die Abtastdistanz relativ zum Durchmesser des umschließenden Quaders des 3D-Objektmodells fest. Verringert man den Wert so wird die Pose-Verfeinerung genauer, jedoch wird auch das Modell größer und die Modellgenerierung und das Matching langsamer. Erhöht man den Wert so wird die Pose-Verfeinerung ungenauer, das Modell kleiner und die Modellgenerierung und das Matching schneller.

Das oberflächenbasierte Matching kann zusätzlich zu den 3D-Oberflächenpunkten auch 3D-Kanten verwenden, um die Ausrichtung zu verbessern. Dies ist besonders für Objekte mit größeren planaren Seiten hilfreich, die andernfalls in einer Hintergrundebene oder falsch rotiert gefunden werden können. Um das kantenunterstützte oberflächenbasierte Matching zu verwenden, muss das Modell durch setzen des generischen Parameters *'train_3d_edges'* auf *'true'* entsprechend vorbereitet werden. Dabei muss das Modell ein Dreiecks- oder Polygongitter enthalten, bei dem die Reihenfolge der Punkte bei der Normalenberechnung zu einwärts gerichteten Normalen führt. Weiterhin benötigt das Training in diesem Fall OpenGL 2.1, GLSL 1.2 und die OpenGL Extensions GL_EXT_framebuffer_object und GL_EXT_framebuffer_blit. Es ist zu beachten, dass das Training deutlich länger dauern kann als das Training ohne Kantenunterstützung.

Zusätzlich kann das Modell für oberflächenbasiertes Matching zur Berechnung der ansichtsbasierten Bewertung vorbereitet werden. Dies ist besonders für Szenen hilfreich, in denen Objekte nur zu einem kleinen Teil sichtbar sind, da diese mit der herkömmlichen Bewertung nur einen kleinen Wert erhalten würden. Um in diesen Fällen

einen höheren und aussagekräftigeren Wert zu bekommen, entspricht der Wert bei der ansichtsbasierten Bewertung dem Verhältnis zwischen der Anzahl der Punkte, die dem Modell zugeordneten werden konnten und der Anzahl an Modellpunkten die von einer bestimmten Ansicht aus sichtbar sind. Um das ansichtsbasierte oberflächenbasierte Matching zu verwenden, muss das Modell durch Setzen des generischen Parameters *'train_view_based'* auf *'true'* entsprechend vorbereitet werden. Wie bei *'train_3d_edges'*, muss das 3D-Objektmodell eine Vermaschung aufweisen, d.h. Dreiecke oder Polygone enthalten. Auch für *'train_view_based'* ist es wichtig, dass die Normalenvektoren einwärts gerichtet sind.

Es ist zu beachten, dass verrauschte Daten bei der Erzeugung eines 3D-Objektmodells zur Berechnung unzureichender Normalen führt. Insbesondere wenn das Modell für die Verwendung von 3D-Kanten oder zur Berechnung der ansichtsbasierten Bewertung vorbereitet wurde kann dies zu unzuverlässigen Bewertungen führen. Um die Anzahl verrauschter Punkte zu reduzieren können beispielsweise die Operatoren `smooth_object_model_3d` oder `simplify_object_model_3d` genutzt werden.

In den Parametern `GenParamName` und `GenParamValue` können generische Parameter und deren Werte übergeben werden. `GenParamName` enthält ein Tupel von Parameternamen die gesetzt werden sollen, und `GenParamValue` die dazugehörigen Werte. Die folgenden Werte sind für `GenParamName` möglich:

'model_invert_normals': Invertieren der Normalenausrichtung des 3D-Objektmodells. Die Normalenausrichtungen (einwärts oder auswärts) müssen für die Erstellung des Oberflächenmodells bekannt sein und mit der Ausrichtung in der Szene übereinstimmen. Wenn sowohl das Modell als auch die Szene mit demselben Aufbau aufgenommen werden, so zeigen die Normalen bereits in die gleiche Richtung. Wenn das Modell aus einer CAD-Datei geladen wurde dann könnten die Normalen in unterschiedliche Richtungen zeigen. Wenn beim Matching der Effekt auftritt, dass das Modell auf der 'Außenseite' der Szene gefunden wird und das Modell aus einer CAD-Datei stammt, so sollte versucht werden diesen Parameter auf *'true'* zu setzen. Es ist auch darauf zu achten, dass die Normalen in der CAD-Datei alle entweder nach innen oder nach außen zeigen, d.h. konsistent orientiert sind. Für die Pose-Verfeinerung ist die Normalenausrichtung irrelevant. Wird das Oberflächenmodell nur mit `refine_surface_model_pose` verwendet, so hat die Wahl von *'model_invert_normals'* keinen Einfluss auf das Ergebnis.

Werteliste: *'false'*, *'true'*

Default: *'false'*

'pose_ref_rel_sampling_distance': Setzen der Abtastdistanz für die Pose-Verfeinerung relativ zum Durchmesser des 3D-Objektmodells. Verringert man den Wert, so wird die Pose-Verfeinerung genauer, jedoch wird auch das Modell größer und die Modellgenerierung und das Matching langsamer. Erhöht man den Wert, so wird die Pose-Verfeinerung ungenauer, das Modell kleiner und die Modellgenerierung und das Matching schneller.

Wertevorschläge: *0.05*, *0.02*, *0.01*, *0.005*

Default: *0.01*

Restriktion: *0 < 'pose_ref_rel_sampling_distance' < 1*

'feat_step_size_rel': Setzen der Diskretisierung des Abstandes von Punktpaaren relativ zum Durchmesser des 3D-Objektmodells. Standardmäßig wird dies auf den Wert von `RelSamplingDistance` gesetzt. Es wird nicht empfohlen diesen Wert zu ändern. Für stark verrauschte Szenen kann der Wert erhöht werden um die Stabilität des Matchings gegen verrauschte Punkte zu erhöhen.

Wertevorschläge: *0.1*, *0.05*, *0.03*

Default: Wert von `RelSamplingDistance`

Restriktion: *0 < 'feat_step_size_rel' < 1*

'feat_angle_resolution': Setzen der Diskretisierung der Orientierung von Punktepaaren, als Anzahl der Unterteilungen eines Winkels. Es wird nicht empfohlen diesen Wert zu ändern. Erhöht man diesen Wert, so erhöht sich die Genauigkeit des näherungsweisen Matchings in `find_surface_model`, jedoch reduziert sich die Stabilität gegen verrauschte Normalenrichtungen. Verringert man diesen Wert, so verringert sich auch die Genauigkeit des näherungsweisen Matchings, jedoch erhöht sich die Stabilität gegen verrauschte Normalenrichtungen. Für stark verrauschte Szenen in denen die Normalenrichtungen nicht genau bestimmt werden können kann dieser Wert auf *25* oder *20* gesetzt werden.

Wertevorschläge: *20*, *25*, *30*

Default: *30*

Restriktion: *'feat_angle_resolution' > 1*

'train_3d_edges': Trainiert das Oberflächenmodell für die kantenunterstützte Objekterkennung und Posenverfeinerung. Das Modell muss in diesem Fall eine Vermaschung aufweisen, d.h. Dreiecke oder Polygone enthalten.

Zusätzlich ist es wichtig, dass die Normalenvektoren einwärts gerichtet sind. Weiterhin benötigt das Training in diesem Fall OpenGL.

Werteliste: *'false'*, *'true'*

Default: *'false'*

'train_view_based': Trainiert das Oberflächenmodell zur Berechnung einer ansichtsbasierten Bewertung für die Objekterkennung und Posenverfeinerung. Das Modell muss in diesem Fall eine Vermaschung aufweisen, d.h. Dreiecke oder Polygone enthalten. Zusätzlich ist es wichtig, dass die Normalenvektoren einwärts gerichtet sind. Weiterhin benötigt das Training in diesem Fall OpenGL.

Werteliste: *'false'*, *'true'*

Default: *'false'*

'train_self_similar_poses': Bereitet das Oberflächenmodell für eine Optimierung bezüglich selbstähnlicher, fast-symmetrischer Lagen vor. Dabei werden während der Modellgenerierung Lagen des Objekts gesucht, in welchen das Objekts sehr ähnlich aussieht, d.h. Lagen, in denen sich das Objekt nur durch kleine Eigenschaften unterscheidet (z.B. die Lage von Bohrlöchern) und die von `find_surface_model` leicht verwechselt werden können. Bei der Suche wird `find_surface_model` automatisch die Beste dieser Lagen ermitteln, um eine solche Verwechslung zu vermeiden.

Werteliste: *'false'*, *'true'*

Default: *'false'*

Parameter

- ▷ **`ObjectModel3D`** (input_control) ..... object_model_3d ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Objektmodells.
- ▷ **`RelSamplingDistance`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Abtastdistanz relativ zum Durchmesser des Objekts.
  Default: 0.03
  Wertevorschläge: `RelSamplingDistance` ∈ {0.1, 0.05, 0.03, 0.02, 0.01}
  Restriktion: 0 < RelSamplingDistance < 1
- ▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'model_invert_normals', 'pose_ref_rel_sampling_distance', 'feat_step_size_rel', 'feat_angle_resolution', 'train_3d_edges', 'train_view_based', 'train_self_similar_poses'}
- ▷ **`GenParamValue`** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / real / integer
  Werte der generischen Parameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0, 1, 'true', 'false', 0.005, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1}
- ▷ **`SurfaceModelID`** (output_control) ..... surface_model ⇝ *handle*
  Handle des Oberflächenmodells.

Ergebnis

Wenn alle Parameter korrekt sind liefert `create_surface_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `xyz_to_object_model_3d`, `get_object_model_3d_params`, `surface_normals_object_model_3d`

Nachfolger

find_surface_model, refine_surface_model_pose, get_surface_model_param, write_surface_model, clear_surface_model, set_surface_model_param

Alternativen

read_surface_model

Siehe auch

find_surface_model, refine_surface_model_pose, read_surface_model, write_surface_model, clear_surface_model, set_surface_model_param

Literatur

Bertram Drost, Markus Ulrich, Nassir Navab, Slobodan Ilic: „Model Globally, Match Locally: Efficient and Robust 3D Object Recognition.“ Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 998-1005, 2010.

Modul

3D Metrology

deserialize_surface_model (
: : SerializedItemHandle : SurfaceModelID)

Deserialisieren eines Oberflächenmodells.

deserialize_surface_model deserialisiert ein Oberflächenmodell, welches mit serialize_surface_model serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte Oberflächenmodell wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten Oberflächenmodell mit dem Handle SurfaceModelID gespeichert.

Parameter

- ▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.
- ▷ **SurfaceModelID** (output_control) ..... surface_model ⇝ *handle*
  Handle des gelesenen Oberflächenmodells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_surface_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_object_model_3d, xyz_to_object_model_3d, fread_serialized_item, receive_serialized_item, serialize_surface_model

Nachfolger

find_surface_model, refine_surface_model_pose, get_surface_model_param, clear_surface_model, find_surface_model_image, refine_surface_model_pose_image

Alternativen

create_surface_model

Siehe auch

create_surface_model, read_surface_model, write_surface_model

Modul

3D Metrology

```
find_surface_model ( : : SurfaceModelID, ObjectModel3D,
    RelSamplingDistance, KeyPointFraction, MinScore,
    ReturnResultHandle, GenParamName, GenParamValue : Pose, Score,
    SurfaceMatchingResultID )
```

Suche der besten Matches eines Oberflächenmodells in einer Szene.

Der Operator `find_surface_model` sucht die besten Matches des Oberflächenmodells `SurfaceModelID` in der 3D-Szene `ObjectModel3D` und gibt ihre Posen in `Pose` zurück.

Der Matching-Vorgang ist in drei Schritte unterteilt:

1. `Näherungsweises Matching`
2. `Grobe Pose-Verfeinerung`
3. `Exakte Pose-Verfeinerung`

Die einzelnen Schritte werden detailliert in der Technical Note `Surface-Based Matching` erläutert. Die generischen Parameter die zur Steuerung dieser Schritte verwendet werden können werden in den entsprechenden Abschnitten weiter unten beschrieben. In den weiteren Abschnitten werden die Parameter beschrieben und zusätzlich zu beachtenden Punkte angegeben.

Die HDevelop-Prozedur `debug_find_surface_model` kann verwendet werden, um den Matchingprozess und die eingestellten Parameter zu visualisieren und zu überprüfen.

Zu beachtende Punkte

Zum Auffinden des Oberflächenmodells werden Punkte und Normalen der 3D-Szene verwendet. Die Szene sollte eine der folgenden Optionen zur Verfügung stellen:

- Punkte und Punktnormalen.
- Punkte und ein 2D-Mapping, z.B. für 3D-Objektmodelle die mittels `xyz_to_object_model_3d` erstellt wurden. In diesem Fall werden die Normalen mit dem 2D-Mapping berechnet.
- Nur Punkte. Die Normalen werden aufgrund der 3D Umgebung abgeschätzt. Es gilt zu beachten, dass diese Option nicht empfohlen wird, da sie generell zu längeren Verarbeitungszeiten führt und die berechneten Normalen üblicherweise weniger genau sind, was in ungenaueren Ergebnissen resultiert.

Für eine genaue `Pose` ist es wichtig, dass die Normalen der Szene und des Modells in die gleiche Richtung zeigen (siehe *'scene_invert_normals'*).

Wenn das Oberflächenmodell für kantenunterstütztes oberflächenbasiertes Matching vorbereitet wurde und das kantenunterstützte Matching nicht durch *'use_3d_edges'* abgeschaltet wurde, ist lediglich die zweite Kombination möglich, d.h. die Szene muss ein 2D-Mapping beinhalten.

Wenn das Oberflächenmodell für kantenunterstütztes oberflächenbasiertes Matching vorbereitet wurde und die Szene ein 2D-Mapping beinhaltet, werden Punktnormalen aus der Szene nicht benutzt (siehe *'scene_normal_computation'* unten).

Für Oberflächenmodelle, die für kantenunterstütztes oberflächenbasiertes Matching vorbereitet wurden, ist es notwendig, dass die Normalen einwärts ausgerichtet sind.

Wird eine vermaschte Szene mit Dreiecken oder Polygonen übergeben, etwa ein CAD-Modell, so werden diese ignoriert und nur die Punkte der Szene verwendet. In der Regel sollte daher nicht in einer vermaschten Szene gesucht werden. Stattdessen sollte eine solche Szene zuvor etwa mit `sample_object_model_3d` in Punkte mit Normalen umgewandelt werden.

Werden verrauschte Daten verwendet, z.B. von Time-of-Flight-Kameras, kann der generische Parameter *'scene_normal_computation'* auf *'mls'* gesetzt werden um robustere Ergebnisse zu erhalten (siehe unten).

Parameterbeschreibung

`SurfaceModelID` ist das Handle des Oberflächenmodells. Das Modell muss zuvor mittels `create_surface_model` oder `read_surface_model` erstellt, bzw eingelesen worden sein. Gewisse Oberflächenmodell-Parameter, welche das Auffinden beeinflussen, können über den Operator `set_surface_model_param` gesetzt werden, z.B. *'pose_restriction_max_angle_diff'* zum Einschränken des Rotationsbereichs.

`ObjectModel3D` ist das Handle des 3D-Objektmodells mit der Szene in der die Matches gesucht werden. In den meisten Fällen wird angenommen, dass die Kamera entlang der z-Achse ausgerichtet ist. Dies ist wichtig bei

der Ausrichtung der Normalen der Szene, falls diese neu berechnet werden (siehe *'scene_normal_computation'* unten). Falls das Oberflächenmodell für kantenunterstütztes oberflächenbasiertes Matching vorbereitet wurde und die Szene ein 2D-Mapping beinhaltet, werden die Normalen der Szene automatisch konsistent ausgerichtet.

Der Parameter `RelSamplingDistance` kontrolliert die Abtastdistanz während des Schrittes `Näherungsweises Matching` und bei der Berechnung des `Score` im Schritt `Grobe Pose-Verfeinerung`. Sein Wert wird relativ zum Durchmesser des Oberflächenmodells angegeben. Verkleinert man `RelSamplingDistance`, so werden mehr Punkte der Szene abgetastet, was zu einem stabileren aber langsameren Matching führt. Erhöht man `RelSamplingDistance`, so werden weniger Punkte abgetastet, was zu einem weniger stabilen aber schnelleren Matching führt. Eine Illustration zur `RelSamplingDistance` befindet sich bei dem Operator `create_surface_model`. Die abgetasteten Punkte können mit dem Operator `get_surface_matching_result` abgerufen werden. Für ein robustes Matching sollten mindestens 50-100 Punkte auf jeder zu findenden Objektinstanz liegen.

Der Parameter `KeyPointFraction` kontrolliert wie viele der abgetasteten Szenenpunkte als Schlüsselpunkte ausgewählt werden. Wird dieser Wert etwa auf *0.1* gesetzt, so werden 10% der abgetasteten Szenepunkte als Schlüsselpunkte verwendet. Für robuste Ergebnisse ist es wichtig, dass auf jeder zu findenden Objektinstanz mehrere Schlüsselpunkte liegen. Erhöht man `KeyPointFraction`, so werden mehr Punkte als Schlüsselpunkte ausgewählt, was zu einem robusteren aber langsameren Matching führt. Verringert man den Wert so werden weniger Schlüsselpunkte ausgewählt, was zu einem weniger robusten aber schnelleren Matching führt. Für eine visuelle Überprüfung können die ausgewählten Schlüsselpunkte mit dem Operator `get_surface_matching_result` abgerufen werden.

Der Parameter `MinScore` kann verwendet werden um die Ergebnisse zu filtern. Nur Instanzen deren Bewertung größer als `MinScore` ist werden zurückgegeben. Wird `MinScore` auf *0* gesetzt, so werden alle gefundenen Instanzen zurückgegeben.

Für das kantenunterstützte oberflächenbasierte Matching (siehe `create_surface_model`) werden vier Einzelbewertungen ermittelt (siehe weiter unten für ihre Beschreibung). Für Modelle die zur Berechnung einer ansichtsbasierten Bewertung trainiert wurden (siehe `create_surface_model`), wird eine weitere, fünfte Einzelbewertungen ermittelt. Entsprechend können die Resultate mit jeder dieser Bewertungen gefiltert werden, indem `MinScore` ein Tupel mit bis zu fünf Schwellenwerten übergeben wird. Diese Schwellenwerte sind in der gleichen Reihenfolge wie die Bewertungen geordnet (siehe weiter unten) und fehlende Einträge werden als *0* betrachtet, was bedeutet, dass keine Ergebnisse aufgrund dieser Bewertung herausgefiltert wird. Zum Finden geeigneter Schwellenwerte können die Einzelbewertungen gefundener Posen mit dem Operator `get_surface_matching_result` erhalten werden. Je nach Einstellung des Verfahrens sind möglicherweise nicht alle Bewertungen verfügbar. Für nicht verfügbare Bewertungen wird der in `MinScore` eingestellte Schwellenwert ignoriert. Die fünf Einzelbewertungen, deren Schwellenwerte in dieser Reihenfolge in `MinScore` übergeben werden müssen, sind:

1. Die Gesamtbewertung wie in `Score` und durch *'score'* in `get_surface_matching_result` zurückgegeben.
2. Der Oberflächenanteil der Ergebnisbewertung, d.h. welcher Anteil der Objektoberfläche in der Szene gefunden wurde, zurückgegeben durch *'score_surface'* in `get_surface_matching_result`.
3. Der Anteil der 3D-Kanten der Ergebnisbewertung, d.h. wie gut die 3D-Kanten der Objektsilhouette mit den in der Szene gefundenen 3D-Kanten übereinstimmen, zurückgegeben durch *'score_3d_edges'* in `get_surface_matching_result`.
4. Der Anteil der 2D-Kanten der Ergebnisbewertung, d.h. wie gut die projizierten Objektsilhouetten mit den in den Bildern gefundenen Kanten übereinstimmen (nur für die Operatoren `find_surface_model_image` und `refine_surface_model_pose_image` verfügbar), zurückgegeben durch *'score_2d_edges'* in `get_surface_matching_result`.
5. Der ansichtsbasierte Anteil der Ergebnisbewertung, d.h. wie viele Punkte der Szene einem Modellpunkt zugeordnet werden konnten im Verhältnis zu den Modellpunkten, die in dieser Ansicht sichtbar sind, zurückgegeben durch *'score_view_based'* in `get_surface_matching_result`.

Der Parameter `ReturnResultHandle` bestimmt, ob ein Handle für das Ergebnis des oberflächenbasierten Matchings zurückgegeben werden soll oder nicht. Falls der Parameter den Wert *'true'* erhält, wird das Handle unter dem Parameter `SurfaceMatchingResultID` zurückgegeben. Weitere Details des Matchingverfahrens können dann mittels `get_surface_matching_result` abgerufen werden.

Die Parameter `GenParamName` und `GenParamValue` werden zum Setzen generischer Parameter verwendet. Beide erhalten ein Tupel gleicher Länge, wobei das Tupel von `GenParamName` die Namen der zu setzenden

Parameter enthält und das Tupel GenParamValue die entsprechenden Werte. Die möglichen Parameternamen und Parameterwerte sind im Abschnitt Die drei Schritte des Matching-Vorgangs beschrieben.

Der Ausgabeparameter Pose gibt die Pose der gefundenen Instanzen zurück. Er beschreibt die Pose des Oberflächenmodells im Szenenkoordinatensystem (*scs*) und bezieht sich auf das Modellkoordinatensystem des 3D-Objektmodells (*mcs*), welches für create_surface_model verwendet wurde. Somit ist die Pose in der Form ${}^{scs}\mathbf{P}_{mcs}$ (siehe auch Transformationen / Posen und „Solution Guide III-C - 3D Vision“).

Der Ausgabeparameter Score gibt für jede übereinstimmende Instanz eine Bewertung zurück. Der Wert und die Interpretation der Bewertung sind, wie im folgenden Abschnitt erläutert, für verschiedene Fälle unterschiedlich.

- **Mit Pose-Verfeinerung**
  Bei einem Matching mit Pose-Verfeinerung hängt die Bewertung davon ab, ob das Matching mit Kantenunterstützung durchgeführt wurde:
  - Ohne Kantenunterstützung wird für die Bewertung der Oberflächenanteil berechnet, d.h. der ungefähre Anteil der in der Szene sichtbaren Fläche des Objekts. Dies erfolgt durch Zählen der gefundenen Modellpunkte mit entsprechendem Szenepunkt und dividieren dieser Anzahl entweder durch:
    * die Gesamtzahl abgetasteter Modellpunkte, falls das Modell nicht für eine ansichtsbasierte Bewertung trainiert worden ist.
      oder durch
    * die Anzahl aller Modellpunkte die von einem einzigen Blickpunkt aus maximal sichtbar sein können, falls das Modell für eine ansichtsbasierte Bewertung trainiert worden ist

    $0 \leq Score \leq 1$
  - Mit Kantenunterstützung ist die Bewertung das geometrische Mittel des Oberflächenanteils und des Kantenanteils. Der Kantenanteil wird davon beeinflusst, ob das Modell für eine ansichtsbasierte Bewertung trainiert worden ist oder nicht. Ermittelt wird dieser aus der Anzahl an abgetasteten Kantenpunkten des Modells die mit Kanten der Szene ausgerichtet sind, geteilt durch die maximale Anzahl an Modellkantenpunkten, die von einem einzigen Blickpunkt aus sichtbar sein können. Wenn die 3D-Kanten aus mehreren Sichtrichtungen extrahiert wurden, kann dies zu einem Score größer 1 führen.
    $0 \leq Score \leq 1$ (wenn die Szene von einem einzigen Blickpunkt aus gesehen wurde)
    $0 \leq Score \leq N$ (wenn die Gesamtszene aus Einzelszenen zusammengesetzt wurde, die von insgesamt N verschiedenen Blickpunkten gesehen wurde)

  Es ist zu beachten, dass für die Berechnung der Bewertung nach der groben Pose-Verfeinerung die abgetasteten Szenepunkte verwendet werden, während für die Berechnung nach der exakten Pose-Verfeinerung alle Szenepunkte verwendet werden. Die Bewertung nach der exakten Pose-Verfeinerung ist daher unabhängig von der Abtastdistanz der Szene.
- **Ohne Pose-Verfeinerung**
  Falls von den drei Schritten des Matching-Vorgangs nur der erste, Näherungsweises Matching, ausgeführt wird, hängen der mögliche Wert und die Interpretation der Bewertung nur von einer möglichen Kantenunterstützung ab:
  - Ohne Kantenunterstützung
    Die Bewertung ist die ungefähre Anzahl an Szenenpunkten der abgetasteten Szene die auf dem gefundenen Objekt liegen.
    $Score \geq 0$
  - Mit Kantenunterstützung
    Die Bewertung ist die ungefähre Anzahl an Szenenpunkten der abgetasteten Szene die auf dem gefundenen Objekt liegen, multipliziert mit der Anzahl an Punkten der abgetasteten 3D-Kanten die mit Kanten des Modells ausgerichtet sind.
    $Score \geq 0$

Der Ausgabeparameter SurfaceMatchingResultID gibt ein Ergebnishandle für das Oberflächenmatching zurück. Mittels dieses Handles können weitere Details des Matchingverfahrens unter Verwendung des Operators get_surface_matching_result abgerufen werden. Das Handle wird nur zurückgegeben, wenn ReturnResultHandle auf *'true'* gesetzt ist.

Die drei Schritte des Matching-Vorgangs

Der Matching-Vorgang ist in drei Schritte unterteilt:

1. Näherungsweises Matching Die ungefähren Posen der Instanzen des Oberflächenmodells in der Szene werden gesucht.

Die folgenden generischen Parameter steuern das näherungsweise Matching, und werden mit `GenParamName` und `GenParamValue` gesetzt:

'num_matches': Setzt die maximale Anzahl an gefundenen Instanzen die zurückgegeben werden.
Wertevorschläge: *1*, *2*, *5*
Default: *1*
Restriktion: *'num_matches'* > *0*

'max_overlap_dist_rel': Aus Laufzeitgründen kann die maximale Überlappung zweier Matches nicht in 3D definiert werden. Stattdessen kann mit *'max_overlap_dist_rel'* der minimale Abstand zwischen den Mittelpunkten der kleinsten achsparallelen, die Matches umschließenden Quader angegeben werden. Der Wert wird relativ zum Objektdurchmesser angegeben. Wenn ein Objekt mit einem hohen `Score` gefunden wurde, werden alle anderen Matches unterdrückt, für die der Mittelpunkt ihres kleinsten umschließenden Quaders zu nahe am Mittelpunkt des kleinsten umschließenden Quaders des ersten Matches liegt. Wenn sich die gefundenen Matches nicht überlappen sollen, muss der Wert für *'max_overlap_dist_rel'* auf *1.0* gesetzt werden. Nur einer der beiden Parameter *'max_overlap_dist_rel'* und *'max_overlap_dist_abs'* sollte gesetzt werden. Werden beide gesetzt, so wird nur der zuletzt gesetzte Wert verwendet.
Wertevorschläge: *0.1*, *0.5*, *1*
Default: *0.5*
Restriktion: *'max_overlap_dist_rel'* >= *0*

'max_overlap_dist_abs': Dieser Parameter hat den gleichen Effekt wie der Parameter *'max_overlap_dist_rel'*. Allerdings wird der Wert im Gegensatz zum Parameter *'max_overlap_dist_rel'* bei *'max_overlap_dist_abs'* als absoluter Wert angegeben. Eine Beschreibung des Effekts dieses Parameters ist weiter oben bei dem Parameter *'max_overlap_dist_rel'* zu finden. Nur einer der beiden Parameter *'max_overlap_dist_rel'* und *'max_overlap_dist_abs'* sollte gesetzt werden. Werden beide gesetzt, so wird nur der zuletzt gesetzte Wert verwendet.
Wertevorschläge: *1*, *2*, *3*
Restriktion: *'max_overlap_dist_abs'* >= *0*

'scene_normal_computation': Dieser Parameter kontrolliert die Normalenberechnung der abgetasteten 3D-Szene.
Im Standard-Modus *'fast'* werden in den meisten Fällen die Normalen der 3D-Szene benutzt (wenn sie bereits Normalen enthält) oder anhand einer relativ kleinen Nachbarschaft berechnet (wenn nicht). Die berechneten Normalen n werden dann so ausgerichtet, dass $n_z \geq 0$ falls keine Normalen in der Szene vorhanden sind. Die Ausrichtung $n_z \geq 0$ stammt von der Annahme, dass die Kamera entlang der z-Achse ausgerichtet ist.
Im Standard-Modus *'fast'*, im Fall dass das Oberflächenmodell für kantenunterstütztes oberflächenbasiertes Matching vorbereitet wurde und die Szene ein 2D-Mapping beinhaltet, werden Punktnormalen aus der Szene nicht benutzt, sondern immer anhand des 2D-Mapping berechnet. Außerdem werden die berechneten Normalen automatisch konsistent ausgerichtet.
Im Modus *'mls'* wird eine größere Nachbarschaft einbezogen und das komplexere, aber oft genauere *'mls'*-Verfahren für die Normalenberechnung verwendet. Eine genauere Beschreibung des *'mls'*-Verfahrens findet sich beim Operator `surface_normals_object_model_3d`. Der *'mls'*-Modus ist vor allem für Daten mit hohem Rauschen gedacht, etwa für Bilder aus Time-of-Flight-Kameras. Die berechneten Normalen werden wie im *'fast'*-Modus ausgerichtet.
Werteliste: *'fast'*, *'mls'*
Default: *'fast'*

'scene_invert_normals': Dieser Parameter invertiert die Normalenausrichtung der 3D-Szene. Die Normalenausrichtungen (einwärts oder auswärts) der Szene müssen mit den Ausrichtungen des Oberflächenmodells übereinstimmen. Wenn sowohl das Modell als auch die Szene mit demselben Aufbau aufgenommen werden, so zeigen die Normalen bereits in die gleiche Richtung. Wenn beim Matching der Effekt auftritt, dass das Modell auf der 'Außenseite' der Szene gefunden wird, so sollte versucht werden, diesen Parameter auf *'true'* zu setzen. Es ist auch darauf zu achten, dass die Normalen in der Szene alle entweder nach innen oder nach außen zeigen, d.h. konsistent orientiert sind. Für kantenunterstütztes oberflächenbasiertes Matching müssen die Normalen einwärts ausgerichtet sein, werden aber typischerweise automatisch konsistent zum 2D-Mapping ausgerichtet. Die Ausrichtung der Normalen kann mit der Prozedur `debug_find_surface_model` überprüft werden.
Werteliste: *'false'*, *'true'*

Default: *'false'*

'3d_edges': Erlaubt das manuelle Setzen der 3D-Kanten der Szene für das kantenunterstützte oberflächenbasierte Matching, wenn das Oberflächenmodell für kantenunterstütztes oberflächenbasiertes Matching vorbereitet wurde. Der Wert dieses Parameters muss ein 3D-Objektmodell-Handle sein. Die Kanten sind üblicherweise das Ergebnis des Operators `edges_object_model_3d`, können aber weiter gefiltert werden um Ausreißer zu entfernen. Wird dieser Parameter nicht angegeben, dann extrahiert `find_surface_model` die Kanten intern, analog zum Operator `edges_object_model_3d`.

'3d_edge_min_amplitude_rel': Setzt den Amplitudenschwellenwert bei der automatischen Extraktion von 3D-Kanten für das kantenunterstützte oberflächenbasierte Matching, d.h. wenn das Oberflächenmodell mit aktiviertem *'train_3d_edges'* erzeugt wurde und keine Kanten mittels *'3d_edges'* manuell übergeben wurden. Der Schwellenwert wird relativ zum Durchmesser des Modells angegeben und verhält sich analog zum Parameter `MinAmplitude` des Operators `edges_object_model_3d`.
Wertevorschläge: *0.05*, *0.1*, *0.5*
Default: *0.05*
Restriktion: *'3d_edge_min_amplitude_rel'* >= *0*

'3d_edge_min_amplitude_abs': Analog zu *'3d_edge_min_amplitude_rel'*, allerdings wird der Schwellenwert nicht relativ zum Modelldurchmesser sondern als absoluter Wert angegeben.
Restriktion: *'3d_edge_min_amplitude_abs'* >= *0*

'viewpoint': Dieser Parameter gibt die 3D-Position des Blickpunktes an, von dem aus die 3D-Punkte in `ObjectModel3D` gesehen werden. Der Blickpunkt wird bei Modellen mit ansichtsbasierter Bewertung benutzt (d.h. mit aktiviertem *'train_view_based'*), um die Anzahl der Punkte des Modells abzufragen die von diesem Blickpunkt aus sichtbar sind. Die 3D-Koordinaten des Blickpunktes (x, y und z) werden als Strings, getrennt durch Leerzeichen, übergeben. Der Blickpunkt ist im gleichen Koordinatensystem wie `ObjectModel3D` definiert und sollte in etwa der Sensorposition bei der Aufnahme der 3D-Szene entsprechen. Mit der Prozedur `debug_find_surface_model` kann die Lage des Blickpunktes visualisiert und überprüft werden.
Default: *'0 0 0'*

'max_gap': Dieser Parameter gibt die maximale Größe einer Lücke in Pixeln in einer 3D-Szene an. Dies gilt nur sofern das Oberflächenmodell mit aktiviertem *'train_3d_edges'* erstellt wurde. Für Lücken, die einen größeren Durchmesser haben als *'max_gap'*, werden Kanten an den Rändern der Lücke erzeugt, kleinere Lücken werden geschlossen. Dadurch können Kanten unterdrückt werden, welche an Lücken in den 3D-Daten entstehen, die der Sensor nicht rekonstruieren konnte. Für besonders hochauflösende Sensoren sollte der Wert erhöht werden.
Werden Kanten manuell mit dem generischen Parameter *'3d_edges'* übergeben, so ist zu beachten, dass *'max_gap'* in diesem Fall ignoriert wird. Andernfalls verhält sich *'max_gap'* analog zum entsprechenden generischen Parameter des Operators `edges_object_model_3d`.
Inwiefern sich *'max_gap'* auf das Modell auswirkt kann mit Hilfe der Prozedur `debug_find_surface_model` visualisiert werden.
Default: *30*

'use_3d_edges': Schaltet die Kantenunterstützung ein oder aus. Er kann verwendet werden, um ein Matching ohne Kantenunterstützung durchzuführen, obwohl das Modell mit Kantenunterstützung erstellt wurde. Wenn das Oberflächenmodell nicht mit aktiviertem *'train_3d_edges'* erstellt wurde, wird ein Fehler zurückgegeben.
Werteliste: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*

2. Grobe Pose-Verfeinerung In diesem zweiten Schritt werden die im vorherigen Schritt gefundenen näherungsweisen Posen verfeinert. Dies erhöht die Genauigkeit der Posen sowie die Aussagekraft der Bewertung.

Die folgenden generischen Parameter steuern die grobe Pose-Verfeinerung und werden mit `GenParamName` und `GenParamValue` gesetzt:

'sparse_pose_refinement': Aktiviert oder deaktiviert die grobe Pose-Verfeinerung.
Werteliste: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*

'pose_ref_use_scene_normals': Aktiviert oder deaktiviert die Verwendung von Szenennormalen für die Pose-Verfeinerung. Wenn dieser Parameter aktiviert wird und die Szene Normalenvektoren enthält, dann werden diese Normalenvektoren verwendet um die Genauigkeit der Pose-Verfeinerung zu steigern. Dazu wird der Einfluss derer Szenenpunkte verringert, deren Normalenvektor in eine andere Richtung als der entsprechende Objektnormalenvektor zeigt. Enthält die Szene keine Punktnormalen, so wird dieser Parameter ignoriert.

Werteliste: *'true'*, *'false'*
Default: *'false'*

'use_view_based': Schaltet die ansichtsbasierte Bewertung beim oberflächenbasierten Matching ein oder aus. Dies ist vor allem dann sinnvoll, wenn ein Matching ohne Verwendung der ansichtsbasierten Bewertung durchgeführt wird, obwohl das Modell speziell dafür trainiert wurde. Der Einfluss von *'use_view_based'* auf die Bewertung ist in der Beschreibung zu `Score` weiter oben erklärt. Wenn das Oberflächenmodell nicht mit aktiviertem *'train_view_based'* erstellt wurde, wird bei aktiviertem *'use_view_based'* ein Fehler zurückgegeben.
Werteliste: *'true'*, *'false'*
Default: *'false'*, falls *'train_view_based'* bei Modellerstellung deaktiviert, andernfalls *'true'*.

3. Exakte Pose-Verfeinerung Verfeinert die in den vorherigen Schritten gefundenen Posen.

Die folgenden generischen Parameter steuern die exakte Pose-Verfeinerung und beeinflussen ihre Genauigkeit und Geschwindigkeit. Die Werte werden über `GenParamName` und `GenParamValue` gesetzt:

'dense_pose_refinement': Aktiviert oder deaktiviert die exakte Pose-Verfeinerung.
Werteliste: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*

'pose_ref_num_steps': Anzahl der Iterationen der exakten Pose-Verfeinerung. Erhöht man diesen Wert, so wird die Verfeinerung genauer aber langsamer. Verringert man den Wert, so wird sie entsprechend ungenauer und schneller. Ab einer gewissen Anzahl an Iterationen konvergiert das Verfahren, so dass eine weitere Erhöhung keinen Effekt mehr auf die Genauigkeit hat.
Dieser Parameter wird ignoriert, wenn die exakte Pose-Verfeinerung deaktiviert ist.
Wertevorschläge: *1*, *3*, *5*, *20*
Default: *5*
Restriktion: *'pose_ref_num_steps'* > *0*

'pose_ref_sub_sampling': Setzt, wie viele der Szenepunkte für die exakte Pose-Verfeinerung verwendet werden. Wird dieser Wert z.B. auf *5* gesetzt, so wird jeder fünfte Punkt der Szene verwendet. Dieser Parameter erlaubt einen einfachen Kompromiss zwischen Genauigkeit und Geschwindigkeit der Verfeinerung. Erhöht man den Wert, so werden weniger Punkte verwendet, was zu einer schnelleren aber weniger genauen Verfeinerung führt. Eine Verringerung des Wertes hat den umgekehrten Effekt.
Dieser Parameter wird ignoriert, wenn die exakte Pose-Verfeinerung deaktiviert ist.
Wertevorschläge: *1*, *2*, *5*, *10*
Default: *2*
Restriktion: *'pose_ref_sub_sampling'* > *0*

'pose_ref_dist_threshold_rel': Setzt den Abstandsschwellenwert für die exakte Pose-Verfeinerung relativ zum Durchmesser des Modells. Nur Punkte deren Abstand zur Objektinstanz diesen Schwellenwert unterschreiten gehen in die Pose-Verfeinerung ein. Punkte, die weiter von der Instanz entfernt sind, werden ignoriert. Nur einer der beiden Parameter *'pose_ref_dist_threshold_rel'* und *'pose_ref_dist_threshold_abs'* sollte gesetzt werden. Werden beide gesetzt, so wird nur der zuletzt gesetzte Wert verwendet.
Dieser Parameter wird ignoriert, wenn die exakte Pose-Verfeinerung deaktiviert ist.
Wertevorschläge: *0.03*, *0.05*, *0.1*, *0.2*
Default: *0.1*
Restriktion: *'pose_ref_dist_threshold_rel'* > *0*

'pose_ref_dist_threshold_abs': Setzt den Abstandsschwellenwert für die exakte Pose-Verfeinerung als absoluten Wert. Für Details siehe den Parameter *'pose_ref_dist_threshold_rel'*. Nur einer der beiden Parameter *'pose_ref_dist_threshold_rel'* und *'pose_ref_dist_threshold_abs'* sollte gesetzt werden. Werden beide gesetzt, so wird nur der zuletzt gesetzte Wert verwendet.
Dieser Parameter wird ignoriert, wenn die exakte Pose-Verfeinerung deaktiviert ist.
Restriktion: *'pose_ref_dist_threshold_abs'* > *0*

'pose_ref_scoring_dist_rel': Setzt den Abstandsschwellenwert für die Bewertung der Pose relativ zum Durchmesser des Modells. Für Details siehe den Parameter *'pose_ref_scoring_dist_abs'*. Nur einer der beiden Parameter *'pose_ref_scoring_dist_rel'* und *'pose_ref_scoring_dist_abs'* sollte gesetzt werden. Werden beide gesetzt, so wird nur der zuletzt gesetzte Wert verwendet.
Dieser Parameter wird ignoriert, wenn die exakte Pose-Verfeinerung deaktiviert ist.
Wertevorschläge: *0.2*, *0.01*, *0.005*, *0.0001*
Default: *0.005*
Restriktion: *'pose_ref_scoring_dist_rel'* > *0*

'pose_ref_scoring_dist_abs': Setzt den Abstandsschwellenwert für die Bewertung der Pose als absoluten Wert. Nur Szenepunkte deren Abstand zur gefundenen Objektinstanz diesen Schwellenwert unterschreiten gehen in die Berechnung der Bewertung ein und werden als 'auf dem Objekt liegend' klassifiziert. Alle anderen Szenepunkte werden ignoriert. Der Schwellenwert sollte entsprechend dem zu erwartenden Rauschen und der Genauigkeit der Pose-Verfeinerung gesetzt werden. Nur einer der beiden Parameter *'pose_ref_scoring_dist_rel'* und *'pose_ref_scoring_dist_abs'* sollte gesetzt werden. Werden beide gesetzt, so wird nur der zuletzt gesetzte Wert verwendet.
Dieser Parameter wird ignoriert, wenn die exakte Pose-Verfeinerung deaktiviert ist.

'pose_ref_use_scene_normals': Aktiviert oder deaktiviert die Verwendung von Szenennormalen für die Pose-Verfeinerung. Eine genauere Beschreibung dieses Parameters findet sich weiter oben im Abschnitt `Grope Pose-Verfeinerung`.
Werteliste: *'true'*, *'false'*
Default: *'false'*

'pose_ref_dist_threshold_edges_rel': Setzt den Abstandsschwellenwert von Kanten für die exakte Pose-Verfeinerung relativ zum Durchmesser des Modells. Nur Kanten deren Abstand zur Objektinstanz diesen Schwellenwert unterschreiten gehen in die Pose-Verfeinerung ein. Kanten, die weiter von der Instanz entfernt sind, werden ignoriert. Nur einer der beiden Parameter *'pose_ref_dist_threshold_edges_rel'* und *'pose_ref_dist_threshold_edges_abs'* sollte gesetzt werden. Werden beide gesetzt, so wird nur der zuletzt gesetzte Wert verwendet.
Dieser Parameter wird ignoriert, wenn die exakte Pose-Verfeinerung deaktiviert ist oder wenn kein kantenunterstütztes Matching durchgeführt wird.
Wertevorschläge: *0.03*, *0.05*, *0.1*, *0.2*
Default: *0.1*
Restriktion: *'pose_ref_dist_threshold_edges_rel' > 0*

'pose_ref_dist_threshold_edges_abs': Setzt den Abstandsschwellenwert von Kanten für die exakte Pose-Verfeinerung als absoluten Wert. Für Details siehe den Parameter *'pose_ref_dist_threshold_edges_rel'*. Nur einer der beiden Parameter *'pose_ref_dist_threshold_edges_rel'* und *'pose_ref_dist_threshold_edges_abs'* sollte gesetzt werden. Werden beide gesetzt, so wird nur der zuletzt gesetzte Wert verwendet.
Dieser Parameter wird ignoriert, wenn die exakte Pose-Verfeinerung deaktiviert ist oder wenn kein kantenunterstütztes Matching durchgeführt wird.
Restriktion: *'pose_ref_dist_threshold_edges_abs' > 0*

'pose_ref_scoring_dist_edges_rel': Setzt den Abstandsschwellenwert von Kanten für die Bewertung der Pose relativ zum Durchmesser des Modells. Für Details siehe den Parameter *'pose_ref_scoring_dist_edges_abs'*. Nur einer der beiden Parameter *'pose_ref_scoring_dist_edges_rel'* und *'pose_ref_scoring_dist_edges_abs'* sollte gesetzt werden. Werden beide gesetzt, so wird nur der zuletzt gesetzte Wert verwendet.
Dieser Parameter wird ignoriert, wenn die exakte Pose-Verfeinerung deaktiviert ist oder wenn kein kantenunterstütztes Matching durchgeführt wird.
Wertevorschläge: *0.2*, *0.01*, *0.005*, *0.0001*
Default: *0.005*
Restriktion: *'pose_ref_scoring_dist_edges_rel' > 0*

'pose_ref_scoring_dist_edges_abs': Setzt den Abstandsschwellenwert von Kanten für die Bewertung der Pose als absoluten Wert. Nur Szenenkanten deren Abstand zu den Kanten der gefundenen Objektinstanz diesen Schwellenwert unterschreiten gehen in die Berechnung der Bewertung ein und werden als 'auf dem Objekt liegend' klassifiziert. Alle anderen Szenenkanten werden ignoriert. Der Schwellenwert sollte entsprechend der zu erwartenden Genauigkeit der extrahierten Kanten und der Genauigkeit der Pose-Verfeinerung gesetzt werden. Nur einer der beiden Parameter *'pose_ref_scoring_dist_edges_rel'* und *'pose_ref_scoring_dist_edges_abs'* sollte gesetzt werden. Werden beide gesetzt, so wird nur der zuletzt gesetzte Wert verwendet.
Dieser Parameter wird ignoriert, wenn die exakte Pose-Verfeinerung deaktiviert ist oder wenn kein kantenunterstütztes Matching durchgeführt wird.
Restriktion: *'pose_ref_scoring_dist_edges_abs' > 0*

'use_view_based': Schaltet die ansichtsbasierte Bewertung beim oberflächenbasierten Matching ein oder aus. Für weitere Informationen siehe die entsprechende Beschreibung im Abschnitt zur groben Pose-Verfeinerung.
Wenn das Oberflächenmodell nicht mit aktiviertem *'train_view_based'* erstellt wurde, wird bei aktiviertem *'use_view_based'* ein Fehler zurückgegeben.

Werteliste: *'true'*, *'false'*
Default: *'false'*, falls *'train_view_based'* bei Modellerstellung deaktiviert, andernfalls *'true'*.

'use_self_similar_poses': Schaltet die Optimierung bezüglich selbstähnlicher, fast-symmetrischer Posen ein oder aus.
Wenn das Oberflächenmodell nicht mit aktiviertem *'train_self_similar_poses'* erstellt wurde, wird bei aktiviertem *'use_self_similar_poses'* ein Fehler zurückgegeben.
Werteliste: *'true'*, *'false'*
Default: *'false'*, falls *'train_self_similar_poses'* bei Modellerstellung deaktiviert, andernfalls *'true'*.

Parameter

▷ **SurfaceModelID** (input_control) . . . . . surface_model ⇝ *handle*
Handle des Oberflächenmodells.

▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells, welches die Szene enthält.

▷ **RelSamplingDistance** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Abtastdistanz der Szene relativ zum Durchmesser des Oberflächenmodells.
Default: 0.05
Wertevorschläge: `RelSamplingDistance` ∈ {0.1, 0.07, 0.05, 0.04, 0.03}
Restriktion: 0 < RelSamplingDistance < 1

▷ **KeyPointFraction** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Anteil der abgetasteten Szenepunkte, die als Schlüsselpunkte verwendet werden.
Default: 0.2
Wertevorschläge: `KeyPointFraction` ∈ {0.3, 0.2, 0.1, 0.05}
Restriktion: 0 < KeyPointFraction <= 1

▷ **MinScore** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real* / integer
Mindestbewertung der zurückgegebenen Posen.
Default: 0
Restriktion: MinScore >= 0

▷ **ReturnResultHandle** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Aktiviert die Rückgabe eines Ergebnishandels in `SurfaceMatchingResultID`.
Default: 'false'
Wertevorschläge: `ReturnResultHandle` ∈ {'true', 'false'}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'num_matches', 'max_overlap_dist_rel', 'max_overlap_dist_abs', 'sparse_pose_refinement', 'dense_pose_refinement', 'pose_ref_num_steps', 'pose_ref_sub_sampling', 'pose_ref_dist_threshold_rel', 'pose_ref_dist_threshold_abs', 'pose_ref_scoring_dist_rel', 'pose_ref_scoring_dist_abs', 'pose_ref_use_scene_normals', 'scene_normal_computation', 'scene_invert_normals', '3d_edge_min_amplitude_rel', '3d_edge_min_amplitude_abs', 'viewpoint', 'max_gap', '3d_edges', 'pose_ref_dist_threshold_edges_rel', 'pose_ref_dist_threshold_edges_abs', 'pose_ref_scoring_dist_edges_rel', 'pose_ref_scoring_dist_edges_abs', 'use_3d_edges', 'use_view_based', 'use_self_similar_poses'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / real / integer
Werte der generischen Parameter
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0, 1, 'true', 'false', 0.005, 0.01, 0.03, 0.05, 0.1, 'num_scene_points', 'model_point_fraction', 'num_model_points', 'fast', 'mls'}

▷ **Pose** (output_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
3D-Lage des Oberflächenmodells in der Szene.

▷ **Score** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Bewertung der gefundenen Objektinstanzen.

▷ **SurfaceMatchingResultID** (output_control) . . . . . surface_matching_result(-array) ⇝ *handle*
Ergebnishandle, wenn `ReturnResultHandle` aktiviert ist.

Ergebnis

Wenn alle Parameter korrekt sind liefert `find_surface_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `xyz_to_object_model_3d`, `get_object_model_3d_params`, `read_surface_model`, `create_surface_model`, `get_surface_model_param`, `edges_object_model_3d`

Nachfolger

`refine_surface_model_pose`, `get_surface_matching_result`, `clear_surface_matching_result`, `clear_object_model_3d`

Alternativen

`refine_surface_model_pose`, `find_surface_model_image`, `refine_surface_model_pose_image`

Siehe auch

`refine_surface_model_pose`, `find_surface_model_image`

Modul

3D Metrology

`find_surface_model_image` (`Image` : : `SurfaceModelID`, `ObjectModel3D`, `RelSamplingDistance`, `KeyPointFraction`, `MinScore`, `ReturnResultHandle`, `GenParamName`, `GenParamValue` : `Pose`, `Score`, `SurfaceMatchingResultID`)

Suche der besten Matches eines Oberflächenmodells in einer 3D-Szene und Bildern.

`find_surface_model_image` sucht die besten Matches des Oberflächenmodells `SurfaceModelID` in der Szene, die durch das 3D-Objektmodell `ObjectModel3D` und Bildern der Szene `Image` dargestellt wird. Die Anzahl der in `Image` übergebenen Bilder muss mit der Anzahl der mit `set_surface_model_param` gesetzten Kameras übereinstimmen. Weiterhin muss bei der Erzeugung des Oberflächenmodells in `create_surface_model` der Parameter *'train_3d_edges'* aktiviert worden sein.

Die Bilder werden nur für die grobe und feine Pose-Verfeinerung verwendet, nicht für das näherungsweise Matching. Dazu wird gleichzeitig die Übereinstimmung des Modells mit den 3D-Daten der Szene sowie die Übereinstimmung der rückprojizierten Kanten der Modellsilhouette mit den Kanten in den übergebenen Bildern optimiert. Der Definitionsbereich der Bilder wird hierbei ignoriert.

Zusätzlich zu den in `find_surface_model` dokumentierten Parametern unterstützt `find_surface_model_image` auch die folgenden generischen Parameter:

'min_contrast': Setzt den Mindestkontrast des Objekts im Suchbild. Kanten deren Kontrast unter diesem Schwellenwert liegen werden bei der Verfeinerung ignoriert.
Wertevorschläge: *5*, *10*, *20*
Default: *10*
Restriktion: *'min_contrast'* >= *0*

'max_deformation': Setzt den Suchbereich in Pixeln für korrespondierenden Bildkanten. Dieser Parameter kann verwendet werden, wenn das Objekt gegenüber den in `create_surface_model` trainierten Modell leicht verformt ist. Eine Erhöhung dieses Parameters kann einen deutlichen Einfluss auf die Laufzeit des Operators haben.
Wertevorschläge: *0*, *1*, *5*
Default: *1*
Restriktion: *'max_deformation'* >= *0*

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Bilder der Szene.
- ▷ **SurfaceModelID** (input_control) . . . . . surface_model ⇝ *handle*
  Handle des Oberflächenmodells.
- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Objektmodells, welches die Szene enthält.
- ▷ **RelSamplingDistance** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Abtastdistanz der Szene relativ zum Durchmesser des Oberflächenmodells.
  Default: 0.05
  Wertevorschläge: `RelSamplingDistance` ∈ {0.1, 0.07, 0.05, 0.04, 0.03}
  Restriktion: 0 < RelSamplingDistance < 1
- ▷ **KeyPointFraction** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Anteil der abgetasteten Szenepunkte, die als Schlüsselpunkte verwendet werden.
  Default: 0.2
  Wertevorschläge: `KeyPointFraction` ∈ {0.3, 0.2, 0.1, 0.05}
  Restriktion: 0 < KeyPointFraction <= 1
- ▷ **MinScore** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real* / integer
  Mindestbewertung der zurückgegebenen Posen.
  Default: 0
  Restriktion: MinScore >= 0
- ▷ **ReturnResultHandle** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Aktiviert die Rückgabe eines Ergebnishandels in `SurfaceMatchingResultID`.
  Default: 'false'
  Wertevorschläge: `ReturnResultHandle` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'num_matches', 'max_overlap_dist_rel', 'max_overlap_dist_abs', 'sparse_pose_refinement', 'dense_pose_refinement', 'pose_ref_num_steps', 'pose_ref_sub_sampling', 'pose_ref_dist_threshold_rel', 'pose_ref_dist_threshold_abs', 'pose_ref_scoring_dist_rel', 'pose_ref_scoring_dist_abs', 'pose_ref_use_scene_normals', 'scene_normal_computation', 'scene_invert_normals', '3d_edge_min_amplitude_rel', '3d_edge_min_amplitude_abs', 'viewpoint', 'max_gap', '3d_edges', 'max_deformation', 'min_contrast', 'use_3d_edges', 'use_view_based', 'use_self_similar_poses'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / real / integer
  Werte der generischen Parameter
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0, 1, 'true', 'false', 0.005, 0.01, 0.03, 0.05, 0.1, 'num_scene_points', 'model_point_fraction', 'num_model_points', 'fast', 'mls'}
- ▷ **Pose** (output_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
  3D-Lagen des Oberflächenmodells in der Szene.
- ▷ **Score** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Bewertung der gefundenen Objektinstanzen.
- ▷ **SurfaceMatchingResultID** (output_control) . . . . . surface_matching_result(-array) ⇝ *handle*
  Ergebnishandle, wenn `ReturnResultHandle` aktiviert ist.

Ergebnis

Wenn alle Parameter korrekt sind liefert `find_surface_model_image` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

read_object_model_3d, xyz_to_object_model_3d, get_object_model_3d_params, read_surface_model, create_surface_model, get_surface_model_param, edges_object_model_3d

Nachfolger

refine_surface_model_pose, get_surface_matching_result, clear_surface_matching_result, clear_object_model_3d

Alternativen

refine_surface_model_pose, find_surface_model, refine_surface_model_pose_image

Siehe auch

refine_surface_model_pose, find_surface_model

Modul

3D Metrology

get_surface_matching_result (: : SurfaceMatchingResultID, ResultName, ResultIndex : ResultValue)

Auslesen von Ergebnissen des oberflächenbasierten Matchings.

Der Operator get_surface_matching_result liefert detaillierte Ergebnisse des oberflächenbasierten Matchings oder der oberflächenbasierten Pose-Verfeinerung. Die Ergebnisse sind in SurfaceMatchingResultID gespeichert, das mit find_surface_model oder refine_surface_model_pose angelegt wurde.

Der Parameter ResultName wählt das abzurufende Detailergebnis aus. Bezieht sich das Detailergebnis auf eine der zurückgelieferten Posen, so wählt ResultIndex diese aus, wobei mittels *0* das erste Ergebnis selektiert wird. Für einige Werte von ResultName wird ResultIndex ignoriert.

Die folgenden Werte sind für ResultName möglich, wenn SurfaceMatchingResultID von find_surface_model oder find_surface_model_image erzeugt wurde:

'sampled_scene': Es wird ein 3D-Objektmodell zurückgegeben, welches die für das näherungsweise Matching abgetasteten Szenepunkte enthält. Dies ist hilfreich um die Abtastdistanz einzustellen (siehe Parameter RelSamplingDistance von find_surface_model). Der Parameter ResultIndex wird ignoriert.

'key_points': Es wird ein 3D-Objektmodell zurückgegeben, welches die Schlüsselpunkte enthält, die für das Matching verwendet wurden. Dies ist hilfreich um die Abtastdistanz und die Anzahl an Schlüsselpunkten einzustellen (siehe Parameter KeyPointFraction von find_surface_model). Der Parameter ResultIndex wird ignoriert.

'score_unrefined': Es wird die Bewertung des Ergebnisses vor der exakten Pose-Verfeinerung zurückgegeben. Je nachdem, ob die grobe Pose-Verfeinerung aktiviert war ist dies die Bewertung des näherungsweisen Matchings oder der groben Pose-Verfeinerung. Eine detaillierte Beschreibung der Bewertung findet sich in find_surface_model. Der Index des Ergebnisses wird in ResultIndex übergeben. Wenn SurfaceMatchingResultID mittels refine_surface_model_pose erstellt wurde, wird 0 zurückgegeben.

'sampled_3d_edges': Wenn das Oberflächenmodell für kantenunterstütztes oberflächenbasiertes Matching vorbereitet wurde, wird ein 3D-Objektmodell zurückgegeben, welches die abgetasteten 3D-Kanten enthält die für das näherungsweise Matching verwendet wurden. Der Parameter ResultIndex wird ignoriert.

Die folgenden Werte für ResultName sind unabhängig davon, von welchem Operator SurfaceMatchingResultID erzeugt wurde, möglich:

'pose': Gibt die Pose eines der Ergebnisse zurück. Der Index des Ergebnisses wird in ResultIndex übergeben.

'score_refined': Gibt die Bewertung des Ergebnisses nach der exakten Pose-Verfeinerung zurück. Eine detaillierte Beschreibung der Bewertung findet sich in find_surface_model. Der Index des Ergebnisses wird in ResultIndex übergeben. Wenn SurfaceMatchingResultID mittels find_surface_model erstellt wurde und die exakte Pose-Verfeinerung deaktiviert war, wird 0 zurückgegeben.

'score': Gibt die kombinierte Bewertung des in `ResultIndex` indizierten Ergebnisses zurück, d.h., diese Bewertung ist gleich der Bewertung `Score` des Operators `find_surface_model`.

'score_surface': Gibt die oberflächenbasierte Bewertung des in `ResultIndex` indizierten Ergebnisses zurück. Falls nicht speziell anders gesetzt, ist diese Bewertung und *'score_refined'* gleich.

'score_3d_edges': Gibt die Bewertung der 3D-Kanten des in `ResultIndex` indizierten Ergebnisses zurück. Diese Bewertung ist nur bei oberflächenbasiertem Matching mit Kantenunterstützung anwendbar.

'score_2d_edges': Gibt die bildkantenbasierte Bewertung des in `ResultIndex` indizierten Ergebnisses zurück. Diese Bewertung ist nur bei oberflächenbasiertem Matching mit Kantenunterstützung anwendbar.

'score_view_based': Gibt die ansichtsbasierte Bewertung des in `ResultIndex` indizierten Ergebnisses zurück. Diese Bewertung ist nur bei oberflächenbasiertem Matching mit einem Modell, das speziell für diese Berechnung trainiert wurde, anwendbar.

'all_scores': Gibt für das in `ResultIndex` indizierte Ergebnis die fünf Bewertungen *'score'*, *'score_surface'*, *'score_3d_edges'*, *'score_2d_edges'* und *'score_view_based'* zurück. Dabei haben die Bewertungen die gleiche Reihenfolge wie die Schwellenwerte, die über den Parameter `MinScore` der Matching- und Verfeinerungsoperatoren übergeben werden können.

Parameter

▷ **`SurfaceMatchingResultID`** (input_control) ..... surface_matching_result ⇝ *handle*
Ergebnishandle des oberflächenbasierten Matchings.

▷ **`ResultName`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Name des Ergebnisdetails.
Default: 'pose'
Werteliste: `ResultName` ∈ {'sampled_scene', 'key_points', 'pose', 'score_unrefined', 'score_refined', 'sampled_3d_edges', 'score', 'score_surface', 'score_3d_edges', 'score_2d_edges', 'score_view_based', 'all_scores'}

▷ **`ResultIndex`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Index des Ergebnisses, beginnend mit 0.
Default: 0
Wertevorschläge: `ResultIndex` ∈ {0, 1, 2, 3}
Restriktion: ResultIndex >= 0

▷ **`ResultValue`** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer* / string / real / handle
Wert des Ergebnisses.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert `get_surface_matching_result` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`find_surface_model`, `refine_surface_model_pose`

Nachfolger

`clear_surface_model`

Siehe auch

`find_surface_model`, `refine_surface_model_pose`, `read_surface_model`, `write_surface_model`, `clear_surface_model`

Modul

3D Metrology

`get_surface_model_param` (: : SurfaceModelID, GenParamName : GenParamValue)

Auslesen von Einstellungen und Eigenschaften eines Oberflächenmodells.

get_surface_model_param liefert Einstellungen und Eigenschaften des Oberflächenmodells SurfaceModelID. Das Oberflächenmodell muss mittels create_surface_model oder read_surface_model erstellt worden sein. Die Namen der abzurufenden Werte werden im generischen Parameter GenParamName übergeben, die entsprechenden Werte werden in GenParamValue zurückgegeben.

Die folgenden Werte sind für GenParamName möglich:

'diameter': Durchmesser der Modellpunktwolke. Der Durchmesser ist die Länge der Diagonalen des umschließenden achsenparallelen Quaders (siehe *'bounding_box1'*).

'center': Mittelpunkt des Modells. Der Mittelpunkt ist das Zentrum des umschließenden achsenparallelen Quaders (siehe *'bounding_box1'*).

'bounding_box1': Kleinster umschließender achsenparalleler Quader, zurückgegeben als (min_x, min_y, min_z, max_x, max_y, max_z).

'sampled_model': Die für das Matching abgetasteten 3D-Punkte des Modells. Zurückgegeben wird das Handle eines 3D-Objektmodells, welches alle Punkte enthält, die für das näherungsweise Matching abgetastet wurden (siehe create_surface_model).

'sampled_pose_refinement': Die für die Pose-Verfeinerung abgetasteten 3D-Punkte des Modells. Zurückgegeben wird das Handle eines 3D-Objektmodells, welches alle Punkte enthält die für die Pose-Verfeinerung abgetastet wurden (siehe create_surface_model).

'3d_edges_trained': Gibt zurück ob das Oberflächenmodell für kantenunterstützte Matching vorbereitet wurde, d.h., ob der Parameter *'train_3d_edges'* in create_surface_model für dieses Modell aktiviert wurde. Zurückgegeben wird der String *'true'* oder *'false'*.

'view_based_trained': Gibt zurück ob das Oberflächenmodell zur Berechnung einer ansichtsbasierten Bewertung während des Matchings vorbereitet wurde, d.h., ob der Parameter *'train_view_based'* in create_surface_model für dieses Modell aktiviert wurde. Zurückgegeben wird der String *'true'* oder *'false'*.

'camera_parameter':

'camera_parameter X': Gibt die Kameraparameter der Kamera mit der Nummer X zurück, wobei X ein 0-basierter Index ist. Falls nicht angegeben, ist X standardmäßig 0 (erste Kamera). Die Kameraparameter müssen vorher mittels set_surface_model_param gesetzt worden sein.

'camera_pose':

'camera_pose X': Gibt die Kamerapose der Kamera mit der Nummer X zurück, wobei X ein 0-basierter Index ist. Falls nicht angegeben, ist X standardmäßig 0 (erste Kamera).

'symmetry_axis_direction':

'symmetry_axis_origin': Gibt die Richtung der vorher mit set_surface_model_param gesetzten Symmetrieachse bzw. einen auf ihr liegenden Punkt zurück. Wenn keine Achse gesetzt wurde, wird ein leeres Tupel zurückgegeben.

'symmetry_poses': Gibt die mit set_surface_model_param gesetzten Symmetrieposen zurück.

'symmetry_poses_all': Gibt alle Symmetrieposen zurück, die set_surface_model_param auf Grundlage der gesetzten Symmetrieposen gefunden hat.

'pose_restriction_reference_pose': Gibt die mit set_surface_model_param gesetzte Referenzpose des Modells zurück. Wenn keine Referenzpose gesetzt ist, wird ein leeres Tupel zurückgegeben.

'pose_restriction_max_angle_diff': Gibt die mittels set_surface_model_param gesetzte maximale Winkeldifferenz zwischen der Referenzpose und einer gefundenen Pose zurück. Der Winkel wird im Bogenmaß zurückgegeben. Wenn keine Winkeldifferenz gesetzt ist, wird ein leeres Tupel zurückgegeben.

'pose_restriction_allowed_axis_direction':

'pose_restriction_allowed_axis_origin': Gibt die Richtung der vorher mit set_surface_model_param gesetzten zu ignorierenden Rotationsachse zurück. Wenn keine Achse gesetzt wurde, wird ein leeres Tupel zurückgegeben.

'pose_restriction_filter_final_poses_only': Gibt *'true'* zurück, wenn nur die finalen Posen gefiltert werden sollen, oder *'false'*, wenn die Filterung bereits während des Matchingprozesses geschehen soll (Standardwert).

'self_similar_poses_trained': Gibt zurück ob das Oberflächenmodell zur Optimierung bezüglich selbstähnlicher, fast-symmetrischer Lagen vorbereitet wurde, d.h. ob der Parameter *'train_self_similar_poses'* in create_surface_model für dieses Modell aktiviert wurde. Zurückgegeben wird der String *'true'* oder *'false'*.

'sampled_self_similarity': Gibt das Handle eines 3D-Objektmodells zurück welches die 3D-Punkte des Modells enthält, die für Suche nach selbstähnlichen Posen abgetastet wurden.

'self_similar_poses': Gibt die Posen zurück, unter denen das Objekt selbstähnlich, d.h. fast-symmetrisch, ist. Diese stehen nur zur Verfügung, wenn das Oberflächenmodell in `create_surface_model` mit aktiviertem Parameter *'train_self_similar_poses'* trainiert wurde.

'self_similar_poses_models': Gibt das Handle von 3D-Objektmodellen zurück, welche das Originalmodell enthalten, das in die mit *'self_similar_poses'* abrufbaren Posen transformiert wurden. Dies erlaubt eine Untersuchung der gefundenen selbstähnlichen Lagen. Dieser Parameter steht nur zur Verfügung, wenn das Oberflächenmodell in `create_surface_model` mit aktiviertem Parameter *'train_self_similar_poses'* trainiert wurde.

Parameter

▷ **SurfaceModelID** (input_control) . . . . . surface_model ⇝ *handle*
Handle des Oberflächenmodells.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Name der abzurufenden Eigenschaft.
Default: 'diameter'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'diameter', 'center', 'bounding_box1', 'sampled_model', 'sampled_pose_refinement', '3d_edges_trained', 'camera_parameter', 'camera_pose', 'symmetry_axis_direction', 'symmetry_axis_origin', 'symmetry_poses', 'symmetry_poses_all', 'pose_restriction_reference_pose', 'pose_restriction_max_angle_diff', 'pose_restriction_allowed_axis_direction', 'pose_restriction_allowed_axis_origin', 'pose_restriction_filter_final_poses_only', 'view_based_trained', 'self_similar_poses_trained', 'sampled_self_similarity', 'self_similar_poses', 'self_similar_poses_models'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *real* / string / integer / handle
Wert der abzurufenden Eigenschaft.

Ergebnis

Wenn alle Parameter korrekt sind liefert `get_surface_model_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_surface_model`, `read_surface_model`

Nachfolger

`find_surface_model`, `refine_surface_model_pose`, `write_surface_model`

Siehe auch

`create_surface_model`, `set_surface_model_param`

Modul

3D Metrology

read_surface_model (: : FileName : SurfaceModelID)

Liest ein Oberflächenmodell aus einer Datei.

`read_surface_model` liest ein Oberflächenmodell welches zuvor mittels `write_surface_model` geschrieben wurde aus der Datei `FileName` ein. Das Handle des eingelesenen Oberflächenmodells wird in `SurfaceModelID` zurückgegeben. Enthält `FileName` keine absolute Pfadangabe, so wird die Datei im aktuellen Verzeichnis des HALCON-Prozesses gesucht. Die Standard-Dateiendung für Oberflächenmodelle in HALCON ist 'sfm'. Existiert die Datei `FileName` nicht, so wird diese Standard-Dateiendung angehängt und erneut gesucht.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Dateiname der SFM-Datei.
Dateiendung: .sfm

▷ **SurfaceModelID** (output_control) . . . . . surface_model ⇝ *handle*
Handle des gelesenen Oberflächenmodells.

Ergebnis

Wenn alle Parameter korrekt sind und die Datei gelesen werden konnte liefert read_surface_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Wenn die Datei kein Oberflächenmodell enthält wird der Fehler 9506 zurückgegeben. Enthält die Datei ein Oberflächenmodell in einer Version, die nicht mit dieser HALCON-Version gelesen werden kann, wird der Fehler 9507 zurückgegeben. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

read_object_model_3d, xyz_to_object_model_3d

Nachfolger

find_surface_model, refine_surface_model_pose, get_surface_model_param, clear_surface_model, find_surface_model_image, refine_surface_model_pose_image

Alternativen

create_surface_model

Siehe auch

create_surface_model, write_surface_model

Modul

3D Metrology

refine_surface_model_pose (: : SurfaceModelID, ObjectModel3D, InitialPose, MinScore, ReturnResultHandle, GenParamName, GenParamValue : Pose, Score, SurfaceMatchingResultID)

Verfeinern der Pose eines Oberflächenmodells in einer 3D-Szene.

refine_surface_model_pose verfeinert die näherungsweise Pose InitialPose des Oberflächenmodells SurfaceModelID in der 3D-Szene ObjectModel3D. Das Oberflächenmodell SurfaceModelID muss zuvor mittels create_surface_model oder read_surface_model erstellt worden sein. Das 3D-Objektmodell der Szene kann beispielsweise mittels read_object_model_3d aus einer Datei gelesen worden sein oder mittels xyz_to_object_model_3d erstellt worden sein. Weiterhin können einige mittels set_surface_model_param gesetzte Parameter des Oberflächenmodells die Pose-Verfeinerung beeinflussen, wie etwa das Einschränken des Rotationsbereichs.

refine_surface_model_pose ist nützlich wenn die Lage eines 3D-Objekts in einer 3D-Szene ungefähr bekannt ist und lediglich verfeinert werden soll. Die verfeinerte Pose wird in Pose zurückgegeben, zusammen mit einer Bewertung in Score. Es können auch mehrere Posen zur Verfeinerung übergeben werden. Es ist zu beachten, dass anders als bei find_surface_model die resultierenden Posen nicht nach ihrer Bewertung sortiert werden, sondern in der selben Reihenfolge zurückgegeben werden, in der sie übergeben wurden.

Die maximal mögliche Abweichung der Pose, bis zu der die Verfeinerung funktioniert, hängt stark vom Objekt und der Szene ab. Im allgemeinen können Abweichungen in der Rotation von bis zu 15° und Abweichungen in der Lage von bis zu 10% des Modelldurchmessers verfeinert werden.

Die numerisch maximal erreichbare Positionsgenauigkeit nach der Posenverfeinerung liegt bei etwa 0.1% der Modellgröße. Die Genauigkeit hängt weiter vom Rauschen der Daten, von der Anzahl der Datenpunkte und von der Modellform ab.

Details über die Verfeinerung und die Parameter finden sich in der Dokumentation zu `find_surface_model` im Abschnitt über die exakte Pose-Verfeinerung. Die folgenden generischen Parameter, die ebenfalls in `find_surface_model` dokumentiert sind, können für `refine_surface_model_pose` gesetzt werden: *'pose_ref_num_steps'*, *'pose_ref_sub_sampling'*, *'pose_ref_dist_threshold_rel'*, *'pose_ref_dist_threshold_abs'*, *'pose_ref_scoring_dist_rel'*, *'pose_ref_scoring_dist_abs'*, *'pose_ref_use_scene_normals'*, *'3d_edge_min_amplitude_rel'*, *'3d_edge_min_amplitude_abs'*, *'3d_edges'*, *'use_3d_edges'*, *'use_view_based'*, *'use_self_similar_poses'*, *'pose_ref_dist_threshold_edges_rel'*, *'pose_ref_dist_threshold_edges_abs'*, *'pose_ref_scoring_dist_edges_rel'* und *'pose_ref_scoring_dist_edges_abs'*.

Parameter

- ▷ **`SurfaceModelID`** (input_control) . . . . . surface_model ⇝ *handle*
  Handle des Oberflächenmodells.
- ▷ **`ObjectModel3D`** (input_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Objektmodells, welches die Szene enthält.
- ▷ **`InitialPose`** (input_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
  Zu verfeinernde 3D-Lagen des Oberflächenmodells in der Szene.
- ▷ **`MinScore`** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real* / integer
  Mindestbewertung der zurückgegebenen Posen.
  Default: 0
  Restriktion: MinScore >= 0
- ▷ **`ReturnResultHandle`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Aktiviert die Rückgabe eines Ergebnishandels in `SurfaceMatchingResultID`.
  Default: 'false'
  Werteliste: `ReturnResultHandle` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'pose_ref_num_steps', 'pose_ref_sub_sampling', 'pose_ref_dist_threshold_rel', 'pose_ref_dist_threshold_abs', 'pose_ref_scoring_dist_rel', 'pose_ref_scoring_dist_abs', 'pose_ref_use_scene_normals', '3d_edge_min_amplitude_rel', '3d_edge_min_amplitude_abs', 'viewpoint', '3d_edges', 'use_3d_edges', 'use_view_based', 'use_self_similar_poses'}
- ▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / real / integer
  Werte der generischen Parameter
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0, 1, 'true', 'false', 0.005, 0.01, 0.03, 0.05, 0.1}
- ▷ **`Pose`** (output_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
  3D-Lagen des Oberflächenmodells in der Szene.
- ▷ **`Score`** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Bewertung der gefundenen Objektinstanzen.
- ▷ **`SurfaceMatchingResultID`** (output_control) . . . . . surface_matching_result(-array) ⇝ *handle*
  Ergebnishandle, wenn `ReturnResultHandle` aktiviert ist.

Ergebnis

Wenn alle Parameter korrekt sind liefert `refine_surface_model_pose` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

read_object_model_3d, xyz_to_object_model_3d, get_object_model_3d_params, read_surface_model, create_surface_model, get_surface_model_param, find_surface_model, edges_object_model_3d

Nachfolger

get_surface_matching_result, clear_surface_matching_result, clear_object_model_3d

Alternativen

find_surface_model, refine_surface_model_pose_image, find_surface_model_image

Siehe auch

create_surface_model, find_surface_model, refine_surface_model_pose_image

Modul

3D Metrology

refine_surface_model_pose_image (Image : : SurfaceModelID, ObjectModel3D, InitialPose, MinScore, ReturnResultHandle, GenParamName, GenParamValue : Pose, Score, SurfaceMatchingResultID)

Verfeinern der Pose eines Oberflächenmodells in einer 3D-Szene und Bildern.

refine_surface_model_pose_image verfeinert die näherungsweise Pose InitialPose des Oberflächenmodells SurfaceModelID in der Szene, die durch das 3D-Objektmodell ObjectModel3D und Bildern der Szene Image dargestellt wird. Die Anzahl der in Image übergebenen Bilder muss mit der Anzahl der mit set_surface_model_param gesetzten Kameras übereinstimmen. Weiterhin muss bei der Erzeugung des Oberflächenmodells in create_surface_model der Parameter *'train_3d_edges'* aktiviert worden sein.

refine_surface_model_pose_image optimiert gleichzeitig die Übereinstimmung des Modells mit den 3D-Daten der Szene sowie die Übereinstimmung der rückprojizierten Modellkanten mit den Kanten in den übergebenen Bildern. Der Definitionsbereich der Bilder wird hierbei ignoriert.

Zusätzlich zu den in refine_surface_model_pose dokumentierten Parametern unterstützt der Operator auch die in find_surface_model_image dokumentierten generischen Parameter *'min_contrast'* und *'max_deformation'*.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Bilder der Szene.
- ▷ **SurfaceModelID** (input_control) ..... surface_model ⇝ *handle*
  Handle des Oberflächenmodells.
- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) ..... object_model_3d ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Objektmodells, welches die Szene enthält.
- ▷ **InitialPose** (input_control) ..... pose(-array) ⇝ *real* / integer
  Zu verfeinernde 3D-Lagen des Oberflächenmodells in der Szene.
- ▷ **MinScore** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real* / integer
  Mindestbewertung der zurückgegebenen 3D-Lagen.
  Default: 0
  Restriktion: MinScore >= 0
- ▷ **ReturnResultHandle** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Aktiviert die Rückgabe eines Ergebnishandels in SurfaceMatchingResultID.
  Default: 'false'
  Werteliste: ReturnResultHandle ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: GenParamName ∈ {'pose_ref_num_steps', 'pose_ref_sub_sampling', 'pose_ref_dist_threshold_rel', 'pose_ref_dist_threshold_abs', 'pose_ref_scoring_dist_rel',

'pose_ref_scoring_dist_abs', 'pose_ref_use_scene_normals', 'max_deformation', 'min_contrast', '3d_edge_min_amplitude_rel', '3d_edge_min_amplitude_abs', 'viewpoint', '3d_edges', 'use_3d_edges', 'use_view_based', 'use_self_similar_poses'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / real / integer
Werte der generischen Parameter
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {0, 1, 'true', 'false', 0.005, 0.01, 0.03, 0.05, 0.1}

▷ **Pose** (output_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
3D-Lage des Oberflächenmodells in der Szene.

▷ **Score** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Bewertung der gefundenen Objektinstanzen.

▷ **SurfaceMatchingResultID** (output_control) . . . . . surface_matching_result(-array) ⇝ *handle*
Ergebnishandle, wenn ReturnResultHandle aktiviert ist.

Ergebnis

Wenn alle Parameter korrekt sind liefert refine_surface_model_pose_image den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

read_object_model_3d, xyz_to_object_model_3d, get_object_model_3d_params, read_surface_model, create_surface_model, get_surface_model_param, find_surface_model, edges_object_model_3d

Nachfolger

get_surface_matching_result, clear_surface_matching_result, clear_object_model_3d

Alternativen

find_surface_model, refine_surface_model_pose, find_surface_model_image

Siehe auch

create_surface_model, find_surface_model, refine_surface_model_pose

Modul

3D Metrology

serialize_surface_model (: : SurfaceModelID : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines Oberflächenmodells.

serialize_surface_model serialisiert die Daten eines Oberflächenmodells (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von write_surface_model in eine Datei geschrieben werden. Das Oberflächenmodell wird in dem Handle SurfaceModelID übergeben. Das serialisierte Oberflächenmodell wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben. und kann mit deserialize_surface_model wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **SurfaceModelID** (input_control) . . . . . surface_model ⇝ *handle*
Handle des Oberflächenmodells.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_surface_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_surface_model`, `create_surface_model`, `get_surface_model_param`

Nachfolger

`clear_surface_model`, `fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_surface_model`

Siehe auch

`create_surface_model`, `read_surface_model`, `write_surface_model`

Modul

3D Metrology

set_surface_model_param (: : SurfaceModelID, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen von Parametern eines Oberflächenmodells.

Der Operator `set_surface_model_param` setzt Parameter und Eigenschaften des Oberflächenmodells `SurfaceModelID`. Das Oberflächenmodell muss vorher mittels `create_surface_model` oder `read_surface_model` erstellt worden sein. Die Namen der zu verändernden Parameter werden in `GenParamName` übergeben, die entsprechenden neuen Werte in `GenParamValue`.

Die möglichen Werte für `GenParamName` sind unten aufgeführt.

- **Kameras für die bildunterstützte Posenverfeinerung.** Die folgenden Parameter erlauben das Setzen und Löschen von Kameraparametern und -posen. Diese werden von `find_surface_model_image` und `refine_surface_model_pose_image` verwendet, um das Modell in die dort übergebenen Bilder zu projizieren.

  Die Kameraparameter müssen vor der Kamerapose eingestellt werden.

  'camera_parameter':

  'camera_parameter X': Setzt die Kameraparameter der Kamera mit Nummer X. X ist ein 0-basierter Index und standardmäßig 0 (erste Kamera). Die Kameraparameter werden von den Operatoren `find_surface_model_image` und `refine_surface_model_pose_image` verwendet, welche die entsprechenden Kamerabilder für die Pose-Verfeinerung verwenden. Kameras müssen in aufsteigender Reihenfolge hinzugefügt werden.

  'camera_pose':

  'camera_pose X': Setzt die Kamerapose der Kamera mit Nummer X. X ist ein 0-basierter Index und standardmäßig 0 (erste Kamera). Beim Hinzufügen einer neuen Kamera wird die Pose standardmäßig auf die Nullpose *[0,0,0,0,0,0,0]* gesetzt, was bedeutet, dass die Kamera und der 3D-Sensor den gleichen Ursprung haben.

  'clear_cameras': Löscht alle vorher im Oberflächenmodell gesetzten Kameras.

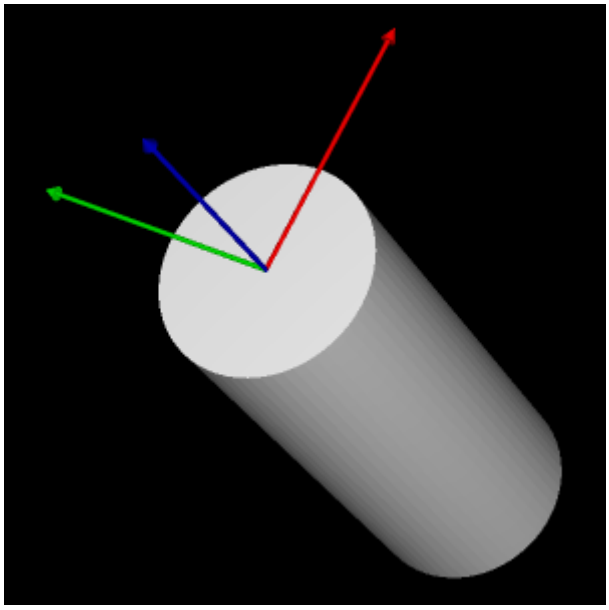
- **Objektsymmetrien definieren.** Die folgenden Parameter können verwendet werden, um im Oberflächenmodell Symmetrien des Objekts zu setzen. Diese Information kann verwendet werden, um das oberflächenbasierte Matching zu beschleunigen.

  Für mit *'train_3d_edges'* erstellte Oberflächenmodelle können keine Symmetrien gesetzt werden.

  Standardmäßig sind keine Symmetrien aktiviert.

  Zu beachten ist, dass `set_surface_model_param` beim Ändern der Symmetrien einige interne Datenstrukturen neu aufbaut, damit das oberflächenbasierte Matching schneller wird. Dies kann einige Sekunden dauern.

  'symmetry_axis_direction': Setzt die Richtung der Symmetrieachse des Modells. `GenParamValue` muss ein Tupel mit drei Zahlen sein, welche die x-, y- und z-Werte der Achsenrichtung sind. Das Modell wird modifiziert, um diese Information zum Beschleunigen des oberflächenbasierten Matchings zu verwenden.
  Um die Symmetrieachse zu löschen, kann in `GenParamValue` ein leeres Tupel übergeben werden.

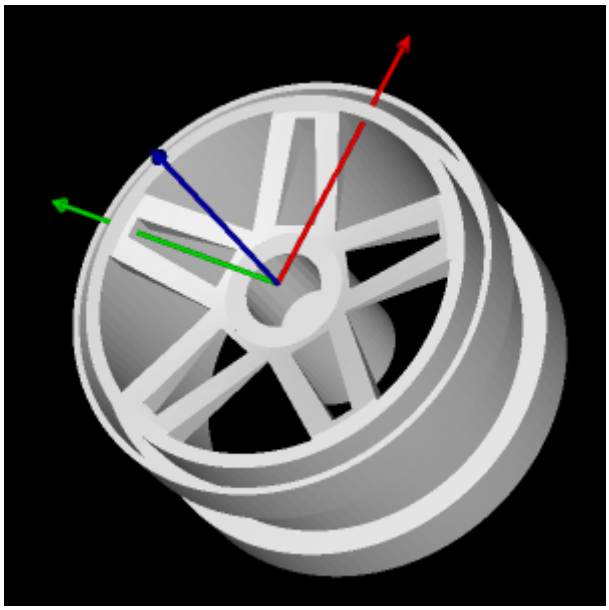
  

  Ein Objekt (Zylinder), wobei *[0,0,1]* die Richtung der Symmetrieachse ist.

  Wird *'symmetry_axis_direction'* zusammen mit einer Einschränkung des Posenbereichs verwendet (siehe unten), wird der Wert von *'symmetry_axis_direction'* zusätzlich verwendet, als wäre er mit *'pose_restriction_allowed_axis_direction'* gesetzt worden.

  'symmetry_axis_origin': Setzt einen Punkt auf der Symmetrieachse des Modells. `GenParamValue` muss ein Tupel mit drei Zahlen sein, welche einen beliebigen Punkt in Modellkoordinaten darstellen, der auf der Symmetrieachse liegt. Dieser Parameter ist optional. Standardmäßig wird er auf den wie von `get_surface_model_param` zurückgegebenen Mittelpunkt des Modells gesetzt.
  Wird *'symmetry_axis_origin'* zusammen mit einer Einschränkung des Posenbereichs verwendet (siehe unten), wird der Wert von *'symmetry_axis_origin'* zusätzlich verwendet, als wäre er mit *'pose_restriction_allowed_axis_origin'* gesetzt worden.

  'symmetry_poses': Setzt eine oder mehr Symmetrieposen des Modells (siehe `create_pose`). Das Modell muss, wenn es mit einer dieser Posen transformiert wird, zu sich selbst identisch sein. Das Modell wird modifiziert, um diese Information zum Beschleunigen des oberflächenbasierten Matchings zu verwenden.
  Wenn eine oder mehr Symmetrieposen gesetzt werden, erzeugt `set_surface_model_param` intern alle durch Invertierung und Verkettung dieser Posen erzeugbaren weiteren Posen. Um alle derart intern erstellten Posen zu erhalten, kann `get_surface_model_param` mit dem Parameter *'symmetry_poses_all'* verwendet werden. Wenn intern mehr als 100 Posen gefunden werden, wird ein Fehler zurückgegeben, da dies auf ungültige Symmetrieposen hindeutet.
  Um die Symmetrieposen zu löschen, kann ein leeres Tupel in `GenParamValue` übergeben werden. Es kann nur entweder eine Symmetrieachse oder Symmetrieposen gesetzt werden, aber nicht beides.



Ein Objekt mit diskontinuierlicher Symmetrie. Die Symmetriepose für dieses Objekt ist *[0,0,0, 0,0,360.0/5, 0]*.

- **Einschränkung des Posenbereichs.** Die folgenden Parameter können verwendet werden, um den Rotationsbereich einzuschränken, in dem `find_surface_model` nach dem Oberflächenmodell sucht, oder um den erlaubten Rotationsbereich für `refine_surface_model_pose` zu setzen.

  Standardmäßig gibt es keine Poseneinschränkungen, d.h. das Modell wird in allen möglichen Rotationen gesucht.

  Zu beachten ist, dass `set_surface_model_param` beim Ändern der Poseneinschränkungen einige interne Datenstrukturen neu aufbaut, damit das oberflächenbasierte Matching schneller wird. Dies kann einige Sekunden dauern.

  'pose_restriction_reference_pose': Setzt die Referenzpose des Modells. Die Referenzpose kann zusammen mit *'pose_restriction_max_angle_diff'* verwendet werden, um den erlaubten Rotationsbereichs des Modells einzuschränken.
  Wenn `GenParamValue` ein leeres Tupel ist, wird eine vorher gesetzte Referenzpose gelöscht und die Poseneinschränkung des Modells damit aufgehoben.
  Andernfalls muss `GenParamValue` eine Pose sein (siehe `create_pose`). Der Translationsanteil der Pose wird ignoriert. Zu beachten ist auch, dass sowohl *'pose_restriction_reference_pose'* als auch *'pose_restriction_max_angle_diff'* gesetzt werden müssen, damit eine Poseneinschränkung aktiv ist.

  'pose_restriction_max_angle_diff': Legt fest, um wie viel die Rotation eine beim oberflächenbasierten Matching gefundenen Pose von der Rotation der mit *'pose_restriction_reference_pose'* gesetzten Referenzpose abweichen darf. Der Winkel wird im Bogenmaß angegeben.
  Wenn `GenParamValue` ein leeres Tupel ist, wird ein vorher gesetzter Winkel gelöscht und die Poseneinschränkung aufgehoben.
  Andernfalls muss `GenParamValue` ein Winkel sein, der angibt, um wie viel die Rotation einer gefundenen Pose *'P'* von der Referenzpose *'R'* abweiche darf. Der Vergleich erfolgt für jeden der Modellpunkte über die Gleichung $\angle(R\mathbf{v}, P\mathbf{v}) \leq \text{max_angle_diff}$, wobei $\mathbf{v}$ der Vektor des 3D-Punktes ist.

  'pose_restriction_allowed_axis_direction': Rotation um die mit diesem Parameter gesetzte Achse werden beim Vergleichen von gefundenen Posen mit der mit *'pose_restriction_reference_pose'* gesetzten Referenzpose ignoriert.
  Wenn `GenParamValue` ein leeres Tupel ist, wird eine vorher gesetzte Achse gelöscht.
  Andernfalls muss `GenParamValue` drei Werte enthalten, die die Richtung der zu ignorierenden Achse in Modellkoordinaten enthält. Wenn eine solche Achse gesetzt ist, so darf sich ihre Richtung in einer gefundenen Pose von der Richtung der Achse in der Referenzpose höchstens um den mit *'pose_restriction_max_angle_diff'* gesetzten Winkel unterscheiden.
  Der Vergleich der Rotation einer gefundenen Pose mit der Referenzpose erfolgt dann mit der Gleichung $\angle(R\,\text{axis}, P\,\text{axis}) \leq \text{max_angle_diff}$.

  'pose_restriction_allowed_axis_origin': Definiert einen Punkt auf der mit *'pose_restriction_allowed_axis_direction'* gesetzten Achse. `GenParamValue` muss ein Tupel mit

drei Werten sein, die einen beliebigen Punkt auf dieser Achse darstellen. Dieser Parameter ist optional. Standardmäßig wird er auf den wie von `get_surface_model_param` zurückgegebenen Mittelpunkt des Modells gesetzt.

'pose_restriction_filter_final_poses_only': Mittels dieses Flags kann zwischen zwei verschiedenen Modi für die Poseneinschränkung gewechselt werden.
Wenn `GenParamValue` auf *'false'* gesetzt ist (Standardwert), werden Posen mit Rotationen außerhalb des erlaubten Bereichs bereits früh im Matchingprozess unterdrückt. Diese Einstellung sollte verwendet werden, wenn das Objekt in der Szene stets in einer gewissen Orientierung liegt, `find_surface_model` aber teilweise eine falsche Orientierung zurückliefert. Mit dieser Einstellung liefert `find_surface_model` evtl. Posen zurück, die der Operator eigentlich als lokal suboptimal erachtet, wenn alle besseren Posen Rotationen außerhalb des erlaubten Bereichs haben. Wenn an `refine_surface_model_pose` eine Pose übergeben wird, deren Rotation außerhalb des erlaubten Bereichs liegt, wird diese in den erlaubten Bereich projiziert.
Wenn `GenParamValue` auf *'true'* gesetzt ist, werden nur die endgültigen von `find_surface_model` gefundenen Posen gefiltert und die außerhalb des erlaubten Bereichs liegenden entfernt. Diese Einstellung sollte verwendet werden, wenn das Objekt von `find_surface_model` zwar immer korrekt gefunden wird, aber für die Anwendung nicht alle Posen interessant sind, da einige z.B. nicht vom Roboter gegriffen werden können. In dieser Einstellung liefert `find_surface_model` möglicherweise weniger Posen als angefordert zurück, wenn eine oder mehr der gefundenen Posen außerhalb des erlaubten Bereichs liegen.

- **Setzen der Selbstähnlichkeit.** Die folgenden Parameter können verwendet werden, um die Optimierung bezüglich selbstähnlicher Posen zu steuern. Die Parameter können nur gesetzt werden, wenn `create_surface_model` mit aktiviertem Parameter *'train_self_similar_poses'* aufgerufen wurde.
  Zu beachten ist, dass `set_surface_model_param` beim Ändern der Selbstähnlichkeitssuche einige interne Datenstrukturen neu aufbaut, damit das oberflächenbasierte Matching schneller wird. Dies kann einige Sekunden dauern.

  'self_similar_poses': Setzt die selbstähnlichen Posen des Modells. Dies sind Posen, unter denen das Objekt sehr ähnlich aussieht, und die daher bei der Suche verwechselt werden können.
  `find_surface_model` findet solche Posen automatisch, wenn *'use_self_similar_poses'* aktiviert ist. Die Posen können mit `get_surface_model_param` wieder abgerufen werden. Sollten diese automatisch gefundenen Posen nicht ausreichen, um die Selbstähnlichkeiten aufzulösen, können mit *'self_similar_poses'* alternative Posen gesetzt werden. In der Regel wird dies nicht empfohlen.
  `GenParamValue` muss eine Liste von Posen enthalten (siehe `create_pose`). Die Identitätspose wird der Liste automatisch hinzugefügt, wenn sie nicht bereits darin enthalten ist.

Achtung

In einigen Fällen kann dieser Operator bereits am Modell durchgeführte Änderungen nicht mehr rückgängig machen, wenn während der Aktualisierung der internen Datenstrukturen ein Fehler wie z.B. zu wenig Speicher auftritt. In diesem Fall kann das Modell in einem inkonsistenten, nur teilweise geänderten Zustand bleiben. Das Modell sollte dann gelöscht und neu erzeugt werden.

Dies betrifft nicht Fehler, die aufgrund ungültiger Parameterwerte auftreten, da diese schon vor der Aktualisierung des Modells geprüft werden.

Es ist auch zu beachten, dass die Neuerstellung der internen Datenstrukturen beim Ändern von Symmetrien oder der Poseneinschränkung so lange dauern kann wie das ursprüngliche `create_surface_model`.

Parameter

▷ **`SurfaceModelID`** (input_control) . . . . . surface_model ⇝ *handle*
Handle des Oberflächenmodells.

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Name der zu setzenden Eigenschaft.
Default: 'camera_parameter'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'camera_parameter', 'camera_pose', 'clear_cameras', 'symmetry_axis_direction', 'symmetry_axis_origin', 'symmetry_poses', 'pose_restriction_reference_pose', 'pose_restriction_max_angle_diff', 'pose_restriction_allowed_axis_direction', 'pose_restriction_allowed_axis_origin', 'pose_restriction_filter_final_poses_only', 'self_similar_poses'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *real* / string / integer
Wert der zu setzenden Eigenschaft.
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false', [], [0,0,0,0,0,0,0], [0,0,1]}

Ergebnis

Wenn alle Parameter korrekt sind liefert `set_surface_model_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SurfaceModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_surface_model`, `read_surface_model`, `get_surface_model_param`

Nachfolger

`find_surface_model`, `refine_surface_model_pose`, `write_surface_model`, `find_surface_model_image`, `refine_surface_model_pose_image`

Siehe auch

`create_surface_model`, `get_surface_model_param`

Modul

3D Metrology

`write_surface_model` (: : SurfaceModelID, FileName :)

Schreibt ein Oberflächenmodell in eine Datei.

`write_surface_model` schreibt das Oberflächenmodell `SurfaceModelID` in die Datei `FileName`. Die Datei kann mit `read_surface_model` wieder gelesen werden. Die Standard-Dateiendung für Oberflächenmodelle in HALCON ist 'sfm'.

Parameter

▷ **`SurfaceModelID`** (input_control) . . . . . surface_model ⇝ *handle*
Handle des Oberflächenmodells.

▷ **`FileName`** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Dateiname.
Dateiendung: `.sfm`

Ergebnis

Wenn alle Parameter korrekt sind und die Datei geschrieben werden konnte liefert `write_surface_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_surface_model`, `create_surface_model`, `get_surface_model_param`

Nachfolger

`clear_surface_model`

Siehe auch

`create_surface_model`, `read_surface_model`

Modul

3D Metrology

Kapitel 4

3D-Objektmodell

4.1 Generierung

clear_object_model_3d (: : ObjectModel3D :)

Freigeben des Speichers eines 3D-Objektmodells.

clear_object_model_3d gibt den Speicher eines 3D-Objektmodells, das z.B. mit read_object_model_3d angelegt wurde, wieder frei. Das Modell kann nach dem Aufruf nicht mehr verwendet werden. Der Handle ObjectModel3D ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert clear_object_model_3d den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ObjectModel3D

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

read_object_model_3d, xyz_to_object_model_3d

Modul

3D Metrology

copy_object_model_3d (: : ObjectModel3D,
Attributes : CopiedObjectModel3D)

Kopieren eines 3D-Objektmodells.

Ein 3D-Objektmodell besteht aus einer Menge von Attributen. Der Operator copy_object_model_3d erstellt ein neues 3D-Objektmodell und kopiert die ausgewählten Attribute des 3D-Eingabeobjektmodells in das neue

3D-Ausgabeobjektmodell. Das 3D-Eingabeobjektmodell ist durch das Handle `ObjectModel3D` definiert. Der Operator gibt das Handle `CopiedObjectModel3D` des neuen 3D-Objektmodells zurück. Der Operator kann genutzt werden, um Speicherplatz zu sparen wenn nicht benötigte Attribute entfernt werden. Zugriff auf die Attribute des 3D-Objektmodells ist z.B. mit dem Operator `get_object_model_3d_params` möglich.

Mit dem Parameter `Attributes` wird festgelegt, welche Attribute kopiert werden sollen. Zusätzlich ist es auch möglich, Attribute, die nicht kopiert werden sollen, über ein vorgesetztes '~' Zeichen im String auszuschließen. Zum Entfernen von Attributen kann alternativ der Operator `remove_object_model_3d_attrib` verwendet werden. Es ist zu beachten, dass das eigentliche 3D-Objektmodell selbst aus einer Menge von Attributen besteht. So sind auch die Punktkoordinaten des Objektmodells ein Attribut. Dies bedeutet, dass mindestens dieses Attribut für `copy_object_model_3d` ausgewählt werden muss, damit ein 3D-Objektmodell kopiert werden kann. Ansonsten wäre das zu kopierende Objektmodell leer. Falls also nur ein 3D-Objektmodell kopiert werden soll ohne weitere Attribute, so muss `Attributes` auf den Wert *'point_coord'* gesetzt werden. Wenn das zu kopierende Attribut nicht vorhanden ist oder kein Attribut ausgewählt wurde, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Die folgenden Werte für den Parameter `Attributes` sind möglich:

'point_coord': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit den Punktkoordinaten kopiert wird.

'point_normal': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit den Punktnormalen und das Attribut mit den Punktkoordinaten kopiert werden.

'triangles': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit den Oberflächendreiecken und das Attribut mit den Punktkoordinaten kopiert werden.

'polygons': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit den Oberflächenpolygonen und das Attribut mit den Punktkoordinaten kopiert werden.

'lines': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit den Linien und das Attribut mit den Punktkoordinaten kopiert werden.

'xyz_mapping': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit der Zuordnung der Bildkoordinaten und das Attribut mit den Punktkoordinaten kopiert werden.

'extended_attribute': Dieser Wert legt fest, dass alle erweiterten Attribute kopiert werden. Ist es notwendig, weitere Attribute zu kopieren, die mit den erweiterten Attributen zusammenhängen, werden diese ebenfalls kopiert. Diese Attribute können z.B. Punktkoordinaten, Oberflächendreiecke, Oberflächenpolygone oder Linienzüge sein.

'primitives_all': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit den Parametern des 3D-Primitivs (eingeschlossen leerer 3D-Primitive) kopiert wird (z.B. generiert vom Operator `fit_primitives_object_model_3d`).

'primitive_plane': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit einem 3D-Primitiv "Ebene"kopiert wird (z.B. generiert vom Operator `fit_primitives_object_model_3d`).

'primitive_sphere': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit einem 3D-Primitiv "Kugel"kopiert wird (z.B. generiert vom Operator `fit_primitives_object_model_3d`)

'primitive_cylinder': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit einem 3D-Primitiv "Zylinder"kopiert wird (z.B. generiert vom Operator `fit_primitives_object_model_3d`).

'primitive_box': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit einem 3D-Primitiv "Quader"kopiert wird.

'shape_based_matching_3d_data': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit dem vorbereiteten 3D-Formmodell für das formbasierte 3D-Matching kopiert wird.

'distance_computation_data': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit der Datenstruktur für die 3D Distanzberechnung kopiert wird. Diese Datenstruktur kann mit `prepare_object_model_3d` erstellt und mit `distance_object_model_3d` verwendet werden. Wenn dieses Attribut ausgewählt wurde, so werden auch die Attribute kopiert, zu denen der Abstand berechnet werden soll. Wurde die Datenstruktur der Abstandsberechnung beispielsweise für Dreiecke vorbereitet, so werden Dreiecke und Punkte mit kopiert.

'surface_based_matching_data': Dieser Wert legt fest, dass die Daten für das oberflächenbasierte 3D-Matching kopiert werden. Die Attribute sind die 3D Punktkoordinaten und die Punktnormalen. Ist das Attribut mit den Punktnormalen nicht vorhanden, wird das Attribut mit der Zuordnung der 3D Punktkoordinaten zu den Bildkoordinaten kopiert. Ist das Attribut mit der Zuordnung der 3D Punktkoordinaten zu den Bildkoordinaten nicht vorhanden, wird das Attribut mit den Oberflächendreiecken kopiert. Ist das Attribut mit den Oberflächendreiecken auch nicht vorhanden, wird das Attribute mit den Oberflächenpolygonen kopiert. Sind keine dieser Attribute vorhanden, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

'segmentation_data': Dieser Wert legt fest, dass die Daten für die 3D-Segmentierung kopiert werden. Es werden die Attribute mit den 3D Punktkoordinaten und die Attribute mit den Oberflächendreiecken kopiert. Sind die Attribute mit den Oberflächendreiecken nicht vorhanden wird das Attribut mit der Zuordnung der Punktkoordinaten zu den Bildkoordinaten kopiert. Sind keine dieser Attribute vorhanden, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

'score': Dieser Wert legt fest, dass die Daten für das Qualitätsmaß und das Attribut mit den Punktkoordinaten kopiert werden. Das Qualitätsmaß wird in der Regel durch den Operator `reconstruct_surface_stereo` berechnet.

'red': Dieser Wert legt fest, dass die Daten für den roten Kanal und das Attribut mit den Punktkoordinaten kopiert werden.

'green': Dieser Wert legt fest, dass die Daten für den grünen Kanal und das Attribut mit den Punktkoordinaten kopiert werden.

'blue': Dieser Wert legt fest, dass die Daten für den blauen Kanal und das Attribut mit den Punktkoordinaten kopiert werden.

'original_point_indices': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit den originalen Punktindizes und das Attribut mit den 3D-Punktkoordinaten kopiert werden. Die originalen Punktindizes können vom Operator `triangulate_object_model_3d` generiert werden.

'all': Dieser Wert legt fest, dass alle verfügbaren Attribute kopiert werden. Die Attribute sind die Punktkoordinaten, die Punktnormalen, die Oberflächendreiecke, die Oberflächenpolygone, das Mapping, das Formmodell für das Matching, die Parameter eines 3D-Primitivs und die erweiterten Attribute.

Parameter

▷ **`ObjectModel3D`** (input_control) ..... object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells.

▷ **`Attributes`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / real / integer
Zu kopierende Attribute.
Default: 'all'
Werteliste: `Attributes` ∈ {'point_coord', 'point_normal', 'triangles', 'polygons', 'xyz_mapping', 'extended_attribute', 'shape_based_matching_3d_data', 'primitives_all', 'primitive_plane', 'primitive_sphere', 'primitive_cylinder', 'primitive_box', 'surface_based_matching_data', 'segmentation_data', 'distance_computation_data', 'score', 'red', 'green', 'blue', 'all', 'original_point_indices'}

▷ **`CopiedObjectModel3D`** (output_control) ..... object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des kopierten 3D-Objektmodells.

Ergebnis

`copy_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `xyz_to_object_model_3d`

Nachfolger

`get_object_model_3d_params`

Siehe auch

`remove_object_model_3d_attrib`, `set_object_model_3d_attrib`

Modul

3D Metrology

deserialize_object_model_3d (: : SerializedItemHandle : ObjectModel3D)

Deserialisieren eines 3D-Objektmodells.

deserialize_object_model_3d deserialisiert ein 3D-Objektmodell, welches mit serialize_object_model_3d serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte 3D-Objektmodell wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten 3D-Objektmodell mit dem Handle ObjectModel3D gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **ObjectModel3D** (output_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_object_model_3d den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

write_object_model_3d, fread_serialized_item, receive_serialized_item, serialize_object_model_3d

Nachfolger

affine_trans_object_model_3d, object_model_3d_to_xyz, prepare_object_model_3d

Alternativen

xyz_to_object_model_3d

Siehe auch

write_object_model_3d, clear_object_model_3d

Modul

3D Metrology

gen_box_object_model_3d (: : Pose, LengthX, LengthY, LengthZ : ObjectModel3D)

Erzeugen eines 3D-Objektmodells, das einen Quader beschreibt.

gen_box_object_model_3d erzeugt ein 3D-Objektmodell, das einen Quader beschreibt. Der Mittelpunkt des Quaders wird über ein Koordinatensystem im Raum bestimmt (Pose). Die Längen der jeweiligen Seiten können mit den Parametern LengthX, LengthX und LengthZ für die jeweiligen Achsen spezifiziert werden. Das Handle des resultierenden 3D-Objektmodells wird im Parameter ObjectModel3D zurückgegeben.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Elemente erzeugt und zurückgegeben werden.

Parameter

▷ **Pose** (input_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
Die Lage des Quaders im Raum (Position und Orientierung).

▷ **LengthX** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Die Länge des Quaders entlang der x-Achse.

▷ **LengthY** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Die Länge des Quaders entlang der y-Achse.
Parameteranzahl: LengthY == LengthX

▷ **LengthZ** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Die Länge des Quaders entlang der z-Achse.
Parameteranzahl: LengthZ == LengthX

▷ **ObjectModel3D** (output_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells, das den Quader beschreibt.

Ergebnis

`gen_box_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`smallest_bounding_box_object_model_3d`

Nachfolger

`get_object_model_3d_params`, `sample_object_model_3d`, `clear_object_model_3d`

Siehe auch

`gen_cylinder_object_model_3d`, `gen_sphere_object_model_3d`, `gen_sphere_object_model_3d_center`, `gen_plane_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

gen_cylinder_object_model_3d (: : Pose, Radius, MinExtent, MaxExtent : ObjectModel3D)

Erzeugen eines 3D-Objektmodells, das einen Zylinder beschreibt.

`gen_cylinder_object_model_3d` erzeugt ein zylinderförmiges 3D-Primitiv, d.h. ein 3D-Objektmodell, das einen Zylinder beschreibt. Ein Zylinder wird über seinen Mittelpunkt und die Rotationsachse (`Pose`) sowie den Radius (`Radius`) beschrieben. Die Pose hat ihren Ursprung auf der Rotationsachse des Zylinders. Die Z-Achse ist entlang der Rotationsachse des Zylinders orientiert. Zusätzlich kann ein Zylinder durch Angabe der Parameter `MinExtent` und `MaxExtent` begrenzt werden. `MinExtent` und `MaxExtent` geben die Z-Koordinaten des niedrigsten bzw. höchsten Punktes des Zylinders auf der Rotationsachse an. Das Handle des resultierenden 3D-Objektmodells wird im Parameter `ObjectModel3D` zurückgegeben.

Parameter

▷ **Pose** (input_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
Die Lage und Orientierung des Mittelpunkts des Zylinders im Raum.

▷ **Radius** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Der Radius des Zylinders.

▷ **MinExtent** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
Niedrigste Z-Koordinate des Zylinders in der Richtung der Rotationsachse.

▷ **MaxExtent** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
Höchste Z-Koordinate des Zylinders in der Richtung der Rotationsachse.
Restriktion: MinExtent < MaxExtent

▷ **ObjectModel3D** (output_control) ..... object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells, das den Zylinder beschreibt.

Ergebnis

`gen_cylinder_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`get_object_model_3d_params`, `sample_object_model_3d`, `clear_object_model_3d`

Siehe auch

`gen_sphere_object_model_3d`, `gen_sphere_object_model_3d_center`, `gen_plane_object_model_3d`, `gen_box_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

gen_empty_object_model_3d (: : : EmptyObjectModel3D)

Erzeugen eines leeren 3D-Objektmodells.

`gen_empty_object_model_3d` erzeugt ein leeres 3D-Objektmodell dessen Handle im Parameter `EmptyObjectModel3D` zurückgegeben wird. Attribute können mittels der Operatoren `set_object_model_3d_attrib` oder `set_object_model_3d_attrib_mod` hinzugefügt werden.

Parameter

▷ **EmptyObjectModel3D** (output_control) ..... object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des neuen 3D-Objektmodells.

Ergebnis

`gen_empty_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`set_object_model_3d_attrib`, `set_object_model_3d_attrib_mod`

Siehe auch

gen_box_object_model_3d, gen_cylinder_object_model_3d, gen_sphere_object_model_3d, gen_sphere_object_model_3d_center, gen_plane_object_model_3d

Modul

3D Metrology

gen_object_model_3d_from_points (: : X, Y, Z : ObjectModel3D)

Erzeugen eines 3D-Objektmodells aus 3D-Punkten.

gen_object_model_3d_from_points erzeugt ein 3D-Objektmodell, das die durch Y, Y und Z angegebenen Punkte enthält.

Parameter

- ▷ **X** (input_control) ..... point3d.x(-array) ⇝ *real*
  Die x-Koordinaten der Punktwolke.
- ▷ **Y** (input_control) ..... point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Die y-Koordinaten der Punktwolke.
- ▷ **Z** (input_control) ..... point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Die z-Koordinaten der Punktwolke.
- ▷ **ObjectModel3D** (output_control) ..... object_model_3d ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Objektmodells, das die gegebenen Punkte enthält.

Ergebnis

gen_object_model_3d_from_points liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

get_object_model_3d_params

Nachfolger

connection_object_model_3d, convex_hull_object_model_3d

Alternativen

xyz_to_object_model_3d

Siehe auch

gen_box_object_model_3d, gen_sphere_object_model_3d, gen_cylinder_object_model_3d

Modul

3D Metrology

gen_plane_object_model_3d (: : Pose, XExtent, YExtent : ObjectModel3D)

Erzeugen eines 3D-Objektmodells, welches eine Ebene beschreibt.

gen_plane_object_model_3d erzeugt ein ebenes 3D Primitiv, d.h. ein 3D-Objektmodell, welches eine Ebene beschreibt. Die Ebene wird über ihren Mittelpunkt und die Rotation angegeben, wobei die Normalenrichtung der Ebene in Richtung der mitgedrehten Z-Achse zeigt. Der Mittelpunkt und die Rotation wird mittels des Parameters Pose angegeben. Zusätzlich kann die Ebene durch ein Polygon begrenzt werden, das durch die Punkte mit den Koordinaten XExtent und YExtent definiert ist. Das Handle des resultierenden 3D-Objektmodells wird im Parameter ObjectModel3D zurückgegeben.

Parameter

- ▷ **Pose** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
  Der Mittelpunkt und die Rotation der Ebene im Raum.
  Parameteranzahl: Pose == 7
- ▷ **XExtent** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  X-Koordinaten zur Begrenzung der Ebene.
- ▷ **YExtent** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Y-Koordinaten zur Begrenzung der Ebene.
  Parameteranzahl: XExtent == YExtent
- ▷ **ObjectModel3D** (output_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Objektmodells, das die Ebene beschreibt.

Ergebnis

gen_plane_object_model_3d liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

get_object_model_3d_params, sample_object_model_3d, clear_object_model_3d

Siehe auch

gen_cylinder_object_model_3d, gen_sphere_object_model_3d, gen_sphere_object_model_3d_center, gen_box_object_model_3d

Modul

3D Metrology

gen_sphere_object_model_3d (: : Pose, Radius : ObjectModel3D)

Erzeugen eines 3D-Objektmodells, welches eine Kugel beschreibt.

gen_sphere_object_model_3d erzeugt ein kugelförmiges 3D Primitiv, d.h. ein 3D-Objektmodell, das eine Kugel beschreibt. Eine Kugel wird über ihren Mittelpunkt in Pose und ihren Radius in Radius beschrieben. Die Handle des resultierenden 3D-Objektmodells wird im Parameter ObjectModel3D zurückgegeben.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Elemente erzeugt und zurückgegeben werden.

Parameter

▷ **Pose** (input_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
Die Lage des Mittelpunkts der Kugel im Raum.

▷ **Radius** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Der Radius der Kugel.

▷ **ObjectModel3D** (output_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells, das die Kugel beschreibt.

Ergebnis

`gen_sphere_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`smallest_sphere_object_model_3d`

Nachfolger

`get_object_model_3d_params`, `sample_object_model_3d`, `clear_object_model_3d`

Alternativen

`gen_sphere_object_model_3d_center`

Siehe auch

`gen_cylinder_object_model_3d`, `gen_plane_object_model_3d`, `gen_box_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

gen_sphere_object_model_3d_center (: : X, Y, Z, Radius : ObjectModel3D)

Erzeugen eines 3D-Objektmodells aus X-,Y-,Z-Koordinaten, welche eine Kugel beschreibt.

`gen_sphere_object_model_3d_center` erzeugt ein kugelförmiges 3D Primitiv, d.h. ein 3D-Objektmodell das eine Kugel beschreibt. Eine Kugel wird über ihren Mittelpunkt in `X`, `Y` und `Z` sowie ihren Radius in `Radius` beschrieben. Die Handle des resultierenden 3D-Objektmodells wird im Parameter `ObjectModel3D` zurückgegeben.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Elemente erzeugt und zurückgegeben werden.

Parameter

▷ **X** (input_control) . . . . . point3d.x(-array) ⇝ *real* / integer
Die X-Koordinate des Mittelpunkts der Kugel.

▷ **Y** (input_control) . . . . . point3d.y(-array) ⇝ *real* / integer
Die Y-Koordinate des Mittelpunkts der Kugel.

▷ **Z** (input_control) . . . . . point3d.z(-array) ⇝ *real* / integer
Die Z-Koordinate des Mittelpunkts der Kugel.

▷ **Radius** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Der Radius der Kugel.

▷ **ObjectModel3D** (output_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells, das die Kugel beschreibt.

Ergebnis

`gen_sphere_object_model_3d_center` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`smallest_sphere_object_model_3d`

Nachfolger

`get_object_model_3d_params`, `sample_object_model_3d`, `clear_object_model_3d`

Alternativen

`gen_sphere_object_model_3d`

Siehe auch

`gen_cylinder_object_model_3d`, `gen_plane_object_model_3d`, `gen_box_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

read_object_model_3d (: : FileName, Scale, GenParamName, GenParamValue : ObjectModel3D, Status)

Lesen eines 3D-Objektmodells aus einer Datei.

`read_object_model_3d` liest ein 3D-Objektmodell aus der Datei `FileName` und gibt das Handle des 3D-Objektmodells in `ObjectModel3D` zurück.

Der Operator unterstützt die folgenden Dateiformate:

'om3': HALCON-Format für 3D-Objektmodelle. Dateien mit diesem Format können mit `write_object_model_3d` geschrieben werden. Die Standard-Dateiendung für dieses Format ist 'om3'.

'dxf': AUTOCAD-Dateiformat. HALCON kann nur die ASCII-version des Formats lesen. Weitere Details über dieses Format finden sich weiter unten. Die Standard-Dateiendung für dieses Format ist 'dxf'.

'off': 'Object File Format'. Dies ist ein einfaches ASCII-basiertes Format, welches 3D-Punkte und Polygone speichern kann. Das binäre OFF-Format wird nicht unterstützt. Die Standard-Dateiendung für dieses Format ist 'off'.

'ply': 'Polygon File Format' (auch Stanford Triangle Format). Dies ist ein einfaches Dateiformat, welches 3D-Punkte, Punktnormalen, Polygone, Farbinformationen und punktbasierte benutzerdefinierte Attribute speichern kann. HALCON kann sowohl die ASCII- als auch die Binärversion des Formats lesen. Sollte die zu lesende Datei zusätzliche, nicht unterstützte Informationen beinhalten, so werden diese ignoriert und es werden nur die bekannten Attribute eingelesen. Stimmt der Name eines `property`-Eintrags in der 'ply'-Datei mit dem Namen eines Standardattributs überein (siehe `set_object_model_3d_attrib`), wird der `property`-Eintrag vorzugsweise in das Standardattribut eingelesen. Die Standard-Dateiendung für dieses Format ist 'ply'.

'obj': 'OBJ file format' (auch 'Wavefront OBJ-Format'). Dies ist ein ASCII-basiertes Format, welches 3D-Punkte, Polygone, Normalen, Texturkoordinaten, Materialien und anderes speichern kann. HALCON unterstützt das Einlesen von Punkten ('v'-Zeilen), Punktnormalen ('vn'-Zeilen) und Polygonen ('f'-Zeilen), andere Daten werden ignoriert. Vorhandene Punktnormalen werden nur zurückgegeben, wenn es genau so viele Punktnormalen wie Punkte gibt. Die Standard-Dateiendung für dieses Format ist 'obj'.

'stl',

'stl_ascii',

'stl_binary': 'STL-Dateiformat' (auch 'Stereolithography', 'SurfaceTesselationLanguage', 'StandardTriangulationLanguage' oder 'StandardTesselationLanguage'). Dieses Dateiformat kann Dreiecke und Dreiecksnormalen speichern. Da das HALCON 3D-Objektmodell allerdings keine Dreiecksnormalen unterstützt, werden nur die Dreiecke eingelesen während die Dreiecksnormalen ignoriert werden. Die Normalen werden bei Bedarf aus den Dreiecken selbst berechnet. HALCON kann sowohl die ASCII- als auch die Binärversion des Formats lesen. Wird *'stl'* angegeben so erkennt HALCON automatisch ob die Datei in der ASCII- oder der Binärversion des Formats vorliegt. Mit *'stl_ascii'* bzw. *'stl_binary'* kann explizit das ASCII- bzw. Binärformat gewählt werden. Die Standard-Dateiendung für dieses Format ist 'stl'.

'step': 'STEP-Dateiformat' (auch 'STP' oder 'Standard for the Exchange of Product Model Data'). Dies ist ein komplexes Dateiformat, das eine Vielzahl geometrischer Definitionen speichern kann und somit eine genaue Speicherung von 3D-Modellen ermöglicht. Aufgrund der limitierten Unterstützung der von STEP definierten Geometrien im HALCON 3D-Objektmodell wird eine Triangulierung dieser Geometrien durchgeführt, woraus Modelle bestehend aus Dreiecksoberflächen resultieren. Die Standard-Dateiendungen für dieses Format sind 'step' und 'stp'.

'generic_ascii': Mit diesem Format können verschiedene ASCII-Dateiformate, die 3D Information in Tabellenform enthalten, gelesen werden, beispielsweise 'ptx', 'pts', 'xyz' oder 'pcd'. Aktuell können nur punktgebundene Attribute gelesen werden, keine Dreiecke oder Polygone. Die Information eines 3D-Punktes wird in einer Zeile erwartet, gefolgt von der Information des nächsten 3D-Punktes in der nächsten Zeile. Das Dateiformat muss durch Setzen des generischen Parameters *'ascii_format'* genauer beschrieben werden.

Wird eine DXF-Datei eingelesen, so enthält der Ausgabeparameter `Status` Informationen über die Anzahl der gelesenen 3D-Flächen und, falls erforderlich, Hinweise auf Teile der DXF-Datei, die nicht gelesen werden konnten.

Der Parameter `Scale` definiert die Dimension der in der Datei auftretenden Koordinaten. Wird der Parameter z.B. auf *'mm'* gesetzt, so werden alle Einheiten in *'mm'* interpretiert und durch Multiplikation mit *0.001* in die HALCON-übliche Einheit *'m'* umgewandelt. Ein Wert von *'100 mm'* wird so zu *'0.1 m'*. Alternativ zu einer Einheit kann für den Parameter auch direkt eine Zahl angegeben werden, die mit allen Koordinatenwerten multipliziert wird. Die Zuordnung von Einheiten zu Faktoren ergibt sich aus der folgenden Tabelle:

Einheit	Skalierungsfaktor
m	1
dm	0.1
cm	0.01
mm	0.001
um, microns	10^{-6}
nm	10^{-9}
km	1000
in	0.0254
ft	0.3048
yd	0.9144

Der Parameter `Scale` wird für Dateien vom Typ *'om3'* und *'step'* ignoriert. om3-Dateien werden immer unskaliert eingelesen. Bei step-Dateien werden Einheiten direkt in den Dateien definiert, zusammen mit den gespeicherten Daten gelesen und zur Skalierung auf die HALCON-übliche Einheit *'m'* verwendet. Zum nachträglichen Skalieren eines 3D-Objektmodells kann `affine_trans_object_model_3d` verwendet werden.

Eine Reihe weiterer optionaler Parameter kann gesetzt werden. Die Namen und Werte dieser Parameter werden in `GenParamName` und `GenParamValue` übergeben. Einige der Parameter gelten nicht für alle Dateitypen. Die folgenden Werte sind für `GenParamName` möglich:

'file_type': Erzwingen eines Dateityps. Wird dieser Parameter nicht gesetzt, so versucht `read_object_model_3d` den Dateityp automatisch aus der Dateiendung und dem Anfang der Datei zu erkennen. Wird dieser Parameter gesetzt, so wird die Datei als Datei diesen Types interpretiert.
Werteliste: *'om3'*, *'dxf'*, *'off'*, *'ply'*, *'obj'*, *'stl'*, *'step'*, *'generic_ascii'*.

'convert_to_triangles': Wandelt alle Flächen in Dreiecke um. Ist dieser Parameter auf *'true'* gesetzt, so werden alle eingelesenen Polygone in Dreiecke konvertiert.
Gültig für Dateitypen: 'dxf', *'ply'*, *'off'*, *'obj'*.
Werteliste: *'true'*, *'false'*.
Default: *'false'*.

'invert_normals': Invertieren der Normalenrichtungen und Flächen. Ist dieser Parameter auf *'true'* gesetzt, so wird die Ausrichtung aller Normalen und Flächen invertiert.
Gültig für Dateitypen: 'dxf', *'ply'*, *'off'*, *'obj'*, *'stl'*, *'step'*, *'generic_ascii'*.
Werteliste: *'true'*, *'false'*.
Default: *'false'*.

'max_approx_error', *'min_num_points'*: DXF-spezifische Parameter (siehe unten).
Gültig für Dateitypen: 'dxf'

'max_surface_deviation': STEP-spezifischer Parameter.
Spezifiziert die maximal erlaubte Abweichung (in *'m'*) von der Modelloberfläche bei der Triangulierung. Ein kleinerer Wert generiert ein genaueres Modell, aber erhöht die Zeit zum Einlesen und die Anzahl an Punkten und Dreiecken in dem resultierenden Modell. Der Parameter kann auf *'auto'* gesetzt werden, um ihn automatisch abhängig von der Modellgröße zu schätzen.
Gültig für Dateitypen: 'step'.
Wertevorschläge: *'auto'*, *0.0001*, *0.00001*.
Default: *'auto'*.
Restriktion: *'max_surface_deviation' > 0*

'split_level': STEP-spezifischer Parameter.
STEP-Dateien können Definitionen von unabhängigen Modellkomponenten enthalten. Mit diesem Parameter kann jede Komponente als ein HALCON 3D-Objektmodell importiert werden. Wird der Parameter auf *0* gesetzt, wird die Datei als ein einziges Modell importiert. Bei *1* werden die Modellkomponenten grob voneinander getrennt, bei *2* werden die Modellkomponenten auf einer detaillierteren Ebene getrennt.
Gültig für Dateitypen: 'step'.
Werteliste: *0*, *1*, *2*.
Default: *0*.

'ascii_format': generic_ascii-spezifischer Parameter.
Spezifiziert das Format der zu lesenden ASCII-Datei. Als Wert muss ein dict übergeben werden, das Information zum Dateiinhalt enthält. Das dict definiert die Information in den Spalten und Metainformation wie die Nummer der ersten Zeile, die Punktinformation enthält. Beispiele sind am Ende der Operatorreferenz oder im HDevelop Beispiel `read_object_model_3d_generic_ascii.hdev` gegeben. Die folgenden Parameter können als Schlüssel gesetzt werden:

'columns': **(obligatorisch)** Definiert die Attribute in den Spalten der Datei, gegeben als Tupel von Strings. Alle punktbezogenen Standard- und erweiterten Attribute, die in der Referenz von `set_object_model_3d_attrib` aufgeführt sind, werden unterstützt. Mindestens *'point_coord_x'*, *'point_coord_y'* und *'point_coord_z'* müssen gesetzt werden. Wenn Normalen verwendet werden sollen, müssen alle drei Komponenten *'point_normal_x'*, *'point_normal_y'* und *'point_normal_z'* gesetzt werden. Das Ignorieren von Spalten ist möglich, indem *''* an der entsprechenden Position im Tupel gesetzt wird.
Wertevorschläge: *['point_coord_x', 'point_coord_y', 'point_coord_z']*, *['point_normal_x', 'point_normal_y', 'point_normal_z']*, *'red'*, *'green'*, *'blue'*, *'&my_custom_attrib'*, *''*.

'separator': **(obligatorisch)** Definiert das Trennzeichen zwischen den Spalten. Aktuell werden Leerzeichen, Tabs sowie Semikolons und Kommas unterstützt.
Werteliste: *' '*, *';'*, *','*.

'first_point_line': **(optional)** Definiert die Nummer der ersten Zeile, die aus der Datei gelesen werden soll und kann beispielsweise genutzt werden, um Kopfzeilen zu überspringen. Die oberste Zeile der Datei entspricht *'first_point_line' 1*.
Default: *1*.
Restriktion: *'first_point_line' > 0*

'last_point_line': **(optional)** Definiert die Nummer der letzten Zeile, die aus der Datei gelesen werden soll und kann beispielsweise genutzt werden, um nicht unterstützte Information zu überspringen. Die oberste Zeile der Datei entspricht *'last_point_line' 1*. Wenn *'last_point_line'* auf *-1* gesetzt wird, werden alle Zeilen gelesen.
Default: *-1*.
Restriktion: *'last_point_line'* >= *-1*

'comment': **(optional)** Definiert den Start von Kommentaren in der zu lesenden Datei. Information hinter dem Kommentarstart wird beim Lesen der Datei übersprungen.
Wertevorschläge: *'#'*, *'*'*, *'/'*, *'comment'*.

Gültig für Dateityp: 'generic_ascii'.

'xyz_map_width': Erstellt für das gelesene 3D-Objektmodell eine Abbildung welche jedem der gelesenen 3D-Punkte eine Bildkoordinate zuweist, analog zu `xyz_to_object_model_3d`. Es wird angenommen, dass die 3D-Punkte in der Datei zeilenweise vorliegen. Der übergebene Wert wird als Breite des Bildes angenommen. Die nötige Höhe des Bildes wird automatisch ermittelt. Ist dieser Wert gesetzt, so kann das gelesene 3D-Objektmodell im Operator `object_model_3d_to_xyz` mit der Methode *'from_xyz_map'* projiziert werden. Nur einer der beiden Parameter *'xyz_map_width'* und *'xyz_map_height'* kann gesetzt werden.

Gültig für Dateitypen: 'ply', *'off'*, *'obj'*.

Default: *-1*.

Restriktion: *'xyz_map_width'* > 0

'xyz_map_height': Analog zu *'xyz_map_width'*, jedoch wird angenommen dass die Punkte spaltenweise vorliegen. Die Breite des Bildes wird automatisch ermittelt. Nur einer der beiden Parameter *'xyz_map_width'* und *'xyz_map_height'* kann gesetzt werden.

Gültig für Dateitypen: 'ply', *'off'*, *'obj'*.

Default: *-1*.

Restriktion: *'xyz_map_height'* > 0

Falls ein 2D-Mapping vorhanden ist, wird seine Verwendung auf Grund besserer Robustheit und höherer Verarbeitungsgeschwindigkeit empfohlen. Vor allem für die Operatoren `sample_object_model_3d` und `surface_normals_object_model_3d`, sowie in der Vorbearbeitung eines 3D-Objektmodells für das oberflächenbasierte 3D-Matching (Glättung, Entfernung der Ausreißer, und Reduzieren der Domäne) ist daher die Verwendung des 2D-Mappings vorteilhaft.

Der Operator `read_object_model_3d` unterstützt die folgenden DXF-Elemente:

- POLYLINE
  - Vielflächennetz (Polyline flag 64)
  - 3D Linienzüge (Polyline flag 8,9)
  - 2D Linienzüge (Polyline flag 0)
- LWPOLYLINE
  - 2D Linienzüge (Polyline flag 0)
- 3DFACE
- LINE
- CIRCLE
- ARC
- SOLID
- BLOCK
- INSERT

Die zweidimensionalen linienhaften DXF-Elemente LINE, CICRLE und ARC werden nicht als Flächen interpretiert. Nur im Fall, dass sie extrudiert sind, werden die dadurch entstehenden Flächen in das 3D-Objektmodell eingefügt. Alle DXF-Elemente, die Linienzüge repräsentieren, werden als 3D Linien zum 3D-Objektmodell hinzugefügt.

Die gekrümmte Oberfläche extrudierter DXF-Elemente vom Typ CIRCLE und ARC wird durch ebene Flächen approximiert. Die Genauigkeit dieser Approximation kann über die beiden generischen Parameter *'min_num_points'*

und *'max_approx_error'* gesteuert werden. Der Parameter *'min_num_points'* legt fest, wie viele Stützpunkte mindestens für die Approximation des DXF-Elements CIRCLE bzw. ARC verwendet werden. Der Parameter *'min_num_points'* bezieht sich immer auf den entsprechenden Vollkreis, auch für ARCs, d.h., wenn *'min_num_points'* auf den Wert *50* gesetzt ist und ein DXF-Element vom Typ ARC eingelesen wird, das einen Halbkreis darstellt, so wird dieser durch mindestens 25 Stützpunkte approximiert. Der Parameter *'max_approx_error'* legt fest, wie groß die maximale Abweichung der XLD-Kontur von dem idealen Kreis sein darf. Diese Abweichung wird in der Einheit bestimmt, die in der DXF-Datei verwendet wird. Für die Bestimmung der Genauigkeit der Approximation werden beide Kriterien ausgewertet und dasjenige verwendet, das zu einer genaueren Approximation führt.

Die intern verwendeten Defaultwerte für die generischen Parameter sind:

- *'min_num_points' = 20*
- *'max_approx_error' = 0.25*

Um eine genauere Approximation zu erreichen, muss entweder ein größerer Wert für *'min_num_points'* oder ein kleinerer Wert für *'max_approx_error'* verwendet werden.

Eine Möglichkeit, um eine passende DXF-Datei zu erzeugen, besteht darin, ein 3D-Modell des Objektes mit dem CAD-Programm AutoCAD zu erstellen. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die Oberfläche des Objektes modelliert wird, nicht nur die Kanten. Linien, die z.B. Objektkanten darstellen, können von HALCON nicht verwendet werden, da sie nicht die Oberfläche des Objektes beschreiben. Wenn die Modellierung des Objektes abgeschlossen ist, kann das 3D-Modell im DWG-Format abgespeichert werden. Um die DWG-Datei in eine DXF-Datei zu konvertieren, die für die Verwendung in HALCON geeignet ist, sind die folgenden Schritte durchzuführen:

- Exportieren des 3D CAD-Modells in eine 3DS-Datei mit dem AutoCAD-Befehl 3dsout. Dabei erfolgt eine Dreiecksvermaschung der Oberfläche des Objektes, d.h., die Oberfläche wird nur noch durch Dreiecke dargestellt. (Nutzer von AutoCAD 2007 oder neueren Versionen können sich ein Dienstprogramm, das diesen Befehl zur Verfügung stellt, auf den Internetseiten von Autodesk herunterladen.)
- Öffnen einer neuen, leeren Zeichnung.
- Importieren der 3DS-Datei in die neue Zeichnung mit dem AutoCAD-Befehl 3dsin.
- Speichern des Modells in eine DXF R12-Datei.

Nutzer anderer CAD-Programme sollten sicherstellen, dass die Oberfläche des 3D-Modells vor dem Export nach DXF dreiecksvermascht wird. Wenn das CAD-Programm diese Funktionalität nicht zur Verfügung stellt, besteht oft die Möglichkeit, das 3D-Modell im proprietären Format des CAD-Programms abzuspeichern und anschließend mit einem Konverter für CAD-Formate, der die Dreiecksvermaschung durchführen kann, zu konvertieren.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Dateiname der zu lesenden Datei.
Default: 'mvtec_bunny_normals'
Wertevorschläge: `FileName` ∈ {'mvtec_bunny', 'glass_mug', 'bmc_mini', 'pipe_joint', 'clamp_sloped', 'tile_spacer', 'engine_part_bearing'}
Dateiendung: `.off`, `.ply`, `.dxf`, `.om3`, `.obj`, `.stl`, `.step`, `.stp`

▷ **Scale** (input_control) . . . . . number ⇝ *string* / real / integer
Skalierung der Daten in der Datei.
Default: 'm'
Wertevorschläge: `Scale` ∈ {'m', 'cm', 'mm', 'microns', 'um', 'nm', 'km', 'in', 'ft', 'yd', 1.0, 0.01, 0.001, 1.0e-6, 0.0254, 0.3048, 0.9144}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'ascii_format', 'convert_to_triangles', 'invert_normals', 'file_type', 'min_num_points', 'max_approx_error', 'max_surface_deviation', 'split_level', 'xyz_map_width', 'xyz_map_height'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / real / integer
Werte der generischen Parameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false', 1, 0, 'auto', 'om3', 'off', 'ply', 'dxf', 'obj', 'stl', 'stl_binary', 'stl_ascii', 'step', 'generic_ascii'}

▷ **ObjectModel3D** (output_control) ..... object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des eingelesenen 3D-Objektmodells.

▷ **Status** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Statusinformation.

Beispiel

```
* Example how to use file_type generic_ascii and generic parameter ascii_format to read
FileFormat := dict{}
FileFormat.separator := ' '
FileFormat.columns := ['point_coord_x', 'point_coord_y', 'point_coord_z', 'point_normal_
FileFormat.first_point_line := 14
FileFormat.last_point_line := 2273
FileFormat.comment := 'comment'
read_object_model_3d ('glass_mug.ply', 'm', ['file_type', 'ascii_format'], ['generic_asc
```

Ergebnis

`read_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind und die Datei gelesen werden konnte. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`write_object_model_3d`

Nachfolger

`affine_trans_object_model_3d`, `object_model_3d_to_xyz`, `prepare_object_model_3d`

Alternativen

`xyz_to_object_model_3d`

Siehe auch

`write_object_model_3d`, `clear_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

remove_object_model_3d_attrib (: : ObjectModel3D, Attributes : ObjectModel3DOut)

Entfernen von Attributen eines 3D-Objektmodells.

`remove_object_model_3d_attrib` kopiert das 3D-Objektmodell `ObjectModel3D` und entfernt in dieser Kopie die Standardattribute und/oder erweiterten Attribute in `Attributes`. Das neue 3D-Objektmodell wird in `ObjectModel3DOut` zurück geliefert. Auf diese Weise wird das 3D-Objektmodell `ObjectModel3D` nicht verändert sondern ein neues Modell erzeugt, im Gegensatz zum ansonsten identisch funktionierenden Operator `remove_object_model_3d_attrib_mod`, der das Eingabe-Modell modifiziert.

Falls die Attribute in `Attributes` nicht gesetzt sind, wird keine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Standardattribute

Die folgenden Werte für den Parameter `Attributes` sind möglich:

'point_normal': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit den Punktnormalen entfernt wird.

'triangles': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit den Oberflächendreiecken entfernt wird.

'polygons': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit den Oberflächenpolygonen entfernt wird.

'lines': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit den Linien entfernt wird.

'xyz_mapping': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit der Zuordnung der Bildkoordinaten entfernt wird.

'extended_attribute': Dieser Wert legt fest, dass alle vom Nutzer definierten erweiterten Attribute entfernt werden.

'primitives_all': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit den Parametern des 3D-Primitivs (eingeschlossen leerer 3D-Primitive) entfernt wird (z.B. generiert vom Operator `fit_primitives_object_model_3d`).

'primitive_plane': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit einem 3D-Primitiv "Ebene"entfernt wird (z.B. generiert vom Operator `fit_primitives_object_model_3d`).

'primitive_sphere': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit einem 3D-Primitiv "Kugel"entfernt wird (z.B. generiert vom Operator `fit_primitives_object_model_3d`)

'primitive_cylinder': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit einem 3D-Primitiv "Zylinder"entfernt wird (z.B. generiert vom Operator `fit_primitives_object_model_3d`).

'primitive_box': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit einem 3D-Primitiv "Quader"entfernt wird.

'shape_based_matching_3d_data': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit dem vorbereiteten 3D-Formmodell für das formbasierte 3D-Matching entfernt wird.

'distance_computation_data': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit der Datenstruktur für die 3D Distanzberechnung entfernt wird. Diese Datenstruktur kann mit `prepare_object_model_3d` erstellt und mit `distance_object_model_3d` verwendet werden.

'all': Dieser Wert legt fest, dass alle verfügbaren Attribute außer die Punktkoordinaten entfernt werden. Die Attribute sind die Punktnormalen, die Oberflächendreiecke, die Oberflächenpolygone, das Mapping, das Formmodell für das Matching, die Parameter eines 3D-Primitivs und die erweiterten Attribute.

Erweiterte Attribute

Erweitere Attribute sind Attribute, die aus Standardattributen von speziellen Operatoren (z.B. `distance_object_model_3d`) berechnet werden oder benutzerdefinierte Attribute (gesetzt mit `set_object_model_3d_attrib` oder `set_object_model_3d_attrib_mod`). Die erweiterten Attribute können entfernt werden, indem ihre Namen in `Attributes` gesetzt werden.

Die folgenden vordefinierten erweiterten Attribute können entfernt werden:

'original_point_indices': Dieser Wert legt fest, dass das Attribut mit den originalen Punktindizes entfernt werden. Die originalen Punktindizes können vom Operator `triangulate_object_model_3d` generiert werden.

'score': Dieser Wert legt fest, dass die Daten für das Qualitätsmaß entfernt werden. Das Qualitätsmaß wird in der Regel durch den Operator `reconstruct_surface_stereo` berechnet.

'red': Dieser Wert legt fest, dass die Daten für den roten Kanal entfernt werden.

'green': Dieser Wert legt fest, dass die Daten für den grünen Kanal entfernt werden.

'blue': Dieser Wert legt fest, dass die Daten für den blauen Kanal entfernt werden.

'edge_dir_x': Dieser Wert legt fest, dass der Vektor für die X-Achse entfernt wird.

'edge_dir_y': Dieser Wert legt fest, dass der Vektor für die Y-Achse entfernt wird.

'edge_dir_z': Dieser Wert legt fest, dass der Vektor für die Z-Achse entfernt wird.

'edge_amplitude': Dieser Wert legt fest, dass der Vektor für die Amplitude entfernt wird.

Parameter

▷ **`ObjectModel3D`** (input_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des Eingabe-3D-Objektmodells.

▷ **`Attributes`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Namen der zu entfernenden Attribute.
Default: 'extended_attribute'
Werteliste: `Attributes` ∈ {'point_normal', 'triangles', 'lines', 'polygons', 'xyz_mapping', 'shape_based_matching_3d_data', 'distance_computation_data', 'primitives_all', 'primitive_plane', 'primitive_sphere', 'primitive_cylinder', 'primitive_box', 'extended_attribute', 'score', 'red', 'green', 'blue', 'original_point_indices', 'all'}

▷ **ObjectModel3DOut** (output_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des Ausgabe-3D-Objektmodells.

Ergebnis

`remove_object_model_3d_attrib` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Falls notwendig, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`set_object_model_3d_attrib`

Nachfolger

`get_object_model_3d_params`

Alternativen

`remove_object_model_3d_attrib_mod`

Siehe auch

`copy_object_model_3d`, `set_object_model_3d_attrib`

Modul

3D Metrology

remove_object_model_3d_attrib_mod (: : ObjectModel3D,
Attributes :)

Entfernen von Attributen eines 3D-Objektmodells.

`remove_object_model_3d_attrib_mod` entfernt Standardattributen und/oder erweiterte Attribute in `Attributes` des 3D-Objektmodells `ObjectModel3D`. Auf diese Weise wird das 3D-Objektmodell verändert, im Gegensatz zum ansonsten identisch funktionierenden Operator `remove_object_model_3d_attrib`, der ein neues Modell erzeugt.

Falls die Attribute in `Attributes` nicht gesetzt sind, wird keine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Für eine detaillierte Beschreibung der `Attributes` siehe `remove_object_model_3d_attrib`.

Achtung

`remove_object_model_3d_attrib_mod` entfernt ohne weitere Überprüfung die Attribute `Attributes` vom 3D-Objektmodell. Daher ist auf Konsistenz der Eingabedaten zu achten, da die meisten Operatoren konsistente 3D-Objektmodelle erwarten. Weiterhin sollte die Zuordnung der 3D Punkte zu Bildkoordinaten nicht entfernt werden, da sie die Berechnungen vieler Operatoren beschleunigen kann.

Parameter

▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des Eingabe-3D-Objektmodells.

▷ **Attributes** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Namen der zu entfernenden Attribute.
Default: 'extended_attribute'
Werteliste: `Attributes` ∈ {'point_normal', 'triangles', 'lines', 'polygons', 'xyz_mapping', 'shape_based_matching_3d_data', 'distance_computation_data', 'primitives_all', 'primitive_plane', 'primitive_sphere', 'primitive_cylinder', 'primitive_box', 'extended_attribute', 'score', 'red', 'green', 'blue', 'original_point_indices', 'all'}

Ergebnis

`remove_object_model_3d_attrib_mod` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Falls notwendig, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

set_object_model_3d_attrib_mod

Nachfolger

get_object_model_3d_params

Alternativen

remove_object_model_3d_attrib

Siehe auch

copy_object_model_3d, set_object_model_3d_attrib_mod

Modul

3D Metrology

serialize_object_model_3d (
: : ObjectModel3D : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines 3D-Objektmodells.

serialize_object_model_3d serialisiert die Daten eines 3D-Objektmodells (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von write_object_model_3d in eine Datei im Dateiformat 'om3' geschrieben werden. Das 3D-Objektmodell wird in dem Handle ObjectModel3D übergeben. Das serialisierte 3D-Objektmodell wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_object_model_3d wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **ObjectModel3D** (input_control) ..... object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert serialize_object_model_3d den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_object_model_3d, xyz_to_object_model_3d

Nachfolger

read_object_model_3d, fwrite_serialized_item, send_serialized_item, deserialize_object_model_3d

Siehe auch

read_object_model_3d

Modul

3D Metrology

set_object_model_3d_attrib (: : ObjectModel3D, AttribName, AttachExtAttribTo, AttribValues : ObjectModel3DOut)

Setzen von Attributen eines 3D-Objektmodells.

set_object_model_3d_attrib_mod setzt Standardattribute und erweiterte Attribute in AttribName eines 3D-Objektmodells ObjectModel3D auf die Werte in AttribValues und liefert ein 3D-Objektmodell mit den neuen Attributwerten in ObjectModel3DOut zurück. set_object_model_3d_attrib ist identisch mit set_object_model_3d_attrib_mod mit der Ausnahme, dass set_object_model_3d_attrib ein neues 3D-Objektmodell erzeugt, anstatt das bestehende zu verändern. Es ist über den Parameter AttachExtAttribTo möglich, die Werte von erweiterten Attributen an bereits existierende Standardattribute des 3D-Objektmodells zu binden. Für Standardattribute wird AttachExtAttribTo ignoriert.

Falls die Attribute in AttribName nicht existieren, werden sie wenn möglich neu erstellt. Sollen bereits im 3D-Objektmodell vorhandene Attribute gesetzt werden, muss die Länge der neuen Daten der Länge der alten Daten entsprechen. Ist dies der Fall, werden die alten Daten überschrieben. Falls erweiterte Attribute mit AttachExtAttribTo an bereits existierende Standardattribute gehängt werden sollen, muss die Länge der neuen Daten den bereits vorhandenen Standardattribut-Werten entsprechen.

Standardattribute

Die folgenden Standardattribute können gesetzt werden:

'point_coord_x': Die x-Koordinaten einer 3D-Punktmenge werden im Parameter AttribValues übergeben. Ist das Attribut nicht vorhanden, müssen die x-, y- und z-Koordinaten gleichzeitig mittels *'point_coord_x'*, *'point_coord_y'* und *'point_coord_z'* gesetzt werden. Die Anzahl der x-, y- und z-Koordinaten muss identisch sein.

'point_coord_y': Die y-Koordinaten einer 3D-Punktmenge werden im Parameter AttribValues übergeben. Ist das Attribut nicht vorhanden, müssen die x-, y- und z-Koordinaten gleichzeitig mittels *'point_coord_x'*, *'point_coord_y'* und *'point_coord_z'* gesetzt werden. Die Anzahl der x-, y- und z-Koordinaten muss identisch sein.

'point_coord_z': Die z-Koordinaten einer 3D-Punktmenge werden im Parameter AttribValues übergeben. Ist das Attribut nicht vorhanden, müssen die x-, y- und z-Koordinaten gleichzeitig mittels *'point_coord_x'*, *'point_coord_y'* und *'point_coord_z'* gesetzt werden. Die Anzahl der x-, y- und z-Koordinaten muss identisch sein.

'point_normal_x': Die x-Komponenten der 3D-Punktnormalen einer 3D-Punktmenge werden im Parameter AttribValues übergeben. Ist das Attribut nicht vorhanden, müssen die x-, y- und z-Komponenten der 3D-Punktnormalen gleichzeitig mittels *'point_normal_x'*, *'point_normal_y'* und *'point_normal_z'* gesetzt werden. Die Anzahl der x-, y- und z-Komponenten der Anzahl an vorhandenen 3D-Punkten entsprechen. Die 3D-Punktnormalen werden nicht auf die Länge 1 normiert.

'point_normal_y': Die y-Komponenten der 3D-Punktnormalen einer 3D-Punktmenge werden im Parameter AttribValues übergeben. Ist das Attribut nicht vorhanden, müssen die x-, y- und z-Komponenten der 3D-Punktnormalen gleichzeitig mittels *'point_normal_x'*, *'point_normal_y'* und *'point_normal_z'* gesetzt werden. Die Anzahl der x-, y- und z-Komponenten muss der Anzahl an vorhandenen 3D-Punkten entsprechen. Die 3D-Punktnormalen werden nicht auf die Länge 1 normiert.

'point_normal_z': Die z-Komponenten der 3D-Punktnormalen einer 3D-Punktmenge werden im Parameter AttribValues übergeben. Ist das Attribut nicht vorhanden, müssen die x-, y- und z-Komponenten der 3D-Punktnormalen gleichzeitig mittels *'point_normal_x'*, *'point_normal_y'* und *'point_normal_z'* gesetzt werden. Die Anzahl der x-, y- und z-Komponenten muss der Anzahl an vorhandenen 3D-Punkten entsprechen. Die 3D-Punktnormalen werden nicht auf die Länge 1 normiert.

'triangles': Die Indizes der 3D-Punkte, die Dreiecke repräsentieren, in der folgenden Reihenfolge: Die ersten drei Werte des Parameters AttribValues (Eingabewerte 0,1,2) stellen das erste Dreieck dar, die nächsten drei Werte (Eingabewerte 3,4,5) stellen das zweite Dreieck dar, usw. Alle Indizes entsprechen schon vorhandenen 3D-Punkten. Zu beachten ist, dass sich die Richtung der Dreiecke aus der Reihenfolge der Indizes der Punkte ergibt.

'polygons': Die Indizes der 3D-Punkte, die Polygone repräsentieren, in der folgenden Reihenfolge: Der erste Wert des Parameters AttribValues enthält die Anzahl n der 3D-Punkte des ersten Polygons. Die folgenden Werte (Eingabewerte 1,2,..,n) repräsentieren das erste Polygon. Der nächste Wert (Eingabewert n+1) enthält die Anzahl m der 3D-Punkte des zweiten Polygons. Die folgenden Werte (Eingabewerte n+2,n+3,..,n+1+m) repräsentieren das zweite Polygon, usw. Alle Indizes entsprechen schon vorhandenen 3D-Punkten.

'lines': Die Indizes der 3D-Punkte, die Linienzüge repräsentieren, in der folgenden Reihenfolge: Der erste Wert des Parameters AttribValues enthält die Anzahl n der 3D-Punkte des ersten Linienzuges. Die folgenden Werte (Eingabewerte 1,2,..,n) repräsentieren den ersten Linienzug. Der nächste Wert (Eingabewert n+1) enthält die Anzahl m der 3D-Punkte des zweiten Linienzuges. Die folgenden Werte (Eingabewerte n+2,n+3,..,n+1+m) repräsentieren den zweiten Linienzug usw. Alle Indizes entsprechen schon vorhandenen 3D-Punkten.

'xyz_mapping': Die Zuordnung der Bildkoordinaten zu den 3D-Punkten, in der folgenden Reihenfolge: Der erste Wert (Eingabewert 0) des Parameters AttribValues enthält die Breite des entsprechenden Bildes. Der zweite Wert (Eingabewert 1) enthält die Höhe des entsprechenden Bildes. Die folgenden n Werte (Eingabewerte 2,3,..,n+1, mit n der Anzahl von 3D-Punkten) repräsentieren die Zeilenkoordinaten der n Punkte in Bildkoordinaten. Die nächsten n Werte (Eingabewerte n+2,n+3,..,n*2+1) repräsentieren die Spaltenkoordinaten der n Punkte in Bildkoordinaten. Daraus ergibt sich die Gesamtanzahl der Eingabewerte von n*2+2.

Erweiterte Attribute

Erweiterte Attribute sind Attribute, die aus Standardattributen von speziellen Operatoren (z.B. distance_object_model_3d) berechnet werden oder benutzerdefinierte Attribute. Vordefinierte erweiterte Attribute können nur separat gesetzt werden, für diese Attribute wird AttachExtAttribTo ignoriert. Die Namen von benutzerdefinierten erweiterten Attributen sind frei wählbar, müssen aber mit dem Präfix *'&'* beginnen, also z.B., *'&my_attrib'*. Erweiterte Attribute können eine beliebige Anzahl von Fließkommawerten annehmen.

Die folgenden vordefinierten erweiterten Attribute können gesetzt werden:

'original_point_indices': Die originalen Punktindizes der 3D-Punkte werden mit AttribValues gesetzt. Die Anzahl an originalen Punktindizes muss mit der Anzahl an 3D-Punkten übereinstimmen.

'score': Das Qualitätsmaß der Rekonstruktion einer 3D-Punktmenge wird im Parameter AttribValues übergeben. Da dieses Attribut pro 3D-Punkt gesetzt wird, muss die Anzahl der Komponente der Anzahl an vorhandenen 3D-Punkten entsprechen.

'red': Die Intensitätswerte für den Rotkanal einer 3D-Punktmenge werden im Parameter AttribValues übergeben. Die Anzahl Werte muss der Anzahl an vorhandenen 3D-Punkten entsprechen.

'green': Die Intensitätswerte für den Grünkanal einer 3D-Punktmenge werden im Parameter AttribValues übergeben. Die Anzahl Werte muss der Anzahl an vorhandenen 3D-Punkten entsprechen.

'blue': Die Intensitätswerte für den Blaukanal einer 3D-Punktmenge werden im Parameter AttribValues übergeben. Die Anzahl Werte muss der Anzahl an vorhandenen 3D-Punkten entsprechen.

'edge_dir_x': Die x-Komponente eines Vektors, der senkrecht zur der Kantenrichtung und zur Blickrichtung steht.

'edge_dir_y': Die y-Komponente eines Vektors, der senkrecht zur der Kantenrichtung und zur Blickrichtung steht.

'edge_dir_z': Die z-Komponente eines Vektors, der senkrecht zur der Kantenrichtung und zur Blickrichtung steht.

'edge_amplitude': Enthält die Amplitude der Kantenpunkte.

Erweiterte Attribute können über den Parameter AttachExtAttribTo an bereits existierende Standardattribute des 3D-Objektmodells gebunden werden. Die folgenden Werte für AttachExtAttribTo sind möglich:

'object' **oder** *[]*: Ist dieser Wert gesetzt, wird das erweiterte Attribut an das 3D-Objektmodell als Ganzes gebunden. Die Anzahl der Werte in AttribValues ist nicht eingeschränkt.

'points': Ist dieser Wert gesetzt, wird das erweiterte Attribut an die 3D-Punkte des 3D-Objektmodells gebunden. Die Anzahl der Werte in AttribValues muss gleich der Anzahl der bereits bestehenden 3D-Punkte sein.

'triangles': Ist dieser Wert gesetzt, wird das erweiterte Attribut an die Dreiecke des 3D-Objektmodells gebunden. Die Anzahl der Werte in AttribValues muss gleich der Anzahl der bereits bestehenden Dreiecke sein.

'polygons': Ist dieser Wert gesetzt, wird das erweiterte Attribut an die Polygone des 3D-Objektmodells gebunden. Die Anzahl der Werte in AttribValues muss gleich der Anzahl der bereits bestehenden Polygone sein.

'lines': Ist dieser Wert gesetzt, wird das erweiterte Attribut an die Linienzüge des 3D-Objektmodells gebunden. Die Anzahl der Werte in AttribValues muss gleich der Anzahl der bereits bestehenden Linienzüge sein.

Achtung

Falls mehrere Attribute in AttribName übergeben werden, wird AttribValues in gleich lange Teiltupel unterteilt. Jedes Teiltupel wird dann einem Attribut zugeordnet. Z.B.: Wenn AttribName und AttribValues folgende Werte haben:

AttribName := *['&attrib1','&attrib2','&attrib3']*,

AttribValues := *[0.0,1.0,2.0,3.0,4.0,5.0]*,

werden die Attribute mit folgenden Werten gesetzt:

'&attrib1' = [0.0,1.0], *'&attrib2' = [2.0,3.0]*, *'&attrib3' = [4.0,5.0]*.

Folglich ist es nicht möglich, mehrere Attribute unterschiedlicher Länge in einem Aufruf zu setzen.

set_object_model_3d_attrib speichert die Eingabedaten AttribValues unverändert im 3D-Objektmodell. Daher ist auf Konsistenz der Eingabedaten zu achten, da die meisten Operatoren konsistente 3D-Objektmodelle erwarten.

Parameter

- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
  Handle des Eingabe-3D-Objektmodells.
- ▷ **AttribName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Namen der Attribute.
  Werteliste: AttribName ∈ {'point_coord_x', 'point_coord_y', 'point_coord_z', 'point_normal_x', 'point_normal_y', 'point_normal_z', 'triangles', 'polygons', 'lines', 'xyz_mapping', 'red', 'green', 'blue', 'score', 'original_point_indices'}
- ▷ **AttachExtAttribTo** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Beschreibt, woran ein erweitertes Attribut gehängt werden soll.
  Default: []
  Werteliste: AttachExtAttribTo ∈ {[], 'object', 'points', 'polygons', 'triangles', 'lines'}
- ▷ **AttribValues** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real / integer*
  Attribut-Werte.
- ▷ **ObjectModel3DOut** (output_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
  Handle des Ausgabe-3D-Objektmodells.

Ergebnis

set_object_model_3d_attrib liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_empty_object_model_3d

Nachfolger

get_object_model_3d_params

Alternativen

set_object_model_3d_attrib_mod

Siehe auch

copy_object_model_3d, remove_object_model_3d_attrib

Modul

3D Metrology

set_object_model_3d_attrib_mod (: : ObjectModel3D, AttribName, AttachExtAttribTo, AttribValues :)

Setzen von Attributen eines 3D-Objektmodells.

set_object_model_3d_attrib_mod setzt Standardattribute und erweiterte Attribute in AttribName, eines 3D-Objektmodells ObjectModel3D auf die Werte in AttribValues. set_object_model_3d_attrib_mod ist identisch mit set_object_model_3d_attrib mit

der Ausnahme, dass set_object_model_3d_attrib_mod kein neues 3D-Objektmodell erzeugt, sondern das bestehende verändert. Es ist über den Parameter AttachExtAttribTo möglich, die Werte von erweiterten Attributen an bereits existierende Standardattribute des 3D-Objektmodells zu binden. Für Standardattribute wird AttachExtAttribTo ignoriert.

Falls die Attribute in AttribName nicht existieren, werden sie wenn möglich neu erstellt. Sollen bereits im 3D-Objektmodell vorhandene Attribute gesetzt werden, muss die Länge der neuen Daten der Länge der alten Daten entsprechen. Ist dies der Fall, werden die alten Daten überschrieben. Falls erweiterte Attribute mit AttachExtAttribTo an bereits existierende Standardattribute gehängt werden sollen, muss die Länge der neuen Daten den bereits vorhandenen Standardattribut-Werten entsprechen.

Für eine detaillierte Beschreibung siehe set_object_model_3d_attrib.

Achtung

Falls mehrere Attribute in AttribName übergeben werden, wird AttribValues in gleich lange Teiltupel unterteilt. Jedes Teiltupel wird dann einem Attribut zugeordnet. Z.B.: Wenn AttribName und AttribValues folgende Werte haben:

AttribName := *['&attrib1','&attrib2','&attrib3']*,

AttribValues := *[0.0,1.0,2.0,3.0,4.0,5.0]*,

werden die Attribute mit folgenden Werten gesetzt:

'&attrib1' = [0.0,1.0], *'&attrib2' = [2.0,3.0]*, *'&attrib3' = [4.0,5.0]*.

Folglich ist es nicht möglich, mehrere Attribute unterschiedlicher Länge in einem Aufruf zu setzen.

set_object_model_3d_attrib_mod verändert den Inhalt eines bereits bestehenden 3D-Objektmodells. Die Eingabedaten AttribValues werden unverändert im 3D-Objektmodell gespeichert. Daher ist auf Konsistenz der Eingabedaten zu achten, da die meisten Operatoren konsistente 3D-Objektmodelle erwarten.

Parameter

- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) ..... object_model_3d ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Objektmodells.
- ▷ **AttribName** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Namen der Attribute.
  Werteliste: AttribName ∈ {'point_coord_x', 'point_coord_y', 'point_coord_z', 'point_normal_x', 'point_normal_y', 'point_normal_z', 'triangles', 'polygons', 'lines', 'xyz_mapping', 'red', 'green', 'blue', 'score', 'original_point_indices'}
- ▷ **AttachExtAttribTo** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Beschreibt, woran ein erweitertes Attribut gehängt werden soll.
  Default: []
  Werteliste: AttachExtAttribTo ∈ {[], 'object', 'points', 'polygons', 'triangles', 'lines'}
- ▷ **AttribValues** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real* / integer
  Attribut-Werte.

Ergebnis

set_object_model_3d_attrib_mod liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_empty_object_model_3d

Nachfolger

get_object_model_3d_params

Alternativen

set_object_model_3d_attrib

Siehe auch

copy_object_model_3d, remove_object_model_3d_attrib_mod

Modul

3D Metrology

union_object_model_3d (: : ObjectModels3D,
Method : UnionObjectModel3D)

Kombinieren mehrerer 3D-Objektmodelle zu einem neuen 3D-Objektmodell.

union_object_model_3d kombiniert alle 3D-Objektmodelle in ObjectModels3D zu einem einzigen 3D-Objektmodell, das in UnionObjectModel3D zurückgegeben wird.

Sollten Bereiche der angegebenen 3D-Objektmodelle überlappen, kann das bei einer resultierenden 2D Abbildung der 3D Punkte, sowie bei Polygonen und Dreiecken zu Ergebnissen führen, die nicht weiter in vollem Umfang verwendbar sind, da diese auch überlappend sein könnten.

Die momentan einzige unterstützte Methode in Method ist bisher *'points_surface'*, die alle Punkte, Oberflächen und Linien im Ausgabemodell UnionObjectModel3D kombiniert. Erweiterte Attribute werden kopiert, soweit keine Lücken entstehen, d.h. wenn sie in allen Eingabeobjektmodellen vorhanden sind, in denen das Standardattribut, an das sie gebunden sind, vorhanden ist.

Achtung

union_object_model_3d ignoriert 3D-Objektmodelle vom Typ 3D-Primitiv und 3D-Formmodell.

Parameter

- ▷ **ObjectModels3D** (input_control) ..... object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle der Eingabe-3D-Objektmodelle.
- ▷ **Method** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Methode, die für die Vereinigung benutzt wird.
  Default: 'points_surface'
  Werteliste: Method ∈ {'points_surface'}
- ▷ **UnionObjectModel3D** (output_control) ..... object_model_3d ⇝ *handle*
  Handle des resultierenden 3D-Objektmodells.

Beispiel

```
gen_object_model_3d_from_points ([0,0,0,0],[1,1,0,0], [0,1,1,0],\
                                 ObjectModel3D1)
gen_object_model_3d_from_points ([1,1,1,1],[1,1,0,0], [0,1,1,0],\
                                 ObjectModel3D2)
get_object_model_3d_params (ObjectModel3D1, 'diameter', DiameterOld)
union_object_model_3d ([ObjectModel3D1,ObjectModel3D2], 'points_surface',\
                       UnionObjectModel3D)
get_object_model_3d_params (UnionObjectModel3D, 'diameter', DiameterNew)
```

Ergebnis

union_object_model_3d liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE) wenn alle Parameter korrekt sind. Sollte es kein gemeinsames Attribut in der Eingabe geben, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

get_object_model_3d_params

Nachfolger

connection_object_model_3d, convex_hull_object_model_3d

Siehe auch

gen_box_object_model_3d, gen_sphere_object_model_3d, gen_cylinder_object_model_3d

Modul

3D Metrology

write_object_model_3d (: : ObjectModel3D, FileType, FileName, GenParamName, GenParamValue :)

Schreiben eines 3D-Objektmodells in eine Datei.

write_object_model_3d schreibt das 3D-Objektmodell ObjectModel3D in die Datei FileName. Die Datei kann mittels read_object_model_3d wieder eingelesen werden oder in einem entsprechenden CAD-Programm geladen werden. Es ist zu beachten, dass Primitive nur in dem HALCON-Format *'om3'* gespeichert werden. Falls die Notwendigkeit besteht, die Primitive in einem anderen Format zu speichern, muss zuvor sample_object_model_3d aufgerufen werden. Dies führt allerdings zu einer Umwandlung der Primitive in durch 3D-Punkte abgetastete Objekte, welche einer Annäherung an die Primitive entsprechen.

Alle in die Datei geschriebenen Koordinaten werden in Metern geschrieben. Wird die Datei daher später mit read_object_model_3d wieder eingelesen, so muss der Parameter Scale auf *'m'* gesetzt werden, um eine Skalierung der Daten zu vermeiden.

Der Parameter FileType legt das Format der zu schreibenden Datei fest. Die folgenden Dateitypen werden von write_object_model_3d unterstützt:

'om3': HALCON-Format für 3D-Objektmodelle. Dateien mit diesem Format können mit read_object_model_3d wieder gelesen werden. Die Standard-Dateiendung für dieses Format ist 'om3'.

'dxf': AUTOCAD-Dateiformat. Weitere Details zu dem Format finden sich in der Dokumentation zu read_object_model_3d. Die Standard-Dateiendung für dieses Format ist 'dxf'.

'off': 'Object File Format'. Dies ist ein einfaches ASCII-basiertes Format welches 3D-Punkte und Polygone speichern kann. Die Standard-Dateiendung für dieses Format ist 'off'.

'ply',

'ply_binary': 'Polygon File Format' (auch Stanford Triangle Format). Dies ist ein einfaches Dateiformat welches 3D-Punkte, Punktnormalen, Polygone, Farbinformationen und punktbasierte benutzerdefinierte Attribute speichern kann. HALCON schreibt sowohl die ASCII- als auch die Binärversion des Dateiformats. Die Standard-Dateiendung für dieses Format ist 'ply'.

'obj': 'OBJ File Format' (auch 'Wavefront OBJ-Format'). Dies ist ein ASCII-basiertes Format, welches 3D-Punkte, Polygone, Normalen und Dreiecke, welche in Polygone umgewandelt werden, speichern kann. Die Standard-Dateiendung für dieses Format ist 'obj'.

'stl',

'stl_binary',

'stl_ascii': 'STL-Dateiformat' (auch 'Stereolithography', 'SurfaceTesselationLanguage', 'StandardTriangulationLanguage' oder 'StandardTesselationLanguage'). Dieses Dateiformat kann Dreiecke und Dreiecksnormalen speichern. Da das HALCON 3D Objektmodell allerdings keine Dreiecksnormalen unterstützt und Punktnormalen (wie sie z.B. mit surface_normals_object_model_3d berechnet werden) vom STL-Format nicht unterstützt werden, werden keine Normalen in die Datei geschrieben. Enthält das 3D Objektmodell Polygone, werden diese vor dem Speichern in Dreiecke umgewandelt. STL-Dateien können im ASCII oder im Binärformat geschrieben werden. Wird *'stl'* oder *'stl_binary'* angegeben, so wird das Binärformat geschrieben, für *'stl_ascii'* das ASCII-Format. Die Standard-Dateiendung für dieses Format ist 'stl'.

Eine Reihe weiterer optionaler Parameter kann gesetzt werden. Die Namen und Werte dieser Parameter werden in GenParamName und GenParamValue übergeben. Einige der Parameter gelten nicht für alle Dateitypen. Die folgenden Werte sind für GenParamName möglich:

'invert_normals': Invertieren der Normalenrichtung und Flächenausrichtung vor dem Speichern des 3D-Objektmodells. Ist dieser Parameter auf *'true'* gesetzt, so wird für die Formate *'off'*, *'ply'*, *'obj'* und *'stl'*

der Umlaufsinn aller Flächen (Dreiecke und Polygone) invertiert. Für Formate, die Punktnormalen speichern (*'ply'*,*'obj'*), werden zusätzlich die Normalenrichtungen vor dem Speichern invertiert. Für die Dateitypen *'om3'* und *'dxf'* hat der Parameter keinen Effekt.

Gültig für Dateitypen: 'off', *'ply'*, *'obj'*, *'stl'*. **Werteliste:** *'true'*, *'false'*.

Default: *'false'*.

Parameter

▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des zu schreibenden 3D-Objektmodells.

▷ **FileType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Typ der zu schreibenden Datei.
Default: 'om3'
Werteliste: `FileType` ∈ {'off', 'ply', 'ply_binary', 'dxf', 'om3', 'obj', 'stl', 'stl_binary', 'stl_ascii'}

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Dateiname der zu schreibenden Datei.
Dateiendung: `.off`, `.ply`, `.dxf`, `.om3`, `.obj`, `.stl`

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'invert_normals'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / real / integer
Werte der generischen Parameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false'}

Ergebnis

`write_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind und die Datei geschrieben werden konnte. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `xyz_to_object_model_3d`

Nachfolger

`read_object_model_3d`

Siehe auch

`read_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

4.2 Merkmale

area_object_model_3d (: : ObjectModel3D : Area)

Berechnen der Oberfläche von vermaschten 3D-Objektmodellen.

`area_object_model_3d` berechnet die Oberflächen von vermaschten 3D-Objektmodellen. Die Handle der 3D-Objektmodelle werden in `ObjectModel3D` übergeben. Die berechneten Oberflächen werden in `Area` zurückgegeben.

Parameter

▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle der 3D-Objektmodelle.

▷ **Area** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Die berechneten Flächen.
Parameteranzahl: Area == ObjectModel3D

Beispiel

```
gen_box_object_model_3d ([0,0,0,0,0,0,0],3,2,1, ObjectModel3D)
convex_hull_object_model_3d (ObjectModel3D, ObjectModel3DConvexHull)
area_object_model_3d (ObjectModel3DConvexHull, Area)
```

Ergebnis

`area_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`connection_object_model_3d`, `select_points_object_model_3d`, `prepare_object_model_3d`, `convex_hull_object_model_3d`

Nachfolger

`select_object_model_3d`

Siehe auch

`volume_object_model_3d_relative_to_plane`, `max_diameter_object_model_3d`, `moments_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

distance_object_model_3d (: : ObjectModel3DFrom, ObjectModel3DTo, Pose, MaxDistance, GenParamName, GenParamValue :)

Bestimmt die Abstände der Punkte eines 3D-Objektmodells zu einem anderen 3D-Objektmodell.

Der Operator `distance_object_model_3d` bestimmt die Abstände der Punkte im 3D-Objektmodell `ObjectModel3DFrom` zu den Punkten, Dreiecken oder dem Primitiv im 3D-Objektmodell `ObjectModel3DTo`. Die Abstände werden im 3D-Objektmodell `ObjectModel3DFrom` als erweitertes Attribut mit dem Namen *'&distance'* gespeichert. Die Abstände können danach mittels `get_object_model_3d_params` abgerufen werden oder mittels `select_points_object_model_3d` oder anderen Operatoren, die erweiterte Attribute verwenden, weiterverarbeitet werden.

Die Zieldaten (Punkte, Dreiecke oder Primitiv) werden anhand der in `ObjectModel3DTo` vorhandenen Daten ausgewählt. Dabei werden die ersten vorhandenen Daten in der folgenden Reihenfolge verwendet: Primitiv, Dreiecke, Punkte. Alternativ zu dieser automatischen Auswahl können die Zieldaten auch manuell mit dem generischen Parameter *'distance_to'* gesetzt werden (s.u.). Allgemeine Polygone werden intern trianguliert bevor der Abstand zu den Dreiecken berechnet wird. In diesem Sinne ist ein Operator-Aufruf mit schon triangulierten Objekten schneller als einer für Objekte mit allgemeinen Polygonen.

`MaxDistance` kann benutzt werden, um einen Schwellenwert für die berechneten Distanzen zu setzen. Wenn `MaxDistance` auf *0* gesetzt wird, werden alle Distanzen berechnet. Wenn `MaxDistance` auf einen anderen Wert gesetzt wird, werden alle Punkte, bei denen die Distanz `MaxDistance` überschreiten würde, nicht verarbeitet. Für diese Punkte wird der Wert von `MaxDistance` in dem Attribut *'&distance'* gespeichert. Das Setzen

von MaxDistance kann also die Geschwindigkeit des Operators deutlich erhöhen, wenn ein Wert ungleich *0* eingestellt wird.

Ist Pose ein nicht-leeres Tupel, so gibt es eine Pose an, welche vor der Distanzbestimmung auf die Punkte von ObjectModel3DFrom angewandt wird. Die Pose kann über den generischen Parameter *'invert_pose'* invertiert werden (s.u.).

Je nach Zieldatentyp (Punkte, Dreiecke oder Primitiv) gibt es verschiedene Methoden zur Abstandsbestimmung. Einige dieser Methoden bauen eine Datenstruktur über den Elementen von ObjectModel3DTo auf, welche die Berechnung beschleunigt. Der Aufbau dieser Datenstruktur für das 3D-Objektmodell ObjectModel3DTo kann auch durch den Operator prepare_object_model_3d durchgeführt werden. Dies hat den Vorteil, dass der Aufbau auch bei mehreren Aufrufen von distance_object_model_3d mit demselben Ziel-Objektmodell nur einmal durchgeführt werden muss, beispielsweise bei einem Suchmodell. Objekte mit allgemeinen Polygonen können zusätzlich mit dem Operator prepare_object_model_3d trianguliert werden und die Dreiecke werden im 3D-Objekt gespeichert, um die Abstandsberechnung weiter zu beschleunigen. Die Triangulierung wird nur ausgeführt, wenn der generische Parameter *'distance_to'* auf *'triangles'* gesetzt ist. Entgegen der Triangulierung im Operator triangulate_object_model_3d wird hier das Attribut mit den Polygonen nicht gelöscht.

Wenn der Abstand zu Punkten oder zu Dreiecken berechnet wird kann der Operator optional den Index des jeweils nächsten Punktes oder Dreiecks für jeden Punkt aus ObjectModel3DFrom zurückgeben. Dazu muss der generische Parameter *'store_closest_index'* auf *'true'* gesetzt werden (siehe unten). Der Index wird als erweitertes Attribut mit dem Namen *'&closest_index'* im 3D-Objektmodell ObjectModel3DFrom gespeichert. Der Index kann nicht berechnet werden, wenn die *'voxel'*-Methode verwendet wird. Wenn der Abstand eines Punktes zu seinem nächsten Punkt oder Dreieck die in MaxDistance definierte maximale Distanz überschreitet, so wird der Index seines nächsten Elements auf -1 gesetzt.

Optional können auch vorzeichenbehaftete Abstände zu Punkten, Dreiecken oder einem Primitiv berechnet werden. Dazu muss der generische Parameter *'signed_distances'* auf *'true'* gesetzt werden. Vorzeichenbehaftete Abstände können nicht berechnet werden, wenn bei Abständen von Punkten zu Punkten die *'voxel'*-Methode verwendet wird.

Im Folgenden werden die verschiedenen Zieldatentypen und Methoden erklärt, sowie ihre Vor- und Nachteile beschrieben. Der Operator distance_object_model_3d bestimmt, abhängig von den Zieldaten, automatisch eine Methode. Alternativ kann die Methode manuell über den generischen Parameter *'mode'* gesetzt werden.

Abstand zu Punkten: Für die Bestimmung der Punkt-zu-Punkt-Abstände werden die folgenden Methoden unterstützt:

- **Lineare Suche:** Für jeden Punkt aus ObjectModel3DFrom werden die Abstände zu allen Punkten in ObjectModel3DTo berechnet, und der kleinste Abstand verwendet. Diese Methode benötigt keine vorberechnete Datenstruktur, und ist für wenige Punkte in ObjectModel3DTo die schnellste.
- **KD-Baum:** Die Punkte in ObjectModel3DTo werden in einem KD-Baum organisiert, welcher die Suche nach dem nächsten Punkt beschleunigt. Der Aufbau des Baums ist sehr effizient. Die Suchzeit ist dabei in etwa logarithmisch zu der Anzahl der Punkten in ObjectModel3DTo. Die Suchzeit ist allerdings nicht konstant und kann stark von der Lage der Suchpunkte in ObjectModel3DFrom abhängen.
- **Voxel:** Die Punkte in ObjectModel3DTo werden in einer Voxelstruktur gespeichert. Diese Voxelstruktur erlaubt eine Suche in annähernd konstanter Zeit, d.h. unabhängig von der Lage des Suchpunktes und der Größe der Zielpunktwolke.
  Der Aufbau der Voxelstruktur dauert allerdings deutlich länger als der Aufbau eines KD-Baums. Es ist möglich, diese Datenstruktur vorzuberechnen, indem man prepare_object_model_3d mit Purpose *'distance_computation'* auf ObjectModel3DTo anwendet.

Abstand zu Dreiecken: Für die Bestimmung des kleinsten Punkt-zu-Dreieck-Abstands werden die folgenden Methoden unterstützt:

- **Lineare Suche:** Für jeden Punkt aus ObjectModel3DFrom werden die Abstände zu allen Dreiecken in ObjectModel3DTo berechnet und der kleinste Abstand verwendet. Diese Methode benötigt keine vorberechnete Datenstruktur, und ist für wenige Dreiecke in ObjectModel3DTo die schnellste.
- **KD-Baum:** Die in ObjectModel3DTo gespeicherten Dreiecke werden in einem KD-Baum gespeichert, wodurch die Suche nach dem nächsten Dreieck beschleunigt wird. Der Aufbau des Baums ist vergleichsweise effizient. Die Suchzeit ist in etwa logarithmisch zu der Anzahl der Dreiecke in ObjectModel3DTo. Die Suchzeit ist allerdings nicht konstant und kann von der Lage der Suchpunkte in ObjectModel3DFrom abhängen.

Voxel: Die Dreiecke in `ObjectModel3DTo` werden in einer Voxelstruktur gespeichert. Diese Voxelstruktur erlaubt eine Suche in annähernd konstanter Zeit, d.h. unabhängig von der Lage des Suchpunktes und der Anzahl der Dreiecke in der Zielstruktur.
Der Aufbau der Voxelstruktur dauert allerdings deutlich länger als der Aufbau eines KD-Baums. Es ist möglich, diese Datenstruktur vorzuberechnen, indem man `prepare_object_model_3d` mit `Purpose` *'distance_computation'* auf `ObjectModel3DTo` anwendet. Für den Aufbau der Voxelstruktur werden die Dreiecke abgetastet. Die entsprechende Abtastdistanz kann mit den generischen Parameter *'sampling_dist_rel'* und *'sampling_dist_abs'* gesetzt werden.
Standardmäßig wird *'sampling_dist_rel'* auf 0.03 gesetzt. Eine genaue Beschreibung der beiden Parameter findet sich unten. Bei der Verwendung der Voxelstruktur für die Bestimmung der Abstände zu Dreiecken können die berechneten Distanzen in einigen Fällen um ca. 10% der Abtastdistanz von den tatsächlichen Abständen nach oben abweichen.

Abstand zu Primitiven: Da `ObjectModel3DTo` nur ein Primitiv enthalten kann, werden die Punkt-zu-Primitiv-Abstände immer linear durchgeführt. Der Aufbau oder die Verwendung einer Datenstruktur ist weder nötig noch möglich.

Das Berechnen von Abständen zu primitiven Ebenen, die mittels `segment_object_model_3d` oder `fit_primitives_object_model_3d` erzeugt wurden, kann vergleichsweise langsam sein, da diese Ebenen eine komplexe Ausdehnung beinhalten. Wenn nur der Abstand zu der Ebene relevant ist und die Ausdehnung ignoriert werden soll, wird empfohlen, die Pose der Ebene mittels `get_object_model_3d_params` mit dem Parameter *'primitive_parameter_pose'* abzurufen und mittels `gen_plane_object_model_3d` eine neue Ebene ohne Ausdehnung zu erzeugen.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die verschiedenen Zieldaten, Methoden, sowie deren Vor- und Nachteile. N ist die Anzahl von Zielementen in `ObjectModel3DTo`.

Zieldaten	Methode	Aufbau-Zeit	Ungefähre Suchzeit	Eigenschaften
Punkte	linear	0	$O(N)$	· Keine Vorberechnung · Schnellste Methode für kleine N · Standardmethode für $N < 100$
Punkte	kd-tree	$O(N \log(N))$	$O(\log(N))$	· Schnelle Vorberechnung · Suchzeit nicht konstant · Standardmethode für $N \geq 100$
Punkte	voxel	$O(N \log(N))$	$O(\log(\log(N)))$	· Langsame Vorberechnung · Sehr schnelle Suche · Standardmethode für Vorberechnung mit `prepare_object_model_3d`
Dreiecke	linear	0	$O(N)$	· Keine Vorberechnung · Schnellste Methode für kleine N · Standardmethode
Dreiecke	kd-tree	$O(N \log(N))$	$O(\log(N))$	· Schnelle Vorberechnung · Suchzeit nicht konstant
Dreiecke	voxel	$O(N \log(N))$	$O(\log(\log(N)))$	· Langsame Vorberechnung · Benötigt Abtastdistanz · Sehr schnelle Suche · Kleine Fehler möglich · Standardmethode für Vorberechnung mit `prepare_object_model_3d`
Primitiv	linear	0	$O(1)$	

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Parametern können die folgenden Parameter verwendet werden, um den Operator zu beeinflussen. Diese Parameter und ihre Werte können in den Parametern `GenParamName` und `GenParamValue` gesetzt werden. Alle der folgenden Parameter sind optional.

'distance_to' Mit diesem Parameter können die Zieldaten explizit ausgewählt werden.

- *'auto'* (Standardwert) Die Zieldaten werden automatisch ausgewählt. Dazu wird überprüft, welches der folgenden Attribute in `ObjectModel3DTo` vorhanden ist, und das erste vorhandene verwendet: Primitiv, Dreiecke, Punkte.
- *'primitive'* Es werden die Abstände zu dem in `ObjectModel3DTo` vorhandenen Primitiv berechnet.
- *'triangles'* Es werden die Abstände zu den in `ObjectModel3DTo` vorhandenen Dreiecken berechnet.
- *'points'* Es werden die Abstände zu den in `ObjectModel3DTo` vorhandenen Punkten berechnet.

'method' Mit diesem Parameter kann die zu verwendende Methode explizit gesetzt werden. Nicht alle Methoden sind für alle Zieldaten möglich. Die möglichen Kombinationen sind in obiger Tabelle aufgelistet.

- *'auto'* (Standardwert) Es wird die Standardmethode für die ausgewählten Zieldaten verwendet.
- *'linear'* Die Abstände werden über eine lineare Suche berechnet.

'kd-tree' Die Abstände werden über einen KD-Baum berechnet.

'voxel' Die Abstände werden über eine Voxelstruktur berechnet.

'invert_pose' Mit diesem Parameter kann die in `Pose` übergebene Pose invertiert werden.

'false' (Standardwert) Die Pose wird nicht invertiert.

'true' Die Pose wird invertiert.

'output_attribute' Mit diesem Parameter kann der Name des erweiterten Attributs gesetzt werden, in welchem die berechneten Abstände gespeichert werden. Standardmäßig werden die Abstände in dem erweiterten Attribut mit dem Namen *'&distance'* im Objektmodell `ObjectModel3DFrom` gespeichert. Wird das gleiche Objektmodell für mehrere Aufrufe von `distance_object_model_3d` verwendet, so wird das Attribut überschrieben. Um dies zu vermeiden, kann der Name des Attributs verändert werden. Gültige Namen von erweiterten Attribute fangen mit einem *'&'* an.

'sampling_dist_rel', *'sampling_dist_abs'* Diese Parameter werden verwendet, wenn die Abstände zu Dreiecken mit der Voxel-basierten Methode berechnet werden. Für den Aufbau der Voxelstruktur werden die Dreiecke regelmäßig abgetastet. Die Abtastdistanz kann entweder absolut mit dem Parameter *'sampling_dist_abs'* gesetzt werden, oder relativ zum Durchmesser des achsenparallelen umschließenden Quaders mit *'sampling_dist_rel'*. Nur einer der beiden Parameter kann gesetzt werden. Der Durchmesser des achsenparallelen umschließenden Quaders kann mit `get_object_model_3d_params` abgerufen werden. Die Erstellung der Voxelstruktur für Dreiecke kann sehr lange dauern und wird i.d.R. mittels `prepare_object_model_3d` vorberechnet (siehe oben).

'store_closest_index' Dieser Parameter aktiviert die Berechnung des Index des nächsten Punktes oder Dreiecks für jeden Punkt in `ObjectModel3DFrom` (siehe oben). Die Indizes werden im erweiterten Attribut '&closest_index' zurückgegeben.

'false' (Standardwert) Der Index wird nicht zurückgegeben.

'true' Der Index wird zurückgegeben.

'signed_distances' Dieser Parameter wird verwendet, um vorzeichenbehaftete Abstände zwischen den Punkten im 3D-Objektmodell `ObjectModel3DFrom` zu den Punkten, Dreiecken oder dem Primitiv im 3D-Objektmodell `ObjectModel3DTo` zu berechnen.

'false' (Standardwert) Es werden Abstände ohne Vorzeichen zurückgegeben.

'true' Es werden vorzeichenbehaftete Abstände zurückgegeben.

Abhängig von den vorhandenen Zieldaten (Punkte, Dreiecke oder Primitive) sind die folgenden Besonderheiten zu beachten:

Abstand zu Punkten: Eine Berechnung von vorzeichenbehafteten Abständen zu Punkten wird nur für die Methoden *'kd-tree''* und *'linear'* unterstützt. Unabhängig davon welche der beiden Methoden für die Bestimmung des kleinsten Punkt-zu-Punkt-Abstands verwendet wird, ist eine Berechnung der vorzeichenbehafteten Distanz nur möglich, wenn Punktnormalen für die Punkte im 3D-Objektmodell `ObjectModel3DTo` vorhanden sind oder mit dem Operator `set_object_model_3d_attrib_mod` gesetzt wurden.

Abstand zu Dreiecken: Vorzeichenbehaftete Distanzen können für alle oben aufgeführten Methoden berechnet werden. Bei vorzeichenbehafteten Abständen von Punkten zu Dreiecken wird die Distanz negativ gesetzt, wenn das Skalarprodukt mit dem Normalenvektor des Dreiecks kleiner Null ist.

Abstand zu Primitiven: Berechnet man den Abstand zu zylinderförmigen, kugelförmigen oder quaderförmigen Primitiven, so erhalten Punkte des 3D-Objektmodells `ObjectModel3DFrom` einen negativen Abstand, wenn sie sich innerhalb des Primitivs befinden und einen positiven, wenn sie außerhalb davon liegen. Werden Abstände von Punkten zu Ebenen berechnet, so erhalten Punkte einen negativen Abstand, wenn sie unterhalb der Ebene liegen und einen positiven wenn sie oberhalb davon liegen.

Parameter

▷ **`ObjectModel3DFrom`** (input_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells mit den Quelldaten.

▷ **`ObjectModel3DTo`** (input_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells mit den Zieldaten.

▷ **`Pose`** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Pose der Quelldaten in den Zieldaten.
Default: []

▷ **MaxDistance** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Maximal interessanter Abstand.
Default: 0

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'distance_to', 'method', 'invert_pose', 'output_attribute', 'sampling_dist_rel', 'sampling_dist_abs', 'signed_distances', 'store_closest_index'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamValue ∈ {'auto', 'triangles', 'points', 'polygons', 'primitive', 'kd-tree', 'voxel', 'linear', 'true', 'false'}

Ergebnis

distance_object_model_3d liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE) wenn alle Parameter korrekt sind. Wenn notwendig wird eine Ausnahmebehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

prepare_object_model_3d, read_object_model_3d, find_surface_model, xyz_to_object_model_3d

Nachfolger

get_object_model_3d_params, render_object_model_3d, disp_object_model_3d, clear_object_model_3d

Siehe auch

prepare_object_model_3d

Modul

3D Metrology

get_object_model_3d_params (: : ObjectModel3D, GenParamName : GenParamValue)

Auslesen der Attribute von 3D-Objektmodellen.

Ein 3D-Objektmodell besteht aus einer Menge von Attributen und ihren Metadaten. Mit Hilfe des Operators get_object_model_3d_params lassen sich Attribute und die Metadaten von 3D-Objektmodellen abfragen. Der Name des Attributes oder der Metadaten, welche abgefragt werden sollen, wird in GenParamName übergeben, der korrespondierende Wert wird in GenParamValue zurückgeliefert. Wenn das abzufragende Attribut oder die Metadaten nicht vorhanden sind, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. get_object_model_3d_params unterstützt den Zugriff auf mehrere 3D-Objektmodelle und mehrere Attribute auf einmal. Zu beachten ist, dass Attribute oder Metadaten verschiedene Längen haben können. Einige der Standardattribute haben eine definierte Länge, die in der Attributbeschreibung weiter unten jeweils angegeben ist. Die Länge anderer Attribute hängt vom 3D-Objektmodell ab und kann abgefragt werden, indem der Parameter GenParamName z.B. auf *'num_points'*, *'num_triangles'*, *'num_polygons'* oder *'num_lines'* gesetzt wird. So lässt sich beispielsweise die Länge des Standardattributs *'point_coord_x'* abfragen, indem GenParamName auf *'num_points'* gesetzt wird.

Standardattribute

Im Einzelnen kann auf die folgenden Standardattribute und deren Metadaten zugegriffen werden:

'point_coord_x': Die x-Koordinaten der 3D Punktmenge. Die Anzahl der hier zurückgegebenen Punkte kann mit *'num_points'* ermittelt werden. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator xyz_to_object_model_3d oder read_object_model_3d erstellt.

'point_coord_y': Die y-Koordinaten der 3D Punktmenge. Die Anzahl der hier zurückgegebenen Punkte kann mit *'num_points'* ermittelt werden. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator `xyz_to_object_model_3d` oder `read_object_model_3d` erstellt.

'point_coord_z': Die z-Koordinaten der 3D Punktmenge. Die Anzahl der hier zurückgegebenen Punkte kann mit *'num_points'* ermittelt werden. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator `xyz_to_object_model_3d` oder `read_object_model_3d` erstellt.

'point_normal_x': Die x-Komponenten der 3D Punktnormalen der 3D Punktmenge. Die Anzahl der hier zurückgegebenen Punkte kann mit *'num_points'* ermittelt werden. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator `smooth_object_model_3d` erstellt.

'point_normal_y': Die y-Komponenten der 3D Punktnormalen der 3D Punktmenge. Die Anzahl der hier zurückgegebenen Punkte kann mit *'num_points'* ermittelt werden. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator `smooth_object_model_3d` erstellt.

'point_normal_z': Die z-Komponenten der 3D Punktnormalen der 3D Punktmenge. Die Anzahl der hier zurückgegebenen Punkte kann mit *'num_points'* ermittelt werden. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator `smooth_object_model_3d` erstellt.

'mapping_row': Die Zeilenkomponenten der Zuordnung der 3D Punkte zu Bildkoordinaten. Die Anzahl der hier zurückgegebenen Punkte kann mit *'num_points'* ermittelt werden, die Höhe des Originalbildes mit *'mapping_size'*. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator `xyz_to_object_model_3d` erstellt.

'mapping_col': Die Spaltenkomponenten der Zuordnung der 3D Punkte zu Bildkoordinaten. Die Anzahl der hier zurückgegebenen Punkte kann mit *'num_points'* ermittelt werden, die Breite des Originalbildes mit *'mapping_size'*. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator `xyz_to_object_model_3d` erstellt.

'mapping_size': Die Größe des Originalbildes. Zurückgegeben wird ein Tupel mit den beiden Einträgen Breite und Höhe.

'triangles': Die Indizes der 3D Punkte, welche Dreiecke repräsentieren, in der folgenden Reihenfolge: Die ersten drei Rückgabewerte (Rückgabewert 0,1,2) stellen das erste Dreieck dar, die nächsten drei Rückgabewerte (Rückgabewerte 3,4,5) stellen das zweite Dreieck dar, usw. Alle Indizes entsprechen den Indizes der Koordinaten der 3D Punkte. Zugriff auf die Koordinaten der 3D Punkte ist mit dem generischen Parameter `GenParamName` mit den Werten *'point_coord_x'*, *'point_coord_y'* und *'point_coord_z'* möglich. Die Anzahl der hier zurückgegebenen Dreiecke kann mit *'num_triangles'* ermittelt werden. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator `triangulate_object_model_3d` oder `read_object_model_3d` erstellt.

'polygons': Die Indizes der 3D Punkte, welche Polygone repräsentieren, in der folgenden Reihenfolge: Der erste Rückgabewert enthält die Anzahl n der 3D Punkte des ersten Polygons. Die folgenden Rückgabewerte (Rückgabewerte 1,2,..,n) repräsentieren das erste Polygon. Der nächste Rückgabewert (Rückgabewert n+1) enthält die Anzahl m der 3D Punkte des zweiten Polygons. Die folgenden Rückgabewerte (Rückgabewerte n+2,n+3,..,n+1+m) repräsentieren das zweite Polygon, usw. Alle Indizes entsprechen den Indizes der Koordinaten der 3D Punkte. Zugriff auf die Koordinaten der 3D Punkte ist mit dem generischen Parameter `GenParamName` mit den Werten *'point_coord_x'*, *'point_coord_y'* und *'point_coord_z'* möglich. Die Anzahl der hier zurückgegebenen Polygone kann mit *'num_polygons'* ermittelt werden. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator `read_object_model_3d` erstellt.

'lines': Die Indizes der 3D Punkte, welche Linienzüge repräsentieren, in der folgenden Reihenfolge: Der erste Rückgabewert enthält die Anzahl n0 der 3D Punkte des ersten Linienzuges. Die folgenden Rückgabewerte (Rückgabewerte 1,2,..,n) repräsentieren den ersten Linienzug. Der nächste Rückgabewert (Rückgabewert n+1) enthält die Anzahl m der 3D Punkte des zweiten Linienzuges. Die folgenden Rückgabewerte (Rückgabewerte n+2,n+3,..,n+1+m) repräsentieren den zweiten Linienzug usw. Alle Indizes entsprechen den Indizes der Koordinaten der 3D Punkte. Zugriff auf die Koordinaten der 3D Punkte ist mit dem generischen Parameter `GenParamName` mit den Werten *'point_coord_x'*, *'point_coord_y'* und *'point_coord_z'* möglich. Die Anzahl der hier zurückgegebenen Linien kann mit *'num_lines'* ermittelt werden. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator `intersect_plane_object_model_3d` erstellt.

'diameter_axis_aligned_bounding_box': Der Durchmesser der 3D Punktmenge, der durch die Länge der Diagonale des kleinsten umschließenden achsenparallelen Quaders (siehe Parameter *'bounding_box1'*) definiert wird. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'center': 3D-Koordinaten des Mittelpunkts des kleinsten umschließenden achsenparallelen Quaders der 3D Punkte (siehe Parameter *'bounding_box1'*). Es werden hier drei Werte pro 3D-Objektmodell zurückgegeben. Handelt es sich um ein 3D-Primitiv ohne 3D-Koordinaten gilt folgendes:

Wenn der Typ des 3D-Primitivs ein Zylinder ist (siehe gen_cylinder_object_model_3d) und Begrenzungen vorhanden sind, wird der Mittelpunkt zwischen den Begrenzungen zurückgegeben. Sind keine Begrenzungen vorhanden werden die Translationsparameter der Pose zurückgegeben.

Wenn der Typ des 3D-Primitivs eine Ebene ist (siehe gen_plane_object_model_3d) und Begrenzungen vorhanden sind, wird der Schwerpunkt der Ebene aus den Begrenzungen berechnet. Sind keine Begrenzungen der Ebene vorhanden werden die Translationsparameter der Pose zurückgegeben.

Wenn der Typ des 3D-Primitivs eine Kugel oder ein Quader ist (siehe gen_sphere_object_model_3d oder gen_box_object_model_3d) wird der Mittelpunkt des Objektmodells zurückgegeben.

'primitive_type': Der Type des 3D-Primitivs (typischerweise generiert vom Operator fit_primitives_object_model_3d). Der Rückgabewert einer Kugel ist *'sphere'*. Der Rückgabewert eines Zylinders ist *'cylinder'*. Der Rückgabewert einer Ebene ist *'plane'*. Der Rückgabewert eines Quaders ist *'box'*. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'primitive_parameter': Die Parameter des 3D-Primitivs (z.B. generiert vom Operator fit_primitives_object_model_3d). Je nach Typ werden vier bis zehn Werte pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

Wenn der Typ des 3D-Primitivs ein Zylinder ist (siehe gen_cylinder_object_model_3d), sind die Rückgabewerte die (x-, y-, z-) Koordinaten des Mittelpunktes [x_center, y_center, z_center], die normierten (x-, y-, z-) Richtungen der Hauptachse des Zylinders [x_axis, y_axis, z_axis] und der Zylinderradius [radius]. Die Reihenfolge ist [x_center, y_center, z_center, x_axis, y_axis, z_axis, radius].

Wenn der Typ des 3D-Primitivs eine Kugel ist (siehe gen_sphere_object_model_3d), sind die Rückgabewerte die (x-, y-, z-) Koordinaten des Mittelpunktes [x_center, y_center, z_center] und der Kugelradius [radius]. Die Reihenfolge ist [x_center, y_center, z_center, radius].

Wenn der Typ des 3D-Primitivs eine Ebene ist (siehe gen_plane_object_model_3d), sind die Rückgabewerte die 4 Parameter der Hesseschen Normalform, d.h. der (x-, y-, z-) Einheitsnormalenvektor [x, y, z] und der orthogonale Abstand (d) der Ebene vom Ursprung des Koordinatensystems. Die Reihenfolge ist [x, y, z, d]. Das Vorzeichen des Abstands (d) legt die Seite der Ebene fest, auf welcher sich der Ursprung befindet.

Wenn der Typ des 3D-Primitivs ein Quader ist (siehe gen_box_object_model_3d), sind die Rückgabewerte die 3D Pose (Verschiebung, Rotation, Rotationstyp) und die halben Kantenlängen (length1, length2, length3) des Quaders. length1 ist die Länge des Quaders entlang der x-Achse der angegebenen Pose. length2 ist die Länge des Quaders entlang der y-Achse der angegebenen Pose. length3 ist die Länge des Quaders entlang der z-Achse der angegebenen Pose. Die Reihenfolge ist [trans_x, trans_y, trans_z, rot_x, rot_y, rot_z, rot_type, length1, length2, length3]. Mehr Details zu 3D Posen und die entsprechenden Transformationsmatrizen sind im Operator create_pose zu finden.

'primitive_parameter_pose': Die Parameter des 3D-Primitivs in Form einer 3D Pose (typischerweise generiert vom Operator fit_primitives_object_model_3d). Für alle Typen von 3D-Primitiven sind die Rückgabewerte die 3D Pose (Verschiebung, Rotation, Rotationstyp). Mehr Details zu 3D Posen und die entsprechenden Transformationsmatrizen sind im Operator create_pose zu finden. Je nach Typ werden sieben bis zehn Werte pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

Wenn der Typ des 3D-Primitivs ein Zylinder ist (siehe gen_cylinder_object_model_3d), wird zusätzlich der Zylinderradius [radius] zurückgegeben. Die Reihenfolge ist [trans_x, trans_y, trans_z, rot_x, rot_y, rot_z, rot_type, radius].

Wenn der Typ des 3D-Primitivs eine Kugel ist (siehe gen_sphere_object_model_3d), wird zusätzlich der Kugelradius [radius] zurückgegeben. Die Reihenfolge ist [trans_x, trans_y, trans_z, rot_x, rot_y, rot_z, rot_type, radius].

Wenn der Typ des 3D-Primitivs eine Ebene ist (siehe gen_plane_object_model_3d), ist die Reihenfolge [trans_x, trans_y, trans_z, rot_x, rot_y, rot_z, rot_type].

Wenn der Typ des 3D-Primitivs ein Quader ist (siehe gen_box_object_model_3d), werden zusätzlich die halben Kantenlängen (length1, length2, length3) des Quaders zurückgegeben. length1 ist die Länge des Quaders entlang der x-Achse der angegebenen Pose. length2 ist die Länge des Quaders entlang der y-Achse der angegebenen Pose. length3 ist die Länge des Quaders entlang der z-Achse der angegebenen Pose. Die Reihenfolge ist [trans_x, trans_y, trans_z, rot_x, rot_y, rot_z, rot_type, length1, length2, length3].

'primitive_pose': Die Parameter des 3D-Primitivs in Form einer 3D Pose (typischerweise generiert vom Operator fit_primitives_object_model_3d). Für alle Typen von 3D-Primitiven sind die Rückgabe-

werte die 3D Pose (Verschiebung, Rotation, Rotationstyp). Mehr Details zu 3D Posen und die entsprechenden Transformationsmatrizen sind im Operator `create_pose` zu finden. Es werden sieben Werte pro 3D-Objektmodell zurückgegeben. Die Reihenfolge ist [`trans_x`, `trans_y`, `trans_z`, `rot_x`, `rot_y`, `rot_z`, `rot_type`].

'primitive_parameter_extension': Die Ausdehnung der 3D-Primitive vom Typ Zylinder und Ebene (typischerweise generiert vom Operator `fit_primitives_object_model_3d`). Die Anzahl der Attribute hängt vom Typ ab und kann mit *'num_primitive_parameter_extension'* abgefragt werden.

Wenn der Typ des 3D-Primitivs ein Zylinder ist (siehe `gen_cylinder_object_model_3d`), sind die Rückgabewerte (MinExtent, MaxExtent) die Ausdehnung des Zylinders in Richtung der Rotationsachse. Diese Werte werden in der Reihenfolge [MinExtent, MaxExtent] zurückgegeben. MinExtent gibt die Länge des Zylinders entgegen der Richtung der Rotationsachse an. MaxExtent gibt die Länge des Zylinders entlang der Richtung der Rotationsachse an.

Wenn der Typ des 3D-Primitivs eine Ebene ist (generiert mit `fit_primitives_object_model_3d`), dann ist der Rückgabewert ein Tupel von koplanaren Punkten aus der gefitteten Ebene. Die Reihenfolge ist [x-Koordinate von Punkt 1, x-Koordinate von Punkt 2, x-Koordinate von Punkt 3, ..., y-Koordinate von Punkt 1, y-Koordinate von Punkt 2, x-Koordinate von Punkt 3, ...]. Die Koordinaten beschreiben die Stützstellen einer konvexen Hülle. Diese wird aus den Projektionen derjenigen Punkte auf die gefittete Ebene gebildet, die dem Ebenenfit Rechnung tragen. Wurde die Ebene mit `gen_plane_object_model_3d` generiert, werden alle Punkte zurückgeliefert, die zum Generieren der Ebene benutzt wurden (XExtent, YExtent).

'primitive_rms': Der quadratische Restfehler des 3D-Primitivs (typischerweise generiert vom Operator `fit_primitives_object_model_3d`). Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'reference_point': 3D-Koordinaten des Referenzpunktes des vorbereiteten 3D-Formmodells für das Matching. Der Referenzpunkt ist der Mittelpunkt des kleinsten umschließenden achsenparallelen Quaders (siehe Parameter *'bounding_box1'*). Es werden hier drei Werte pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'bounding_box1': Kleinster umschließender achsenparalleler Quader in der Form (min_x, min_y, min_z, max_x, max_y, max_z). Es werden hier sechs Werte pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'num_points': Die Anzahl der Punkte. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'num_triangles': Die Anzahl der Oberflächendreiecke. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'num_polygons': Die Anzahl der Oberflächen. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'num_lines': Die Anzahl der Linienzüge. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'num_primitive_parameter_extension': Die Anzahl der erweiterten Daten von 3D-Primitiven. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'has_points': Das Vorhandensein von 3D Punkten. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'has_point_normals': Das Vorhandensein von 3D Punktnormalen. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'has_triangles': Das Vorhandensein von Oberflächendreiecken. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'has_polygons': Das Vorhandensein von Oberflächen oder Polygonen. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'has_lines': Das Vorhandensein von 3D Linienzügen. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'has_xyz_mapping': Das Vorhandensein der Zuordnung der 3D Punkte zu Bildkoordinaten. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'has_shape_based_matching_3d_data': Das Vorhandensein eines Formmodells für das formbasierte 3D-Matching. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'has_distance_computation_data': Das Vorhandensein einer vorberechneten Datenstruktur für die 3D Abstandsbestimmung. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben. Die Datenstruktur kann mit dem Operator `prepare_object_model_3d` erstellt werden. Sie wird von dem Operator `distance_object_model_3d` verwendet.

'has_surface_based_matching_data': Das Vorhandensein von Daten für das oberflächenbasierte 3D-Matching. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'has_segmentation_data': Das Vorhandensein von Daten für die 3D Segmentierung. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'has_primitive_data': Das Vorhandensein eines 3D-Primitivs. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'has_primitive_rms': Das Vorhandensein eines quadratischen Restfehlers eines 3D-Primitivs. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'neighbor_distance':

'neighbor_distance N': Für jeden Punkt der Abstand des N-ten Nachbarpunktes. N muss ein positiver Integer-Wert sein und ist standardmäßig 25. Für jeden Punkt werden die übrigen Punkte anhand ihres Abstands sortiert, und der Abstand des N-ten Punktes zurückgeliefert.

'num_neighbors X': Für jeden Punkt die Anzahl an Nachbarn mit einem Abstand von höchstens X.

'num_neighbors_fast X': Für jeden Punkt die ungefähre Anzahl an Nachbarn mit einem Abstand von höchstens X. Die Abstände werden mittels Voxeln approximiert, was üblicherweise schneller ist als die exakte Berechnung für *'num_neighbors'*.

Erweiterte Attribute

Erweiterte Attribute sind Attribute mit benutzerdefinierten Namen und Daten. Sie werden mit dem Operator `set_object_model_3d_attrib` erstellt. Zugegriffen werden kann auf die folgenden erweiterten Attribute und deren Metadaten:

'extended_attribute_names': Die Namen aller erweiterten Attribute. Es wird hier pro erweitertem Attribut ein Wert zurückgegeben.

'extended_attribute_types': Die Typen aller erweiterten Attribute. Es wird hier pro erweitertem Attribut ein Wert zurückgegeben. Dabei sind die Ausgabewerte wie die ausgegebenen Namen der erweiterten Attribute geordnet.

'has_extended_attribute': Das Vorhandensein mindestens eines erweiterten Attributs. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'num_extended_attribute': Die Anzahl der erweiterten Attribute. Es wird hier ein Wert pro 3D-Objektmodell zurückgegeben.

'&attribute_name': Die unter einem benutzerdefinierten erweiterten Attribut gespeicherten Werte. Zu beachten ist, dass der Name mit *'&'*, z.B., *'&my_attrib'* beginnen muss. Die Daten der abgefragten erweiterten Attribute werden in `GenParamValue` zurückgegeben. Die Reihenfolge ist die gleiche wie die Reihenfolge der Attributnamen, die in `GenParamName` übergeben wird.

'original_point_indices': Indizes der 3D-Punkte in einem anderen 3D-Objektmodell (Länge kann mit *'num_points'* abgefragt werden). Typischerweise wird das Attribut von `triangulate_object_model_3d` generiert.

'score': Das Qualitätsmaß der Rekonstruktion einer 3D-Punktmenge. Die Anzahl der hier zurückgegebenen Punkte kann mit *'num_points'* ermittelt werden. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator `reconstruct_surface_stereo` erstellt.

'red': Der Rotkanal einer 3D-Punktmenge. Die Anzahl der hier zurückgegebenen Punkte kann mit *'num_points'* ermittelt werden. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator `reconstruct_surface_stereo` erstellt.

'green': Der Grünkanal einer 3D-Punktmenge. Die Anzahl der hier zurückgegebenen Punkte kann mit *'num_points'* ermittelt werden. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator `reconstruct_surface_stereo` erstellt.

'blue': Der Blaukanal einer 3D-Punktmenge. Die Anzahl der hier zurückgegebenen Punkte kann mit *'num_points'* ermittelt werden. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator `reconstruct_surface_stereo` erstellt.

'edge_dir_x': Die x-Komponente eines Vektors, der senkrecht zur der Kantenrichtung und zur Blickrichtung steht. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator `edges_object_model_3d` erstellt.

'edge_dir_y': Die y-Komponente eines Vektors, der senkrecht zur der Kantenrichtung und zur Blickrichtung steht. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator `edges_object_model_3d` erstellt.

'edge_dir_z': Die z-Komponente eines Vektors, der senkrecht zur der Kantenrichtung und zur Blickrichtung steht. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator `edges_object_model_3d` erstellt.

'edge_amplitude': Enthält die Amplitude der Kantenpunkte. Dieses Attribut wird typischerweise mit dem Operator `edges_object_model_3d` erstellt.

Parameter

▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle der 3D-Objektmodelle.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der generischen Attribute, die für die 3D-Objektmodelle abgefragt werden soll.
Default: 'num_points'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'point_coord_x', 'point_coord_y', 'point_coord_z', 'point_normal_x', 'point_normal_y', 'point_normal_z', 'mapping_row', 'mapping_col', 'mapping_size', 'triangles', 'polygons', 'lines', 'diameter_axis_aligned_bounding_box', 'center', 'primitive_type', 'primitive_rms', 'primitive_parameter', 'primitive_parameter_pose', 'primitive_pose', 'primitive_parameter_extension', 'reference_point', 'bounding_box1', 'num_points', 'num_triangles', 'num_polygons', 'num_lines', 'num_primitive_parameter_extension', 'has_points', 'has_point_normals', 'has_triangles', 'has_polygons', 'has_lines', 'has_xyz_mapping', 'has_shape_based_matching_3d_data', 'has_surface_based_matching_data', 'has_segmentation_data', 'has_primitive_data', 'has_primitive_rms', 'extended_attribute_names', 'extended_attribute_types', 'has_extended_attribute', 'num_extended_attribute', 'has_distance_computation_data', 'red', 'green', 'blue', 'score', 'neighbor_distance', 'num_neighbors', 'num_neighbors_fast', 'original_point_indices', 'edge_amplitude', 'edge_dir_x', 'edge_dir_y', 'edge_dir_z'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte des generischen Parameters.

Ergebnis

`get_object_model_3d_params` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `xyz_to_object_model_3d`, `prepare_object_model_3d`, `sample_object_model_3d`, `triangulate_object_model_3d`, `intersect_plane_object_model_3d`, `set_object_model_3d_attrib`, `fit_primitives_object_model_3d`, `gen_plane_object_model_3d`, `gen_sphere_object_model_3d`, `gen_cylinder_object_model_3d`, `gen_box_object_model_3d`, `gen_sphere_object_model_3d_center`

Nachfolger

`select_object_model_3d`, `write_object_model_3d`, `clear_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

max_diameter_object_model_3d (: : ObjectModel3D : Diameter)

Berechnen des maximalen Durchmessers eines 3D-Objektmodells.

`max_diameter_object_model_3d` berechnet den maximalen Durchmesser eines 3D-Objektmodells und gibt ihn in `Diameter` zurück. Der maximale Durchmesser ist gleich dem maximalen Abstand zweier Punkte auf der konvexen Hülle des 3D-Objektmodells.

Parameter

▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells.

▷ **Diameter** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Der berechnete Durchmesser.
Parameteranzahl: Diameter == ObjectModel3D

Beispiel

```
gen_object_model_3d_from_points (rand(200), rand(200),\
                                 rand(200), ObjectModel3D)
max_diameter_object_model_3d (ObjectModel3D, Diameter)
```

Ergebnis

`max_diameter_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `connection_object_model_3d`

Nachfolger

`select_object_model_3d`

Siehe auch

`volume_object_model_3d_relative_to_plane`, `area_object_model_3d`, `moments_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

moments_object_model_3d (: : ObjectModel3D, MomentsToCalculate : Moments)

Berechnen des Mittelwerts oder des zentralen Moments zweiter Ordnung für ein 3D-Objektmodell.

`moments_object_model_3d` berechnet die Zentralmomente erster und zweiter Ordnung. Im Parameter `MomentsToCalculate` kann *'mean_points'* ausgewählt werden, um den Mittelwert der Punktkoordinaten zu ermitteln. Es kann *'central_moment_2_points'* angegeben werden, um das zentrale Moment zweiter Ordnung zu berechnen. In diesem Fall enthalten die Rückgabewerte in `Moments` die Varianzen entlang der x-, y-, z-, x-y-, x-z- und y-z-Achsen. Die drei Hauptachsen der zum 3D-Objektmodell gehörenden Punktwolke können mit *'principal_axes'* berechnet werden. Das Ergebnis wird als Pose zurückgegeben, die ihren Ursprung im Mittelwert der Punktkoordinaten hat. Das der Pose entsprechende Koordinatensystem hat die x-Achse entlang der ersten Hauptachse, die y-Achse entlang der zweiten Hauptachse und die z-Achse entlang der dritten Hauptachse ausgerichtet.

Parameter

▷ **ObjectModel3D** (input_control) ..... object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells.

▷ **MomentsToCalculate** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *string*
Das Moment, das berechnet werden soll.
Default: 'mean_points'
Werteliste: `MomentsToCalculate` ∈ {'mean_points', 'central_moment_2_points', 'principal_axes'}

▷ **Moments** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
Das berechnete Moment.
Parameteranzahl: Moments == ObjectModel3D

Beispiel

```
gen_object_model_3d_from_points (rand(200), rand(200),\
                                 rand(200), ObjectModel3D)
moments_object_model_3d (ObjectModel3D, ['mean_points',\
                         'central_moment_2_points','principal_axes'], \
                         Moments)
```

Ergebnis

`moments_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `connection_object_model_3d`

Nachfolger

`project_object_model_3d`, `object_model_3d_to_xyz`, `select_object_model_3d`

Siehe auch

`volume_object_model_3d_relative_to_plane`

Modul

3D Metrology

select_object_model_3d (: : ObjectModel3D, Feature, Operation, MinValue, MaxValue : ObjectModel3DSelected)

Auswählen von 3D-Objektmodellen anhand von globalen Merkmalen.

`select_object_model_3d` wählt anhand von globalen Merkmalen 3D-Objektmodelle aus. Es gibt folgende Merkmale, die in `Feature` angegeben werden können:

'mean_points_x': Der Mittelwert der x-Komponente der Punkte im 3D-Objektmodell.

'mean_points_y': Der Mittelwert der y-Komponente der Punkte im 3D-Objektmodell.

'mean_points_z': Der Mittelwert der z-Komponente der Punkte im 3D-Objektmodell.

'diameter': Der maximale Durchmesser des 3D-Objektmodells.

'volume': Das Volumen des vermaschten 3D-Objektmodells über der x-y Ebene im Koordinatenursprung (entspricht der Standardparametrisierung von `volume_object_model_3d_relative_to_plane` mit der Pose [0,0,0,0,0,0,0]. Die Ebene kann nicht verändert werden.

'volume_axis_aligned_bounding_box': Das Volumen des umschließenden achsenparallelen Quaders des 3D-Objektmodells.

'area': Die Fläche der Vermaschung des 3D-Objektmodells.

'diameter_axis_aligned_bounding_box': Der Durchmesser der 3D Punktmenge, der durch die Länge der Diagonale des kleinsten umschließenden achsenparallelen Quaders bestimmt ist.

'diameter_bounding_box': Der Durchmesser der 3D Punktmenge, der durch die Länge der Diagonale des kleinsten umschließenden Quaders beliebiger Orientierung bestimmt ist. Die Berechnung dieses Merkmals hat eine hohe Berechnungskomplexität.

'diameter_object': Der Durchmesser der 3D Punktmenge, der durch den maximalen Abstand zweier Punkte bestimmt ist.

'central_moment_2_x': Die x-Komponente des Zentralmoments zweiter Ordnung der Punkte im 3D-Objektmodell.

'central_moment_2_y': Die y-Komponente des Zentralmoments zweiter Ordnung der Punkte im 3D-Objektmodell.

'central_moment_2_z': Die z-Komponente des Zentralmoments zweiter Ordnung der Punkte im 3D-Objektmodell.

'central_moment_2_xy': Die xy-Komponente des Zentralmoments zweiter Ordnung der Punkte im 3D-Objektmodell.

'central_moment_2_xz': Die xz-Komponente des Zentralmoments zweiter Ordnung der Punkte im 3D-Objektmodell.

'central_moment_2_yz': Die yz-Komponente des Zentralmoments zweiter Ordnung der Punkte im 3D-Objektmodell.

'num_points': Die Anzahl der Punkte.

'num_triangles': Die Anzahl der Oberflächendreiecke.

'num_faces': Die Anzahl der Oberflächen.

'num_lines': Die Anzahl der Linienzüge.

'has_points': Das Vorhandensein von 3D Punkten.

'has_point_normals': Das Vorhandensein von 3D Punktnormalen.

'has_triangles': Das Vorhandensein von Oberflächendreiecken.

'has_faces': Das Vorhandensein von Oberflächen oder Polygonen.

'has_lines': Das Vorhandensein von 3D Linienzügen.

'has_xyz_mapping': Das Vorhandensein der Zuordnung der 3D Punkte zu Bildkoordinaten.

'has_shape_based_matching_3d_data': Das Vorhandensein eines Formmodells für das formbasierte 3D-Matching.

'has_surface_based_matching_data': Das Vorhandensein von Daten für das oberflächenbasierte 3D-Matching.

'has_segmentation_data': Das Vorhandensein von Daten für die 3D Segmentierung.

'has_primitive_data': Das Vorhandensein eines 3D-Primitivs.

Für alle Merkmale, die in `Feature` angegeben werden, muss ein minimaler und ein maximaler Wert in `MinValue` und `MaxValue` angegeben werden. Mit diesen Werten werden jene 3D-Objektmodelle ausgewählt und kopiert, die alle gegebenen Bedingungen erfüllen. Für `MinValue` und `MaxValue` kann jeweils *'min'* und *'max'* gesetzt werden um die jeweilige Grenze zu ignorieren.

In `Operation` kann eine logische Operation angegeben werden, um Merkmale zu verknüpfen. Die unterstützten Operationen sind *'or'* und *'and'*.

Parameter

▷ **`ObjectModel3D`** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle der 3D-Objektmodelle.

▷ **`Feature`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Liste der Merkmale für die Selektion.
Default: 'has_triangles'
Werteliste: `Feature` ∈ {'mean_points_x', 'mean_points_y', 'mean_points_z', 'volume', 'volume_axis_aligned_bounding_box', 'central_moment_2_x', 'central_moment_2_y', 'central_moment_2_z', 'central_moment_2_xy', 'central_moment_2_xz', 'central_moment_2_yz', 'diameter_axis_aligned_bounding_box', 'diameter_bounding_box', 'diameter_object', 'area', 'has_points', 'has_triangles', 'has_faces', 'has_lines', 'has_xyz_mapping', 'has_point_normals', 'has_shape_based_matching_3d_data', 'has_surface_based_matching_data', 'has_segmentation_data', 'has_primitive_data', 'num_points', 'num_triangles', 'num_faces', 'num_lines'}

▷ **`Operation`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Logischer Operator, um die Merkmale in `Feature` zu kombinieren.
Default: 'and'
Werteliste: `Operation` ∈ {'and', 'or'}

▷ **`MinValue`** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer / string
Minimaler Wert für das entsprechende Merkmal.
Default: 1
Wertevorschläge: `MinValue` ∈ {0, 1, 100, 0.1, 'true', 'false', 'min'}

▷ **`MaxValue`** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer / string
Maximaler Wert für das entsprechende Merkmal.
Default: 1
Wertevorschläge: `MaxValue` ∈ {0, 1, 10, 100, 0.1, 'true', 'false', 'max'}

▷ **`ObjectModel3DSelected`** (output_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle der 3D-Objektmodelle, die alle gegebenen Bedingungen erfüllen.

Beispiel

```
gen_object_model_3d_from_points (rand(20)-1.0, rand(20)-1.0,\
                                 rand(20)-1.0, ObjectModel3D1)
gen_object_model_3d_from_points (rand(20), rand(20),\
                                 rand(20), ObjectModel3D2)
select_object_model_3d ([ObjectModel3D1, ObjectModel3D2],\
                        'mean_points_x', 'and', 0, 1, ObjectModel3DSelected)
```

Ergebnis

`select_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `select_points_object_model_3d`, `connection_object_model_3d`, `get_object_model_3d_params`, `volume_object_model_3d_relative_to_plane`, `area_object_model_3d`, `max_diameter_object_model_3d`, `moments_object_model_3d`

Nachfolger

`project_object_model_3d`, `object_model_3d_to_xyz`

Siehe auch

`volume_object_model_3d_relative_to_plane`, `area_object_model_3d`, `max_diameter_object_model_3d`, `moments_object_model_3d`, `get_object_model_3d_params`

Modul

3D Metrology

smallest_bounding_box_object_model_3d (: : ObjectModel3D, Type : Pose, Length1, Length2, Length3)

Berechnen des kleinsten umschließenden Quaders eines 3D-Objektmodells.

`smallest_bounding_box_object_model_3d` berechnet aus einem 3D-Objektmodell den kleinsten umschließenden Quader. Das Ergebnis wird mit einer Pose und drei Längen beschrieben. Der Quader wird über ein Koordinatensystem im Raum bestimmt (`Pose`), das seine x-Achse entlang der längsten Seite des Quaders hat, die y-Achse entlang der zweitlängsten Seite und die z-Achse entlang der drittlängsten Seite. Die Längen werden in den jeweiligen Parametern `Length1`, `Length2` und `Length3` zurückgegeben. Es gibt zwei verschiedene Berechnungsarten für den kleinsten umschließenden Quader:

'oriented': Sucht nach einer Annäherung des kleinsten orientierten umschließenden Quader. Die Berechnung ist vergleichsweise aufwendig. Das entsprechende Verfahren ist randomisiert und kann daher bei jedem Aufruf eine anderen orientierte umschließenden Quader zurückliefern.

'axis_aligned': Bildet aus den maximalen Ausdehnungen des 3D-Objektmodells entlang der Koordinatenachsen einen umschließenden Quader.

Um nur die Ecken des Quaders im Falle *'axis_aligned'* zu erhalten, kann alternativ der Operator `get_object_model_3d_params` mit dem Parameter *'bounding_box1'* verwendet werden.

Parameter

- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle der 3D-Objektmodelle, das 3D-Punkte enthält.
- ▷ **Type** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Methode zur Berechnung des Quaders.
  Default: 'oriented'
  Werteliste: `Type` ∈ {'oriented', 'axis_aligned'}
- ▷ **Pose** (output_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
  Die errechnete Lage des Zentrums des Quaders im Raum.
- ▷ **Length1** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Die Länge der längsten Seite des Quaders entlang der x-Achse der errechneten Pose.
  Parameteranzahl: Length1 == ObjectModel3D
- ▷ **Length2** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Die Länge der zweitlängsten Seite des Quaders entlang der y-Achse der errechneten Pose.
  Parameteranzahl: Length2 == ObjectModel3D
- ▷ **Length3** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Die Länge der drittlängsten Seite des Quaders entlang der z-Achse der errechneten Pose.
  Parameteranzahl: Length3 == ObjectModel3D

Beispiel

```
gen_object_model_3d_from_points (rand(20), rand(20), rand(20), \
                                 ObjectModel3D)
smallest_bounding_box_object_model_3d (ObjectModel3D, 'oriented', \
                                       Pose, Length1, Length2, Length3)
gen_box_object_model_3d (Pose, Length1, Length2, Length3, ObjectModel3D1)
dev_get_window (WindowHandle)
visualize_object_model_3d (WindowHandle, [ObjectModel3D,ObjectModel3D1], \
                           [], [], ['alpha_1'], [0.5], [], [], [], PoseOut)
```

Ergebnis

`smallest_bounding_box_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`connection_object_model_3d`, `simplify_object_model_3d`

Nachfolger

`gen_box_object_model_3d`

Siehe auch

`smallest_sphere_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

smallest_sphere_object_model_3d (: : ObjectModel3D : CenterPoint, Radius)

Berechnen der kleinsten umschließenden Kugel eines 3D-Objektmodells.

`smallest_sphere_object_model_3d` berechnet über die 3D-Punkte in einem 3D-Objektmodell die kleinste umschließende Kugel. Die Parameter der Kugel werden in den Parametern `CenterPoint` und `Radius` zurückgegeben.

Parameter

▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells, das 3D-Punkte enthält.

▷ **CenterPoint** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Das Zentrum der Kugel.
Parameteranzahl: CenterPoint == 3 * ObjectModel3D

▷ **Radius** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Der Radius der Kugel.
Parameteranzahl: Radius == ObjectModel3D

Beispiel

```
gen_object_model_3d_from_points (rand(20), rand(20), rand(20),\
                                 ObjectModel3D)
smallest_sphere_object_model_3d(ObjectModel3D, CenterPoint, Radius)
gen_sphere_object_model_3d_center (CenterPoint[0], CenterPoint[1], \
                                   CenterPoint[2], Radius, ObjectModel3D1)
dev_get_window (WindowHandle)
visualize_object_model_3d (WindowHandle, [ObjectModel3D,ObjectModel3D1], \
                           [], [], ['alpha_1'], [0.5], [], [], [], PoseOut)
```

Ergebnis

`smallest_sphere_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`connection_object_model_3d`

Nachfolger

`gen_sphere_object_model_3d`

Siehe auch

`smallest_bounding_box_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

volume_object_model_3d_relative_to_plane (: : ObjectModel3D, Plane, Mode, UseFaceOrientation : Volume)

Berechnen des Volumens eines 3D-Objektmodells.

`volume_object_model_3d_relative_to_plane` berechnet das Volumen unter den Flächen eines 3D-Objektmodells relativ zu einer Ebene im Raum. Die Ebene wird durch die x-y-Ebene der Pose in `Plane` definiert.

Für das 3D-Objektmodell `ObjectModel3D` muss eine Triangulierung oder eine Polygonliste vorhanden sein. Falls das 3D-Objektmodell eine wasserdichte und geordnete Vermaschung besitzt, berechnet der Operator mit den Standardeinstellungen das tatsächliche Volumen. Um Fälle zu behandeln, wo das Netz nicht wasserdicht oder die Vermaschung nicht konsistent ist, kann die Berechnung des Volumens mit den Parametern `Mode` und `UseFaceOrientation` beeinflusst werden.

Wie das Volumen berechnet wird:

Zuerst berechnet der Operator das Volumen der Prismen, die sich aus der Projektion der einzelnen Flächen auf die Ebene ergeben.

Die einzelnen Volumen der Prismen können positiv oder negativ sein, abhängig von der Orientierung (hin zur oder weg von der Ebene) oder der Lage (oberhalb oder unterhalb) der Fläche. Das kann mit dem Parameter `UseFaceOrientation` eingestellt werden.

Danach werden die Volumen der Prismen abhängig vom Parameter `Mode` aufsummiert.

Das in `Volume` zurückgegebene Volumen ist der Absolutbetrag der berechneten Summe.

Einstellen der Parameter:

`Mode` kann folgende Werte annehmen:

'signed' (Default) Die Volumen oberhalb und unterhalb der Ebene werden addiert.

'unsigned' Das Volumen unterhalb der Ebene wird vom Volumen oberhalb der Ebene abgezogen.

'positive' Nur Flächen oberhalb der Ebene werden berücksichtigt.

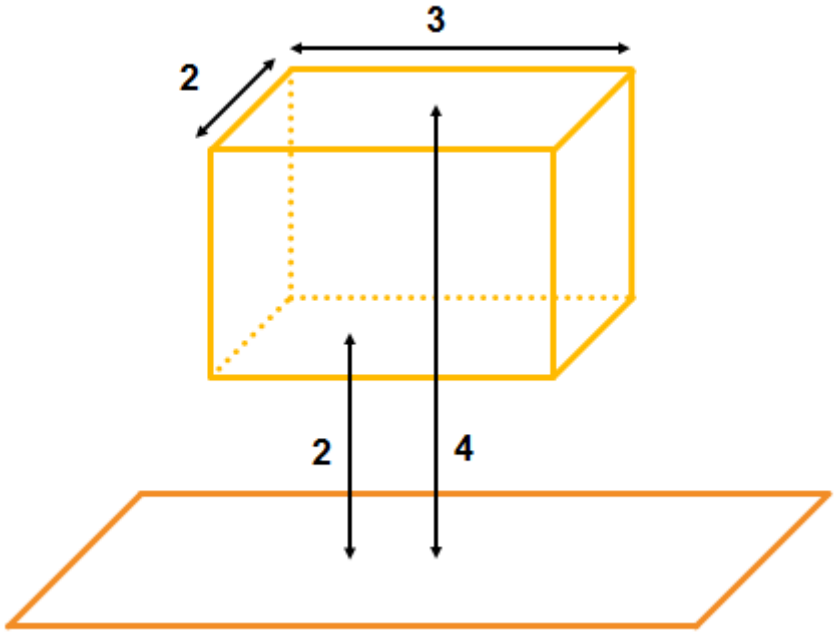
'negative' Nur Flächen unterhalb der Ebene werden berücksichtigt.

`UseFaceOrientation` kann folgende Werte annehmen:

'true' (Default) Verwendet die Orientierung der Fläche relativ zur Ebene. Eine Fläche zeigt weg von der Ebene, falls die Eckpunkte von der Ebene aus betrachtet im Uhrzeigersinn angeordnet sind. Das Volumen eines Prismas ist **positiv**, wenn die Orientierung der Fläche **weg von der Ebene** zeigt. Das Volumen eines Prismas ist **negativ**, wenn die Orientierung der Fläche **hin zu der Ebene** zeigt.

'false' Das Volumen eines Prismas is **positiv**, wenn die Fläche **oberhalb** der Ebene liegt. Das Volumen eines Prismas is **negativ**, wenn die Fläche **unterhalb** der Ebene liegt.

Zum Beispiel wird mit der Standardeinstellung (`Mode`: *'signed'*, `UseFaceOrientation`: *'true'*) das Volumen eine geschlossenen Objektes berechnet. In diesem Fall wird die Ebene `Plane` zwar benötigt, hat aber keinen Einfluss auf das berechnete Endergebnis.



Beispiel: (A) `Mode`: *'signed'*, `UseFaceOrientation`: *'true'*: $V = (2 * 3 * 4) + (-2 * 3 * 2) = 24 - 12 = 12$
(B) `Mode`: *'signed'*, `UseFaceOrientation`: *'false'*: $V = (2 * 3 * 4) + (2 * 3 * 2) = 24 + 12 = 36$ (C)
`Mode`: *'negative'*: $V = 0$

Achtung

Ist die Entfernung zwischen der Ebene und dem Objekt sehr groß (ca. 10000 mal größer als der Durchmesser), kann die Berechnung des Volumens numerisch instabil werden.

Parameter

- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle eines 3D-Objektmodells.
- ▷ **Plane** (input_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
  Pose der Ebene.
  Default: [0,0,0,0,0,0,0]
- ▷ **Mode** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Methode, mit der Volumina ober- und unterhalb der Referenzebene kombiniert werden.
  Default: 'signed'
  Werteliste: `Mode` ∈ {'positive', 'negative', 'unsigned', 'signed'}
- ▷ **UseFaceOrientation** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Legt fest, ob die Orientierung der Dreiecke Einfluss auf das resultierende Vorzeichen des darunter liegenden Volumens haben soll.
  Default: 'true'
  Werteliste: `UseFaceOrientation` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **Volume** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Absolutbetrag des berechneten Volumens.
  Parameteranzahl: Volume == ObjectModel3D

Beispiel

```
gen_box_object_model_3d ([0,0,0,0,0,0,0],3,2,1, ObjectModel3D)
convex_hull_object_model_3d (ObjectModel3D, ObjectModel3DConvexHull)
volume_object_model_3d_relative_to_plane (ObjectModel3DConvexHull,\
                                          [0,0,0,0,0,0,0], 'signed',\
                                          'true', Volume)
```

Ergebnis

`volume_object_model_3d_relative_to_plane` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `xyz_to_object_model_3d`, `select_points_object_model_3d`

Nachfolger

`project_object_model_3d`, `object_model_3d_to_xyz`, `select_object_model_3d`

Siehe auch

`area_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

4.3 Segmentation

fit_primitives_object_model_3d (: : ObjectModel3D, GenParamName, GenParamValue : ObjectModel3DOut)

Anpassen von 3D Primitiven an 3D Punkte.

Der Operator `fit_primitives_object_model_3d` passt ein 3D Primitiv an eine Menge von 3D Punkten an. Die 3D Punkte sind durch ein 3D-Objektmodellhandle `ObjectModel3D` gegeben. Die 3D Formen, die als 3D Primitive zur Verfügung stehen, umfassen eine Ebene, eine Kugel und einen Zylinder. Eine Segmentierung der

Eingabepunkte erfolgt nicht, d.h., es muss sichergestellt sein, dass die 3D Punktmenge bereits einem 3D Primitiv entspricht. Eine Segmentierung kann z.B. mit dem Operator segment_object_model_3d durchgeführt werden.

Das Ergebnis von fit_primitives_object_model_3d ist ein Handle ObjectModel3DOut für das 3D-Objektmodell, welches u.a. die Parameter des angepassten Primitivs enthält. Die Information, die im 3D-Objektmodell gespeichert ist, kann mit dem Operator get_object_model_3d_params abgerufen werden. Für Primitive vom Typ Ebene und Zylinder wird auch deren Ausdehnung bestimmt. Auch diese Werte können mit get_object_model_3d_params ermittelt werden.

Die Parameter des Zylinder sind die (x-, y-, z-) Koordinaten des Mittelpunktes, die normierten (x-, y-, z-) Richtungen der Hauptachse des Zylinders und der Zylinderradius. Der Mittelpunkt liegt nicht notwendigerweise im Schwerpunkt des Zylinders (siehe hierzu auch die Erläuterung der Parameter MinExtent und MaxExtent des Operators gen_cylinder_object_model_3d). Das Vorzeichen der Hauptachse ist so gewählt, dass die Hauptachse in den Halbraum zeigt, der den Ursprung beinhaltet. Die Parameter der Kugel sind die (x-, y-, z-) Koordinaten des Mittelpunktes und der Kugelradius. Die Parameter der Ebene sind die 4 Parameter der Hesseschen Normalform, d.h. der (x-, y-, z-) Einheitsnormalenvektor und der orthogonale Abstand der Ebene vom Ursprung des Koordinatensystems. Das Vorzeichen in der Hesseschen Normalform ist so gewählt, dass der Normalenvektor in den Halbraum zeigt, der den Ursprung beinhaltet, und der Abstand nicht positiv ist.

Kann kein 3D Primitiv an die 3D Punktmenge angepasst werden, enthält das zurückgegebene 3D-Objektmodell kein Primitiv. Abhängig von den gewählten Parameterwerten für *'output_point_coord'* und *'output_xyz_mapping'* (siehe unten) ist das zurückgelieferte Objektmodell entweder leer oder enthält die 3D Punkte oder enthält die 3D Punkte zusammen mit der Zuordnung der 3D Punkte zu Bildkoordinaten des Eingabe-Objektmodells ObjectModel3D.

Um das Fitting zu steuern, können in GenParamName und GenParamValue generische Parameter angepasst werden. In den meisten Fällen reichen die Standardwerte aus, so dass keine Anpassung nötig ist. Die folgenden generischen Parameter und die dazugehörigen Werte sind verfügbar:

'primitive_type': Der Parameter legt fest, welches 3D Primitiv an die 3D Punktmenge angepasst werden soll. Ein bestimmtes 3D Primitiv wird ausgewählt, indem *'primitive_type'* auf *'cylinder'* (Zylinder), *'sphere'* (Kugel) oder *'plane'* (Ebene) gesetzt wird. Soll aus mehreren 3D Primitiven das am besten passende 3D Primitiv, d.h., das 3D Primitiv mit dem kleinsten quadratischen Restfehler, gewählt werden, können die gewählten Primitivtypen gemeinsam in einem Tupel gesetzt werden. Soll aus allen 3D Primitiven das am besten passende 3D Primitiv gewählt werden, kann *'primitive_type'* auf *'all'* gesetzt werden.

Werteliste: *'cylinder'*, *'sphere'*, *'plane'*, *'all'*

Default: *'cylinder'*

'fitting_algorithm': Der Parameter legt den benutzten Algorithmus für das Fitting fest. Für Ebenen ist das Ergebnis des Fittings für die verschiedenen Algorithmen identisch. Ist *'fitting_algorithm'* auf *'least_squares'* gesetzt, werden die quadratischen Distanzen zwischen den Punkten und dem resultierenden Primitiv minimiert. Ist *'fitting_algorithm'* auf *'least_squares_huber'* gesetzt, ist der Ansatz ähnlich zu dem mit *'least_squares'* nur dass zusätzlich eine Gewichtung der Punkte vorgenommen wird, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Huber gedämpft werden (siehe unten). Ist *'fitting_algorithm'* auf *'least_squares_tukey'* gesetzt, ist der Ansatz ähnlich zu dem mit *'least_squares'* nur dass zusätzlich eine Gewichtung der Punkte vorgenommen wird und Ausreißer nach dem Ansatz von Tukey ignoriert werden (siehe unten).

Für *'least_squares_huber'* und *'least_squares_tukey'* wird eine robuste Fehlerstatistik verwendet, um die Standardabweichung der Abstände der Objektpunkte (ohne Ausreißer) von dem approximierenden 3D Primitiv zu ermitteln. Ausreißer werden nach dem Ansatz von Tukey komplett eliminiert, während bei dem Verfahren nach Huber diese noch gering, d.h. linear, gewichtet werden. In der Praxis ist der Ansatz nach Tukey zu empfehlen.

Werteliste: *'least_squares'*, *'least_squares_huber'*, *'least_squares_tukey'*

Default: *'least_squares'*

'min_radius': Der Parameter legt den minimalen Radius des Zylinders oder der Kugel in Metern fest. Falls ein Zylinder oder eine Kugel mit einem kleineren Radius angepasst wird, wird ein leeres 3D-Objektmodell zurückgegeben. Falls eine Ebene angepasst wird, wird dieser Parameter ignoriert.

Wertevorschläge: *0.01*, *0.02*, *0.1*

Default: *0.01*

'max_radius': Der Parameter legt den maximalen Radius des Zylinders oder der Kugel in Metern fest. Falls ein Zylinder oder eine Kugel mit einem größeren Radius angepasst wird, wird ein leeres 3D-Objektmodell zurückgegeben. Falls eine Ebene angepasst wird, wird dieser Parameter ignoriert.

Wertevorschläge: *0.02*, *0.04*, *0.2*

Default: *0.2*

'output_point_coord': Der Parameter legt fest, ob die für das Fitting genutzten 3D Punkte in das 3D-Ausgabeobjektmodell kopiert werden sollen. Wird *'copy_point_coord'* auf *'true'* gesetzt, werden die 3D Punkte kopiert. Wird *'copy_point_coord'* auf *'false'* gesetzt, werden keine 3D Punkte kopiert.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: *'true'*

'output_xyz_mapping': Der Parameter legt fest, ob eine eventuell vorhandene Zuordnung der 3D Punkte zu Bildkoordinaten in das 3D-Ausgabeobjektmodell kopiert werden soll. Diese Information ist sinnvoll, wenn danach z.B. der Operator `object_model_3d_to_xyz` verwendet werden soll (z.B. für die Visualisierung). Ist *'output_xyz_mapping'* auf *'true'* gesetzt, wird die Zuordnung der 3D Punkte zu den Bildkoordinaten kopiert. Es ist zu beachten, dass der Parameter nur dann gültig ist, wenn eine Zuordnung der 3D Punkte zu den Bildkoordinaten im 3D-Eingabeobjektmodell enthalten ist. Wenn das 3D-Eingabeobjektmodell von einem anderen 3D-Objektmodell, welches die Zuordnung der 3D Punkte zu den Bildkoordinaten enthält, durch Kopieren mit `copy_object_model_3d` abgeleitet wird, ist bereits beim Kopieren mit `copy_object_model_3d` darauf zu achten, dass die Zuordnung ebenfalls kopiert wird. Weiterhin ist der Parameter nur gültig, wenn auch die 3D Punkte in das 3D-Ausgabeobjektmodell kopiert werden, d.h., wenn *'output_point_coord'* auf *'true'* gesetzt ist. Ist *'output_xyz_mapping'* auf *'false'* gesetzt, wird die Zuordnung der 3D Punkte zu den Bildkoordinaten nicht kopiert.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: *'false'*

Die notwendige minimale Anzahl an 3D Punkten zum Anpassen einer Ebene ist drei. Die notwendige minimale Anzahl an 3D Punkten zum Anpassen einer Kugel ist vier. Die notwendige minimale Anzahl an 3D Punkten zum Anpassen eines Zylinders ist fünf.

Parameter

▷ **`ObjectModel3D`** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des 3D-Eingabeobjektmodells.

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Parameteranzahl: GenParamName == GenParamValue
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'primitive_type', 'fitting_algorithm', 'min_radius', 'max_radius', 'output_point_coord', 'output_xyz_mapping'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string* / real / integer
Wert des generischen Parameters.
Parameteranzahl: GenParamValue == GenParamName
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'cylinder', 'sphere', 'plane', 'all', 'least_squares', 'least_squares_huber', 'least_squares_tukey', 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 'true', 'false'}

▷ **`ObjectModel3DOut`** (output_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des 3D-Ausgabeobjektmodells.

Ergebnis

`fit_primitives_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`xyz_to_object_model_3d`, `read_object_model_3d`

Nachfolger

`get_object_model_3d_params`, `object_model_3d_to_xyz`, `write_object_model_3d`, `clear_object_model_3d`

Alternativen

segment_object_model_3d

Modul

3D Metrology

reduce_object_model_3d_by_view (Region : : ObjectModel3D, CamParam, Pose : ObjectModel3DReduced)

Reduzieren eines 3D-Objektmodells auf die Punkte, deren Projektion innerhalb einer Region liegt.

reduce_object_model_3d_by_view projiziert die Punkte des in ObjectModel3D übergebenen 3D-Objektmodells in eine Bildebene, die durch CamParam und Pose gegeben ist, und reduziert das 3D-Objektmodell auf die Punkte innerhalb der Region, die durch Region gegeben ist. Die Punkte im 3D-Objektmodell werden zuerst mit der Pose transformiert und anschließend mit den Kameraparametern projiziert.

Alle Punkte, die außerhalb der Region liegen werden entfernt. Alle Dreiecke und Polygone, deren Ecken teilweise außerhalb der Region sind, werden ebenfalls entfernt.

Alternativ zu Kameraparametern und einer Pose kann auch ein in ObjectModel3D enthaltenes XYZ-Mapping verwendet werden. Dafür muss CamParam auf *'xyz_mapping'* oder ein leeres Tupel gesetzt werden und als Pose ein leeres Tupel übergeben werden. In diesem Fall werden die ursprünglichen Bildpositionen der 3D-Punkte verwendet und darauf geprüft, ob sie innerhalb der Region liegen.

Achtung

Kameras mit hyperzentrischen Objektiven werden nicht unterstützt.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Region zur Selektion von Teilen des 3D-Objektmodells.
- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) ..... object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Objektmodells.
- ▷ **CamParam** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Kameraparameter.
  Wertevorschläge: CamParam ∈ {'xyz_mapping', []}
- ▷ **Pose** (input_control) ..... pose(-array) ⇝ *real* / integer
  3D Posen der Objekte im Kamerakoordinatensystem.
  Parameteranzahl: Pose == 7
- ▷ **ObjectModel3DReduced** (output_control) ..... object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle des reduzierten 3D-Objektmodells.

Beispiel

```
gen_object_model_3d_from_points (200*(rand(100)-0.5), \
                                 200*(rand(100)-0.5), \
                                 200*(rand(100)-0.5), ObjectModel3D)
gen_circle (Circle, 240, 320, 60)
CamParam := ['area_scan_telecentric_division',1,0,1,1,320,240,640,480]
Pose := [0,0,1,0,0,0,0]
reduce_object_model_3d_by_view (Circle, ObjectModel3D, CamParam, \
                                Pose, ObjectModel3DReduced)
dev_get_window (WindowHandle)
visualize_object_model_3d (WindowHandle, [ObjectModel3D, \
                           ObjectModel3DReduced], CamParam, Pose, \
                           ['color_0', 'point_size_1'], ['blue',6], \
                           [], [], [], PoseOut)
```

Ergebnis

reduce_object_model_3d_by_view liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `xyz_to_object_model_3d`

Nachfolger

`project_object_model_3d`, `object_model_3d_to_xyz`

Siehe auch

`select_points_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

segment_object_model_3d (: : ObjectModel3D, GenParamName, GenParamValue : ObjectModel3DOut)

Segmentieren von 3D Punkten mit ähnlichen Eigenschaften.

Der Operator `segment_object_model_3d` segmentiert eine Menge von 3D Punkten in Teilmengen von benachbarten 3D Punkten mit ähnlichen Eigenschaften, z.B. einer gleichen Normalenrichtung oder Krümmung. Standardmäßig wird anschließend versucht, an die segmentierten Punktteilmengen 3D Primitive, d.h. einfache 3D Formen wie Ebenen, Kugeln oder Zylinder, anzupassen. Die ursprüngliche Punktmenge ist durch ein 3D-Objektmodell mit dem Handle `ObjectModel3D` gegeben. Der Operator gibt ein oder mehrere Handles von 3D-Objektmodellen (`ObjectModel3DOut`) zurück, welche jeweils die 3D Punkte der segmentierten Teilmengen sowie weitere Informationen, z.B. die Parameter der angepassten 3D Primitive, enthalten. Die enthaltene Information kann mit dem Operator `get_object_model_3d_params` abgerufen werden.

Vor der Segmentierung sollte das 3D-Eingabeobjekt mit dem Operator `prepare_object_model_3d` für die Segmentierung vorbereitet werden. Ist das 3D-Eingabeobjektmodell nicht vorbereitet, wird der Operator intern in `segment_object_model_3d` aufgerufen, um das 3D-Eingabeobjektmodell um Attribute zu erweitern, die vorher nur implizit im Model vorhanden waren.

Um die Segmentierung und das Fitting zu steuern, können in `GenParamName` und `GenParamValue` generische Parameter angepasst werden. In den meisten Fällen reichen die Standardwerte aus, so dass keine Anpassung nötig ist. Die folgenden generischen Parameter und die dazugehörigen Werte sind verfügbar:

'max_orientation_diff': Der Parameter legt fest, bis zu welchem maximalen Wert sich die Winkel zwischen den Punktnormalen zweier benachbarter 3D Punkte unterscheiden dürfen, damit diese in die gleiche Punktteilmenge eingeordnet werden. Für einen Zylinder oder eine Kugel hängt dieser Wert von der Größe des Objekts und der Entfernung zwischen den benachbarten 3D Punkten ab. D.h., wenn der Zylinder oder die Kugel einen sehr kleinen Radius hat oder die 3D Punktemenge eine geringe Punktdichte aufweist, muss der Wert höher gesetzt werden. Für eine Ebene ist der Wert unabhängig von der Größe des Objekts und kann auf einen kleinen Wert gesetzt werden.

Wertevorschläge: *0.10*, *0.15*, *0.20*

Default: *0.15*

'max_curvature_diff': Der Parameter legt fest, um welchen maximalen Wert sich die Krümmungen der Oberflächen an den Positionen zweier benachbarter 3D Punkte unterscheiden darf, damit die Punkte in die gleiche Punktteilmenge eingeordnet werden. Dieser Wert hängt vom Rauschen der 3D Punkte ab. D.h., wenn das Rauschen sehr hoch ist, muss der Wert höher gesetzt werden. Im Allgemeinen nimmt die Anzahl der 3D-Ausgabeobjektmodelle für größere Werte ab, da mehr 3D Punkte zu einer Teilmenge von 3D Punkten zusammengeführt werden.

Wertevorschläge: *0.03*, *0.04*, *0.05*

Default: *0.05*

'min_area': Der Parameter legt die minimale Anzahl an Punkten fest, aus der zusammenhängende Punktteilmengen nach der Segmentierung bestehen müssen. Für eine Punktteilmenge, die weniger Punkte enthält, werden die Punkte gelöscht und es wird kein 3D-Ausgabeobjekthandle erstellt.

Wertevorschläge: *1*, *10*, *100*

Default: *100*

'fitting': Der Parameter legt fest, ob eine Anpassung durch 3D Primitive erfolgen soll. Ist *'fitting'* auf *'true'* gesetzt, was standardmäßig der Fall ist, wird eine Anpassung durch 3D Primitive vorgenommen. Die zurückgegebenen Handles der 3D-Ausgabeobjekte enthalten dann zusätzlich zu den 3D Punkten der segmentierten Punktteilmengen die Parameter der 3D Primitive. Die Ausgabeparameter eines Zylinders, einer Kugel oder einer Ebene sind für den Operator `fit_primitives_object_model_3d` beschrieben. Falls *'fitting'* auf *'false'* gesetzt ist, wird nur die Segmentierung durchgeführt und die zurückgegebenen Handles enthalten nur die 3D Punkte der segmentierten Punktteilmengen. Eine nachfolgende Anpassung durch 3D Primitive kann mit dem Operator `fit_primitives_object_model_3d` durchgeführt werden.

Werteliste: *'false'*, *'true'*

Default: *'true'*

'output_xyz_mapping': Der Parameter legt fest, ob eine eventuell vorhandene Zuordnung der segmentierten 3D Punkte zu Bildkoordinaten in das 3D-Ausgabeobjektmodell kopiert werden soll. Diese Information ist sinnvoll, wenn danach z.B. der Operator `object_model_3d_to_xyz` verwendet werden soll (z.B. für die Visualisierung). Ist *'output_xyz_mapping'* auf *'true'* gesetzt, wird die Zuordnung der 3D Punkte zu den Bildkoordinaten kopiert. Es ist zu beachten, dass der Parameter nur dann gültig ist, wenn eine Zuordnung der 3D Punkte zu den Bildkoordinaten im 3D-Eingabeobjektmodell enthalten ist. Wenn das 3D-Eingabeobjektmodell von einem anderen 3D-Objektmodell, welches die Zuordnung der 3D Punkte zu den Bildkoordinaten enthält, durch Kopieren mit `copy_object_model_3d` abgeleitet wird, ist bereits beim Kopieren mit `copy_object_model_3d` darauf zu achten, dass die Zuordnung ebenfalls kopiert wird. Weiterhin ist der Parameter nur gültig, wenn auch die 3D Punkte in das 3D-Ausgabeobjektmodell kopiert werden, d.h., wenn *'output_point_coord'* auf *'true'* gesetzt ist. Ist *'output_xyz_mapping'* auf *'false'* gesetzt, wird die Zuordnung der 3D Punkte zu den Bildkoordinaten nicht kopiert.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: *'false'*

'primitive_type',*'fitting_algorithm'*, *'min_radius'*,*'max_radius'*, *'output_point_coord'*: Diese Parameter werden genutzt, wenn *'fitting'* auf *'true'* gesetzt ist. Die Bedeutung und Verwendung der Parameter ist für den Operator `fit_primitives_object_model_3d` beschrieben.

'surface_check': Der Parameter legt fest, ob überprüft wird, ob die Oberfläche eines triangulierten Eingabe-Objektmodells den erwarteten Anforderungen entspricht. Falls das Eingabe-Objektmodell Dreiecke enthält, die topologisch ungültig sind, wird eine Fehlermeldung zurückgegeben. Falls die Triangulierung mit HALCON-Operatoren erstellt (`triangulate_object_model_3d`) oder verändert wurde (z.B. mit `simplify_object_model_3d`) sollte die Überprüfung nicht notwendig sein. Zur Verbesserung der Laufzeit kann die Überprüfung deaktiviert werden, indem *'surface_check'* auf *'false'* gesetzt wird.

Werteliste: *'true'*,*'false'*

Default: *'true'*

Parameter

▷ **`ObjectModel3D`** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des 3D-Eingabeobjektmodells.

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Parameteranzahl: GenParamName == GenParamValue
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'max_orientation_diff', 'max_curvature_diff', 'min_area', 'primitive_type', 'fitting_algorithm', 'min_radius', 'max_radius', 'output_point_coord', 'output_xyz_mapping', 'surface_check'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string* / real / integer
Wert des generischen Parameters.
Parameteranzahl: GenParamValue == GenParamName
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0.15, 0.05, 100, 'true', 'false', 'cylinder', 'sphere', 'plane', 'all', 'least_squares', 'least_squares_huber', 'least_squares_tukey'}

▷ **`ObjectModel3DOut`** (output_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des 3D-Ausgabeobjektmodells.

Ergebnis

`segment_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

xyz_to_object_model_3d, read_object_model_3d, prepare_object_model_3d

Nachfolger

get_object_model_3d_params, object_model_3d_to_xyz, write_object_model_3d, clear_object_model_3d

Siehe auch

fit_primitives_object_model_3d

Modul

3D Metrology

select_points_object_model_3d (: : ObjectModel3D, Attrib, MinValue, MaxValue : ObjectModel3DThresholded)

Anwenden eines Schwellenwerts auf Attribute in 3D-Objektmodellen.

select_points_object_model_3d wählt Punkte des 3D-Objektmodells ObjectModel3D anhand der in Attrib, MinValue und MaxValue übergebenen Attribute und Schwellenwerte aus. Die ausgewählten Punkte werden im 3D-Objektmodell ObjectModel3DThresholded zurückgegeben. Alle Attribute, die mit den Punkten zusammenhängen, wie z.B. Polygone oder Dreiecke, werden entsprechend angepasst, so dass keine Information mehr auf die entfernten Punkte verweist.

Attrib kann entweder ein Tupel von Zahlen enthalten, das genau so viele Einträge enthält wie ObjectModel3D Punkte hat, oder eine Liste von Attributnamen, auf die die Schwellenwerte angewendet werden.

Wenn Attrib ein Tupel von Zahlen enthält, muss in MinValue und MaxValue jeweils genau eine Zahl übergeben werden. Alle Punkte, für die der Eintrag in Attrib zwischen diesen beiden Schwellenwerten liegen, werden in das Ausgabeobjektmodell ObjectModel3DThresholded übernommen.

Alternativ kann Attrib eine Liste von Attributnamen enthalten, die sich auf Eigenschaften des 3D-Objektmodells ObjectModel3D beziehen. Alle Punkte, für die der im Attribut Attrib gespeicherte Wert innerhalb des durch MinValue und MaxValue spezifizierten Intervalls liegt, werden behalten. MinValue und MaxValue müssen jeweils genau so viele Einträge haben wie Attrib. Wenn Attrib mehrere Elemente enthält, werden nur die Punkte in die Ausgabe übernommen, die alle Kriterien erfüllen.

Je nach den Eigenschaften des Objektmodells sind in Attrib als Attributnamen möglich:

'point_coord_x': Die x-Koordinaten der 3D Punkte.

'point_coord_y': Die y-Koordinaten der 3D Punkte.

'point_coord_z': Die z-Koordinaten der 3D Punkte.

'point_normal_x': Die x-Komponenten der 3D Punktnormalen der 3D Punkte.

'point_normal_y': Die y-Komponenten der 3D Punktnormalen der 3D Punkte.

'point_normal_z': Die z-Komponenten der 3D Punktnormalen der 3D Punkte.

'mapping_row': Die Zeilenkomponenten der 2D Abbildung der 3D Punkte.

'mapping_col': Die Spaltenkomponenten der 2D Abbildung der 3D Punkte.

'neighbor_distance':

'neighbor_distance N': Der Abstand des N-ten Nachbarpunktes. N muss ein positiver Integer-Wert sein und ist standardmäßig 25. Für jeden Punkt werden die übrigen Punkte anhand ihres Abstands sortiert, und der Abstand des N-ten Punktes für den Schwellenwert verwendet.

'num_neighbors X': Die Anzahl an Nachbarn mit einem Abstand von höchstens X. Dieser Filter kann verwendet werden, um dünn besetzte Gebiete des 3D-Objektmodells zu entfernen, wie etwa Ausreißerpunkte oder Punkte, die durch Glättungen zwischen 3D-Oberflächen entstehen.

'num_neighbors_fast X': Die ungefähre Anzahl an Nachbarn mit einem Abstand von höchstens X. Die Abstände werden mittels Voxeln approximiert, was üblicherweise schneller ist als die exakte Berechnung für *'num_neighbors'*.

Erweiterte Attribute: Es kann der Name eines erweiterten Attributs des Types *'vertices'* angegeben werden. Dessen Werte dienen dann als Entscheidungsgrundlage, um Punkte beizubehalten oder nicht.

Parameter

- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle von 3D-Objektmodellen.
- ▷ **Attrib** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Attribute, auf die ein Schwellenwert angewandt werden soll.
  Default: 'point_coord_z'
  Werteliste: `Attrib` ∈ {'point_coord_x', 'point_coord_y', 'point_coord_z', 'point_normal_x', 'point_normal_y', 'point_normal_z', 'mapping_row', 'mapping_col', 'neighbor_distance', 'num_neighbors', 'num_neighbors_fast'}
- ▷ **MinValue** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Untere Schranke für die Attribute.
  Default: 0.5
- ▷ **MaxValue** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Obere Schranke für die Attribute.
  Default: 1.0
- ▷ **ObjectModel3DThresholded** (output_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle der reduzierten 3D-Objektmodelle.

Beispiel

```
gen_object_model_3d_from_points (rand(100), rand(100),\
                                 rand(100), ObjectModel3D)
select_points_object_model_3d (ObjectModel3D, 'point_coord_z',\
                               0.5, 1, ObjectModel3DThresholded)
get_object_model_3d_params (ObjectModel3DThresholded, 'num_points',\
                            NumPoints)
```

Ergebnis

`select_points_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Falls die notwendigen Punkte im 3D-Objektmodell nicht vorhanden sind, d.h. ein leeres Objektmodell übergeben wurde, wird der Fehler 9515 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `xyz_to_object_model_3d`

Nachfolger

`connection_object_model_3d`, `project_object_model_3d`, `object_model_3d_to_xyz`

Siehe auch

`connection_object_model_3d`, `reduce_object_model_3d_by_view`

Modul

3D Metrology

4.4 Transformationen

affine_trans_object_model_3d (: : ObjectModel3D,
HomMat3D : ObjectModel3DAffineTrans)

Anwenden einer beliebigen affinen 3D-Transformation auf 3D-Objektmodelle.

affine_trans_object_model_3d wendet beliebige affine 3D-Transformationen (Skalierung, Drehung, Verschiebung) auf 3D-Objektmodelle an und liefert den Handle der transformierten 3D-Objektmodelle zurück. Die Transformation wird durch eine oder mehrere homogene Transformationsmatrizen beschrieben, die in HomMat3D übergeben werden. Die Anzahl der Transformationsmatrizen ist entweder eins oder entspricht der Anzahl an 3D-Objektmodellen in ObjectModel3D.

Die Transformationsmatrizen können mit Hilfe der Operatoren hom_mat3d_identity, hom_mat3d_scale, hom_mat3d_rotate, hom_mat3d_translate etc. aufgebaut werden oder das Resultat von pose_to_hom_mat3d sein (siehe affine_trans_point_3d).

Der Operator affine_trans_object_model_3d wird in der Regel nicht für das 3D-Matching benötigt. Falls dort eine Rotation des 3D-Objektmodells in eine Referenzorientierung erfolgen soll, wird empfohlen, stattdessen in create_shape_model_3d entsprechende Werte für die Parameter RefRotX, RefRotY, RefRotZ und OrderOfRotation zu übergeben.

Der Operator unterstützt ein oder mehrere 3D-Objektmodelle mit einer Transformationsmatrix (N:1), ein 3D-Objektmodell mit ein oder mehreren Transformationsmatrizen (1:N) sowie eine Transformationsmatrix pro übergebenem 3D-Objektmodell, die dann nur auf das jeweilige 3D-Objektmodell angewandt wird (N:N). Dabei kann N auch für 0 stehen, d.h. es kann keine Matrix oder kein Objektmodell übergeben werden, in welchem Fall in ObjectModel3DAffineTrans ein leeres Tupel zurückgegeben wird. Dies kann z.B. verwendet werden, um die Ergebnisse von anderen Operatoren zu transformieren, ohne vorher zu prüfen ob tatsächlich mindestens ein Ergebnis vorhanden ist.

Achtung

affine_trans_object_model_3d transformiert Attribute vom Typ Punktkoordinaten, Punktnormalen und vorbereitetem 3D-Formmodell für das formbasierte 3D-Matching. 3D-Primitive und vorberechnete Datenstrukturen für die 3D Abstandsbestimmung werden nicht kopiert. Alle anderen Attribute werden kopiert ohne sie zu verändern. Um 3D-Primitive zu transformieren, muss der Operator rigid_trans_object_model_3d verwendet werden.

Parameter

- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) ..... object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle der 3D-Objektmodelle.
- ▷ **HomMat3D** (input_control) ..... hom_mat3d(-array) ⇝ *real*
  Transformationsmatrizen.
- ▷ **ObjectModel3DAffineTrans** (output_control) ..... object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle der transformierten 3D-Objektmodelle.

Ergebnis

affine_trans_object_model_3d liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

read_object_model_3d, xyz_to_object_model_3d

Nachfolger

project_object_model_3d, object_model_3d_to_xyz

Siehe auch

affine_trans_point_3d, rigid_trans_object_model_3d,
projective_trans_object_model_3d

Modul

3D Metrology

connection_object_model_3d (: : ObjectModel3D, Feature, Value : ObjectModel3DConnected)

Berechnen der Zusammenhangskomponenten eines 3D-Objektmodells.

connection_object_model_3d berechnet innerhalb des 3D-Objektmodells ObjectModel3D die Zusammenhangskomponenten. Der Zusammenhang zweier Komponenten wird mithilfe eines Attributs und einem darauf definierten Distanzmaß ermittelt, das durch den Parameter Feature festgelegt wird:

'distance_3d': Alle Punkte, deren euklidischer Abstand zueinander kleiner als Value ist, werden als zusammenhängend angesehen.

'angle': Punkte werden als zusammenhängend angesehen, falls der Winkel zwischen den Normalen der Punkte kleiner als Value ist. Value wird in Bogenmaß angegeben und muss zwischen 0 und pi liegen.
Voraussetzung: Das 3D-Objektmodell muss Normalen enthalten. Diese können mit surface_normals_object_model_3d berechnet werden.

'distance_mapping': Punkte werden als zusammenhängend angesehen, falls der Abstand zwischen den im Pixel-Mapping gespeicherten Pixel kleiner ist als Value. Um das gleiche Verhalten wie im Operator connection zu erhalten und eine 8-er Nachbarschaft zu erhalten, sollte für Value ein Wert größer als 1.5 angegeben werden.
Voraussetzung: Das 3D-Objektmodell muss Pixel-Mapping enthalten. Das ist der Fall, wenn das 3D-Objektmodell mit xyz_to_object_model_3d erstellt wurde.

'mesh': Bestimmt die Zusammenhangskomponenten in der Vermaschung des 3D-Objektmodells. Ein Dreieck oder Polygon verbindet hierbei mehrere 3D-Punkte zu einer Zusammenhangskomponente. Gibt es zwei Polygone, die den selben Punkt enthalten, werden alle Punkte beider Polygone zu einer Zusammenhangskomponente zusammengefasst.
Voraussetzung: Das 3D-Objektmodell muss trianguliert worden sein, was mit triangulate_object_model_3d erreicht werden kann. Falls das 3D-Objektmodell schon ein Pixel-Mapping enthält, kann alternativ auch prepare_object_model_3d genutzt werden, um das 3D-Objekt schnell zu triangulieren. Hierbei ist der Parameter Purpose auf den Wert *'segmentation'* zu setzen.

'lines': Bestimmt die Zusammenhangskomponenten bezüglich der enthaltenen Linienzüge des 3D-Objektmodells.
Voraussetzung: Das 3D-Objektmodell muss Linienzüge enthalten. Diese können mit intersect_plane_object_model_3d berechnet werden.

Die benötigten Attribute können auch manuell mit set_object_model_3d_attrib oder set_object_model_3d_attrib_mod gesetzt werden. Es ist möglich, dass 3D-Objektmodell bereits die benötigten Attribute enthält, insbesondere, wenn es mit read_object_model_3d eingelesen wurde, oder mit deserialize_object_model_3d deserialisiert wurde. Um zu überprüfen, ob das benötigte Attribut vorhanden ist, kann get_object_model_3d_params genutzt werden.

Parameter

▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle eines 3D-Objektmodells.

▷ **Feature** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Attribut, aufgrund dessen die Zusammenhangskomponenten berechnet werden.
Default: 'distance_3d'
Werteliste: Feature ∈ {'distance_3d', 'angle', 'distance_mapping', 'mesh', 'lines'}

▷ **Value** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
Obere Schranke für den Abstand zweier Zusammenhangskomponenten.
Default: 1.0
Wertevorschläge: Value ∈ {1.0, 1.1, 1.5, 10.0, 100.0}

▷ **ObjectModel3DConnected** (output_control) . . . . . object_model_3d-array ⇝ *handle*
Handle der 3D-Objektmodelle der Zusammenhangskomponenten.

Beispiel

```
gen_object_model_3d_from_points (rand(100), rand(100),\
                                 rand(100), ObjectModel3D)
connection_object_model_3d (ObjectModel3D, 'distance_3d', 0.2,\
                            ObjectModel3DConnected)
dev_get_window (WindowHandle)
visualize_object_model_3d (WindowHandle, [ObjectModel3DConnected], [], [],\
                           ['colored'], [12], [], [], [], PoseOut)
```

Ergebnis

`connection_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `xyz_to_object_model_3d`, `select_points_object_model_3d`

Nachfolger

`project_object_model_3d`, `object_model_3d_to_xyz`, `select_object_model_3d`

Siehe auch

`select_object_model_3d`, `select_points_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

convex_hull_object_model_3d (: : ObjectModel3D : ObjectModel3DConvexHull)

Berechnen der konvexen Hülle eines 3D-Objektmodells.

`convex_hull_object_model_3d` berechnet die konvexe Hülle eines 3D-Objektmodells. Die konvexe Hülle wird in Form eines Handles eines 3D-Objektmodells in `ObjectModel3DConvexHull` zurückgegeben.

Sollte eine der Dimensionen der Eingabepunkte keine Ausdehnung ausweisen, werden Linien statt Dreiecken für die Darstellung der konvexen Hülle verwendet.

Parameter

▷ **ObjectModel3D** (input_control) ..... object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells.

▷ **ObjectModel3DConvexHull** (output_control) ..... object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells, das die konvexe Hülle des Eingabeobjektes beschreibt.
Parameteranzahl: ObjectModel3DConvexHull == ObjectModel3D

Beispiel

```
gen_object_model_3d_from_points (rand(20)-0.5, rand(20)-0.5,\
                                 rand(20)-0.5, ObjectModel3D)
convex_hull_object_model_3d (ObjectModel3D, ObjectModel3DConvexHull)
dev_get_window (WindowHandle)
visualize_object_model_3d (WindowHandle, [ObjectModel3DConvexHull], \
                           [], [], [], [], [], [], [], PoseOut)
```

Ergebnis

`convex_hull_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `connection_object_model_3d`, `select_points_object_model_3d`

Nachfolger

`project_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

edges_object_model_3d (: : ObjectModel3D, MinAmplitude, GenParamName, GenParamValue : ObjectModel3DEdges)

Finden von Kanten in einem 3D-Objektmodell.

`edges_object_model_3d` findet 3D-Kanten im 3D-Objektmodell `ObjectModel3D` und gibt diese im 3D-Objektmodell `ObjectModel3DEdges` zurück.

`ObjectModel3D` muss ein XYZ-Mapping enthalten. Das Mapping wird beispielsweise bei der Erzeugung eines 3D-Objektmodells mittels `xyz_to_object_model_3d` erstellt oder von einigen Sensoren mit zurückgeliefert. Der Parameter `MinAmplitude` gibt die minimale Kantenamplitude an, d.h. die Mindestgröße des Sprungs an einer 3D-Kante. Der Schwellenwert wird in der gleichen Einheit gesetzt, die in `ObjectModel3D` verwendet wird.

Die extrahierten Kantenpunkte sind eine Untermenge der Punkte des Eingabeobjektmodells. Zusätzlich zu den Koordinaten der Kanten enthält `ObjectModel3DEdges` in den Normalenvektoren die Blickrichtung vom Sensorursprung zu den Kantenpunkten. Die Attribute *'edge_dir_x'*, *'edge_dir_y'* und *'edge_dir_z'* enthalten für jeden Kantenpunkt einen normalisierten Vektor, welcher senkrecht auf Blickrichtung und Kantenrichtung steht. Die Attribute sind derart gesetzt, dass `ObjectModel3DEdges` für die 3D-Kanten in `find_surface_model` verwendet werden kann.

Optional können generische Parameter angegeben werden um die Kantenextraktion zu beeinflussen. Falls erwünscht, können die generischen Parameter und deren Werte in `GenParamName` und `GenParamValue` übergeben werden. Die folgenden Werte für `GenParamName` sind möglich:

'max_gap': Dieser Parameter gibt die maximale Größe einer Lücke in Pixeln in den XYZ-Bildern an, damit die Lücke geschlossen wird. Für Lücken die einen größeren Durchmesser haben als dieser Wert werden 3D-Kanten an den Rändern der Lücke erzeugt, bei Lücken mit einem kleineren Durchmesser entsprechend nicht. Dadurch können beispielsweise Kanten unterdrückt werden, die durch kleinere Lücken in den 3D-Daten entstehen die der Sensor nicht rekonstruieren konnte, sowie Kanten an der weiter hinten liegenden Fläche eines Sprungs in den Tiefendaten. Dieser Wert sollte beispielsweise für besonders hochauflösende Sensoren erhöht werden.

Default: *30*.

'estimate_viewpose': Dieser Parameter kann benutzt werden, um die automatische Berechnung der Blickrichtung auszuschalten und einen manuellen Blickpunkt zu setzen.

Default: *'true'*.

'viewpoint': Dieser Parameter wirkt sich nur dann aus, wenn *'estimate_viewpose'* auf *'false'* gesetzt wird. Er gibt die 3D-Position des Blickpunktes an, von dem aus die 3D-Punkte in `ObjectModel3D` gesehen werden. Der Blickpunkt wird verwendet, um die Blickrichtungen und die Kantenrichtungen zu berechnen und liegt standardmäßig im Ursprung *'0 0 0'*. Falls der Blickpunkt nicht im Ursprung liegt, etwa weil das 3D-Objektmodell mittels `rigid_trans_object_model_3d` transformiert wurde oder falls

der 3D-Sensor eine ähnliche Transformation durchgeführt hat, muss der ursprüngliche Blickpunkt gesetzt werden. Dazu wird in GenParamValue ein String mit den drei Koordinaten (x, y und z) des Blickpunktes, getrennt durch Leerzeichen, übergeben. Der Blickpunkt wird im gleichen Koordinatensystem wie ObjectModel3D definiert. Zur Benutzung dieses Parameters müssen die Werte der X-, Y-, und Z- Bilder aus object_model_3d_to_xyz jeweils steigende Werte von links nach rechts, oben nach unten, und näher nach weiter entfernt von der Kamera haben.
Default: *'0 0 0'*.

Parameter

- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Objektmodells, dessen Kanten berechnet werden sollen.
- ▷ **MinAmplitude** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Kantenschwellenwert.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: GenParamName ∈ {'max_gap', 'estimate_viewpose', 'viewpoint'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Werte der generischen Parameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'0 0 0', 10, 30, 100, 'true', 'false'}
- ▷ **ObjectModel3DEdges** (output_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
  3D-Objektmodell, welches die berechneten Kanten enthält.

Ergebnis

edges_object_model_3d liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE) wenn alle Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

read_object_model_3d, xyz_to_object_model_3d

Nachfolger

find_surface_model, find_surface_model_image, refine_surface_model_pose, refine_surface_model_pose_image

Modul

3D Metrology

fuse_object_model_3d (: : ObjectModel3D, BoundingBox, Resolution, SurfaceTolerance, MinThickness, Smoothing, NormalDirection, GenParamName, GenParamValue : ObjectModel3DFusion)

Fusionieren von 3D-Objektmodellen.

fuse_object_model_3d fusioniert mehrere Punktwolken, welche die Oberfläche eines Objekts repräsentieren, zu einer wasserdichten Oberfläche ObjectModel3DFusion. Der Operator vereinfacht die Nachverarbeitung von Punktwolken, welche bereits im selben Koordinatensystem erfasst sind. Insbesondere können folgende Prozesse oft einfach und mit hoher Qualität abgewickelt werden: Vereinigung, Unterdrückung von Ausreißern, Kompromiss aus Glättung und Kantenerhaltung, äquidistantes Subsampling, Löcher füllen, Vermaschung der resultierenden Oberfläche. Der Operator fuse_object_model_3d hat allerdings eine relativ lange Rechenzeit.

Sollen Punktwolken fusioniert werden, welche über Stereo-Rekonstruktion aufgenommen wurden, sollte stattdessen reconstruct_surface_stereo verwendet werden.

Ablauf

1. Aufnahme der Punktwolken; diese in ein einheitliches Koordinatensystem bringen, z.B. mittels `register_object_model_3d_pair` und `register_object_model_3d_global`.
2. Berechnen der Dreiecke oder Punktnormalen für die Punktwolken mittels `triangulate_object_model_3d` oder `surface_normals_object_model_3d`, sofern diese nicht bereits vorhanden sind. Die Triangulierung ist geeigneter, falls die Oberflächen viele Ausreißer oder zu schließende Löcher haben. Ansonsten, im Falle von glatten Oberflächen, kann man mit Punktnormalen arbeiten.
3. Inspizieren der Normalen des Eingabe-Modells mittels `visualize_object_model_3d` mit der Option `GenParamName` *'disp_normals'* oder `dev_inspect_ctrl`. Die Punkt- oder Dreiecksnormalen müssen konsistent entweder nach innen oder außen gerichtet sein. Der Parameter `NormalDirection` muss dann entsprechend auf *'inwards'* oder *'outwards'* gesetzt werden.
4. Festlegen des umschließenden Quaders über den Parameter `BoundingBox`. Für eine erste Näherung des umschließenden Quaders `BoundingBox` kann `get_object_model_3d_params` verwendet werden, mit `GenParamName` gesetzt auf *'bounding_box1'*.
5. Die Werte für die initialen Parameter kann man wie folgt abschätzen: Einen groben Wert für `Resolution` (z.B. 1/100 der Raumdiagonalen des umschließenden Quaders `BoundingBox`), `SurfaceTolerance` etwas größer (z.B. 5*`Resolution`), `MinThickness` als minimale Dicke des Objekts (sollte die Eingabe-Punktwolke das Objekt nur von einer Seite aus darstellen, wird empfohlen, den Wert sehr hoch zu setzen, damit das Objekt erst durch den umschließenden Quader `BoundingBox` abgeschnitten wird) und `Smoothing` mit Wert *1.0*.
6. Ausführen des Operators `fuse_object_model_3d` und nachjustieren der Parameterwerte zur Verbesserung des Ergebnisses bezüglich Qualität und Rechenzeit, siehe auch unten. Zur Vermeidung langer Rechenzeiten ist eine Auflösung `Resolution` empfohlen, die gerade noch ausreichend ist, um Objektdetails erkennen zu können, während die anderen Parameter eingestellt werden. Zur Optimierung sollten auch die zusätzlichen Parameter von `GenParamName` in Erwägung gezogen werden.

Parameterbeschreibung

In dem HDevelop-Beispiel `fuse_object_model_3d_workflow` wird gezeigt, wie die hier aufgelisteten Parameter für eine bestimmte Anwendung optimiert werden können.

Die Eingabe-Punktwolken `ObjectModel3D` müssen in einem gemeinsamen Koordinatensystem sein und stellen die initiale Oberfläche dar. Des Weiteren müssen diese Punktwolken Dreiecke oder Punktnormalen beinhalten. Sollten beide Attribute vorhanden sein, werden, aufgrund der Geschwindigkeitsvorteile, als Standardeinstellung Punktnormalen verwendet. Wenn die Verwendung von Dreiecken gewünscht ist, müssen die Dreiecke und Punkte mittels `copy_object_model_3d` in ein neues Objektmodell überführt werden. Mit Oberflächen, die viele Ausreißer oder zu füllende Löcher beinhalten, empfehlen wir, die Triangulierung zu verwenden, während glatte Oberflächen mittels Punktnormalen verarbeitet werden können. Die Punkt- oder Dreiecksnormalen müssen entweder konsistent ins Innere oder Äußere des Objekts gerichtet sein.

`NormalDirection` gibt an, ob die Punkt- oder Dreiecksnormalen nach innen (*'inwards'*), oder außen (*'outwards'*) gerichtet sind. Wird nur ein einzelner Wert angegeben, so wird dieser für alle Eingabe-Modelle verwendet. Ansonsten muss die Anzahl Eingabewerte der Anzahl an Eingabe-Modellen entsprechen.

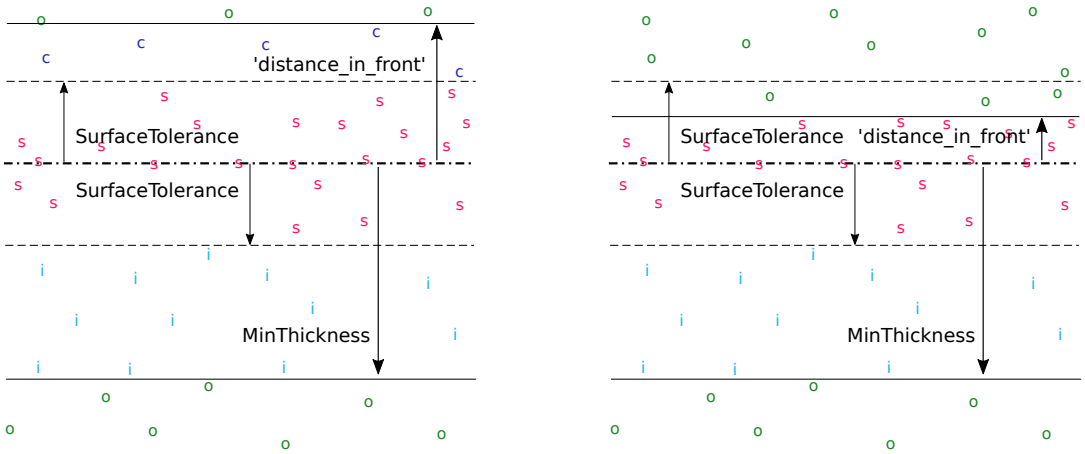
Der umschließende Quader `BoundingBox` definiert den berücksichtigten Bereich, sowohl die Eingabepunkte als auch die Ausgabepunkte betreffend. Punkte außerhalb des umschließenden Quaders werden verworfen, ebenso auch Dreiecke mit zumindest einem Punkt außerhalb des umschließenden Quaders. Der umschließende Quader `BoundingBox` wird durch das Tupel `[x1,y1,z1,x2,y2,z2]` festgelegt, welches die beiden gegenüberliegenden Ecken `P1=[x1,y1,z1]` und `P2=[x2,y2,z2]` des Quaders angibt (mit Kanten parallel zu den Koordinatenachsen). Damit der umschließende Quader festgelegt werden kann, muss `P1` in der unteren vorderen Ecke und `P2` in der oberen hinteren Ecke des Quaders sein, d.h. `x1<x2`, `y1<y2` und `z1<z2`. Der umschließende Quader wird in der gleichen Einheit gesetzt, die in `ObjectModel3D` verwendet wird. Der Operator versucht, eine geschlossene Oberfläche zu kreieren. Falls die Eingabe-Punktwolke das Objekt nur von einer Seite repräsentiert, will man üblicherweise den umschließenden Quader als Begrenzung des unbekannten Teils. Dafür setzt man `MinThickness` z.B. auf einen Wert größer oder gleich der Länge der Diagonale des umschließenden Quaders (welche über `get_object_model_3d_params` mit dem Parameter *'diameter_axis_aligned_bounding_box'* erhalten werden kann). Wird ein Objekt durch eine Seite des umschließenden Quaders abgeschnitten, hat das Objekt an dieser spezifischen Ebene der Oberfläche keine Punkte, d.h. es ist hohl. Um einen eventuellen unbekannten Teil des Objekts an der richtigen Stelle zu begrenzen, muss die Eingabe-Punktwolke möglicherweise rotiert werden, da die Kanten des umschließenden Quaders immer parallel zu den Koordinatenachsen

sind. Eine solche Rotation ist z. B. möglich über die Operatoren affine_trans_object_model_3d oder rigid_trans_object_model_3d.

Die Auflösung Resolution definiert die Distanz benachbarter Stützstellen in Richtung der Koordinatenachsen bei der Diskretisierung des umschließenden Quaders, BoundingBox. Resolution wird in der gleichen Einheit gesetzt, die in ObjectModel3D verwendet wird. Ein zu kleiner Wert, d.h. eine zu hohe Auflösung, wird die Rechenzeit unnötig erhöhen während ein zu großer Wert zu hohem Detailverlust bei der Rekonstruktion führen kann. Wir empfehlen mit einer groben Auflösung zu beginnen. Bei Änderung der Auflösung Resolution muss Smoothing eventuell adaptiert werden. Zudem muss zur Vermeidung von Diskretisierungseffekten Resolution stets kleiner sein als SurfaceTolerance.

SurfaceTolerance legt fest, wie viel Rauschen der Eingabe-Punktwolke von der Innen- und Außenseite her zur Oberfläche vereint wird. Die Ausnahme ist gegeben durch SurfaceTolerance größer als *'distance_in_front'*, dann bestimmt *'distance_in_front'* die Dicke der Oberfläche zur Außenseite. SurfaceTolerance wird in der gleichen Einheit gesetzt, die in ObjectModel3D verwendet wird. SurfaceTolerance gibt die Dicke der Oberfläche an, während MinThickness die Dicke des gefüllten Objekts nach innen bestimmt. Daher muss SurfaceTolerance kleiner sein als MinThickness. Punkte, die laut NormalDirection (sowie GenParamName=*'angle_threshold'*) auf der Innenseite der Objektoberfläche liegen, werden somit als sicher innerhalb eines Objekts betrachtet, wenn ihre Distanz zur initialen Oberfläche größer ist als SurfaceTolerance, aber kleiner als MinThickness. Um Diskretisierungseffekte zu vermeiden, muss SurfaceTolerance stets etwas größer als Resolution sein.

MinThickness legt die Dicke des Objekts auf der initialen Oberfläche in Normalenrichtung fest. Sie wird in der gleichen Einheit gesetzt, die in ObjectModel3D verwendet wird. Punkte, die laut NormalDirection (sowie GenParamName=*'angle_threshold'*) auf der Innenseite der Objektoberfläche liegen, werden somit nur als innerhalb des Objekts betrachtet, falls ihre Distanz zur initialen Oberfläche den Wert MinThickness nicht überschreitet. Dies kann zu Hohlräumen im Objekt führen. MinThickness muss stets größer als SurfaceTolerance sein. Der Operator versucht, eine geschlossene Oberfläche zu erstellen. Für Punktwolken, welche das Objekt von verschiedenen Seiten repräsentieren, wird MinThickness am besten als die Dicke des schmalsten Bereichs festgelegt. Sollte die Eingabe-Punktwolke das Objekt nur von einer Seite repräsentieren, will man üblicherweise den umschließenden Quader als Begrenzung des unbekannten Teils. Damit die Ausdehnung des Objekts nicht bereits durch die gesetzte Dicke begrenzt wird, muss MinThickness groß genug gesetzt werden. Aufgrund der fehlenden Beobachtung der Objektrückseite wird die Rekonstruktion dieses Teils wahrscheinlich falsch sein. Falls verschiedene Objekte nur von einer Seite betrachtet werden, sollte MinThickness kleiner sein, damit die rekonstruierten Objekte schmal genug bleiben, um nicht zu einer Oberfläche zusammengefasst zu werden. Zu kleine Werte können Löcher oder Doppelwände in den vereinigten Punktwolken ergeben. Hingegen können zu große Werte zu einer deformierten Punktwolke oder gar zum Aufblasen der Punktwolke Richtung Oberfläche führen (wird die Oberfläche über den umschließenden Quader hinaus aufgeblasen, so wird sie an der entsprechenden Ebene abgeschnitten und es werden wie oben beschrieben keine Punkte für diese Ebene zurückgegeben).



(1) (2)

Schematische Darstellung der Parameter SurfaceTolerance, MinThickness und der Größe *'distance_in_front'* anhand einer Beispiel-Oberfläche (_.): o sind Punkte außerhalb, s Punkte der Oberfläche, i Punkte sicher im Inneren des Objekts c Punkte die für die Bestimmung der Oberfläche auch miteinbezogen werden. (1): *'distance_in_front'* kleiner als SurfaceTolerance (2): *'distance_in_front'* größer als SurfaceTolerance.

Smoothing bestimmt, wie eine kleine Gesamtabweichung der Distanzfunktion gegenüber der Datentreue ge-

wichtet wird. Damit kann also die 'Unruhe' der rekonstruierten Oberfläche durch den Glättungsparameter Smoothing gesteuert werden. Ein geeigneter Wert für Smoothing, um eine passende und visuell ansprechende Oberfläche zu erhalten, muss durch Ausprobieren gefunden werden. Ein zu kleiner Wert führt dazu, dass viele Ausreißer miteinbezogen werden, selbst wenn die Oberfläche dadurch große Sprünge aufweist. Zu große Werte hingegen führen zu Verlust an Wiedergabetreue gegenüber den Eingabe-Punktwolken (wie der Algorithmus die Distanz zu den Eingabe-Punktwolken sieht, hängt stark von SurfaceTolerance und MinThickness ab). Smoothing muss eventuell adaptiert werden, wenn Resolution geändert wird.

Mit GenParamName und GenParamValue können die folgenden zusätzlichen Parameternamen und -werte eingestellt werden:

'distance_in_front' Punkte, die gemäß NormalDirection (sowie GenParamName=*'angle_threshold'*) auf der Außenseite der Objektoberfläche liegen, werden nur dann als Teil des Objekts betrachtet, wenn ihre Distanz zur initialen Oberfläche nicht größer ist als *'distance_in_front'*. Dies ist das Pendant für die Außenseite zu MinThickness der Innenseite, mit der Ausnahme, dass *'distance_in_front'* auch kleiner als SurfaceTolerance sein darf. Falls *'distance_in_front'* kleiner ist als SurfaceTolerance, bestimmt dies die Oberflächendicke des Objekts zur Außenseite hin. Dieser Parameter ist nützlich, falls Löcher in der Oberfläche entlang eines Sprunges gefüllt werden sollen (z.B. entlang der Blickrichtung des Sensors). In diesem Fall kann *'distance_in_front'* auf einen kleinen Wert gesetzt werden, um falsche Initialisierungen zu vermeiden. *'distance_in_front'* wird in der gleichen Einheit gesetzt, die in ObjectModel3D verwendet wird. Sie sollte stets etwas größer als Resolution sein, um Diskretisierungseffekte zu vermeiden. Der Defaultwert für *'distance_in_front'* ist ein Wert größer als die Raumdiagonale des umschließenden Quaders, wodurch alle Punkte außerhalb des Objekts berücksichtigt werden.

Wertevorschläge: *0.001*, *0.1*, *1*, *10*.

Default: größer als die Raumdiagonale des umschließenden Quaders.

Restriktion: *'distance_in_front'* > 0.

'angle_threshold' legt den Winkel des Kegels um die Oberflächennormalen fest und wird in [rad] gesetzt. Bei der Bestimmung der Distanzinformation für die Datentreue werden nur jene Punkte berücksichtigt, die innerhalb eines solchen Kegels, mit Spitze auf dem nächsten Oberflächenpunkt, liegen. Wenn Distanzen zu Dreiecken bestimmt werden, kann *'angle_threshold'* auf *0.0* gesetzt werden, wodurch ausschließlich die Volumen über den Dreiecksflächen (also gerade Prismen) berücksichtigt werden. Werden Punktnormale verwendet und damit Distanzen zu Normalen bestimmt, muss *'angle_threshold'* auf einen größeren Wert gesetzt werden.

Falls Ausreißer das Resultat stören, kann ein Reduzieren des Wertes *'angle_threshold'* helfen. Falls Löcher entlang eines Sprunges in der Oberfläche gefüllt werden sollen (z.B. entlang der Blickrichtung des Sensors), kann ein Vergrößern des Wertes für *'angle_threshold'* helfen.

Wertevorschläge: *'rad(0.0)'*, *'rad(10.0)'*, *'rad(30.0)'*.

Default: *'rad(10.0)'*.

Restriktion: *'angle_threshold'* >= 0

'point_meshing' bestimmt, ob die Ausgabepunkte mit dem Algorithmus 'marching tetrahedra' trianguliert werden sollen, Dazu muss *'point_meshing'* auf *'isosurface'* gesetzt werden. Wird eine Vermaschung der Isofläche aktiviert, sind auch bei gleicher Resolution mehr Stützpunkte in ObjectModel3DFusion.

Werteliste: *'none'*, *'isosurface'*.

Default: *'isosurface'*.

Fusions-Algorithmus

Der Algorithmus produziert eine wasserdichte, geschlossene Oberfläche (welche eventuell am umschließenden Quader BoundingBox abgeschnitten ist). Ziel ist es, eine möglichst glatte und trotzdem formtreue Oberfläche zu erhalten. Dazu wird der umschließende Quader gesampelt und jedem Sample-Punkt ein Distanzwert zu einer sogenannten Isofläche (bestehend aus Punkten mit Distanzwert 0) zugewiesen. Die endgültigen Distanzwerte (und somit die Isofläche) erhält man durch Minimierung einer Fehlerfunktion, basierend sowohl auf der Datentreue zur Eingabe-Punktwolke als auch der totalen Variation ('Sprunghaftigkeit') der Distanzfunktion. Dadurch erreicht man eine Fusion der Eingabe-Punktwolken (siehe das Paper unter Referenzen).

Die Berechnung der Isofläche kann durch die Parameter des Operators beeinflusst werden. Die Auflösung, d.h. die Distanz zwischen den Stützstellen des umschließenden Quaders (in Richtung der Koordinatenachsen), kann durch den Parameter Resolution bestimmt werden.

Datentreue zu den Eingabe-Punktwolken wird erfasst als die vorzeichenbehafteten Distanzen der Abtastpunkte, d.h. Stützstellen des umschließende Quaders, zu ihren nächsten Nachbarn (Punkte oder Dreiecke) der Eingabe-Punktwolke. Ob ein Abtastpunkt als innerhalb oder außerhalb des Objektes liegend betrachtet wird (Vorzeichen

der Distanz), wird bestimmt durch die Normale des nächsten Nachbarn auf der initialen Oberfläche und der gesetzten Richtung NormalDirection. Um zu bestimmen, ob ein Abtastpunkt in Bezug auf die Eingabe-Punktwolke sicher innerhalb oder außerhalb eines Objektes liegt, wird die Distanz zum nächsten Nachbarn auf der initialen Oberfläche bestimmt. Ein Abtastpunkt der Innenseite wird als sicher im Objekt liegend betrachtet, wenn die Distanz größer als SurfaceTolerance, aber kleiner als MinThickness ist, während ein Abtastpunkt der Außenseite als außerhalb gilt, wenn die Distanz größer *'distance_in_front'* ist.

Datentreue zu den Eingabe-Punktwolken wird nur berücksichtigt für Abtastpunkte, die maximal MinThickness innerhalb oder GenParamName *'distance_in_front'* außerhalb der initialen Oberfläche liegen.

Des Weiteren wird die Datentreue für einen gegebenen Abtastpunkt nicht gepflegt, falls er nicht innerhalb eines Kegels mit Winkel GenParamName *'angle_threshold'* liegt. Also dann nicht, wenn die Verbindungslinie des Abtastpunktes zu seinem nächsten Nachbarn auf der initialen Oberfläche und die Oberflächennormale des nächsten Nachbarn einen Winkel größer als GenParamName *'angle_threshold'* bilden. Während die Distanz zu nächsten Nachbardreiecken oft überzeugendere Resultate liefert, können die Distanzen zu den nächsten Punkten viel schneller berechnet werden.

Die anschließende Optimierung der Distanzwerte ist die selbe wie in reconstruct_surface_stereo mit Method=*'surface_fusion'*.

Der Parameter Smoothing reguliert die 'Sprunghaftigkeit' der Distanzfunktion durch Gewichten der beiden Terme in der Fehlerfunktion: Datentreue zur Eingabe-Punktwolke einerseits, Gesamtabweichung der Distanzfunktion andererseits. Der geeignete Wert für Smoothing, um eine passende und visuell ansprechende Oberfläche zu erhalten, muss durch Ausprobieren gefunden werden.

Die 3D Punkte des in ObjectModel3DFusion zurückgegebenen Objektmodells stammen aus der Isofläche, auf der die Distanzfunktion Null ist. Die Normalen werden aus dem Gradienten der Distanzfunktion berechnet. Die dadurch erhaltene Punktwolke kann auch vermascht werden mittels Algorithmus 'marching tetrahedra' durch Setzen des Parameters GenParamName *'point_meshing'* auf GenParamValue *'isosurface'*.

Troubleshooting

Es wird empfohlen, sich an den oben stehenden Ablauf zu halten. Wenn die Rekonstruktionsergebnisse nicht zufriedenstellend sind, können die folgenden Verbesserungsmaßnahmen versucht werden:

Qualität der Eingabe-Punktwolken Die Eingabe-Punktwolken sollten die gesamte Objektoberfläche repräsentieren. Falls Punktnormalen benutzt werden, sollten die Punkte auf der ganzen Oberfläche dicht liegen und nicht nur entlang der Objektkanten. Insbesondere mit CAD-Daten sollte die Triangulierung verwendet werden.

Verwendete Attribute Das Verwenden von Dreiecken statt Punktnormalen führt typischerweise zu besseren Ergebnissen. Sollten beide Attribute vorhanden sein, werden, aufgrund der Geschwindigkeitsvorteile, als Standardeinstellung Punktnormalen verwendet. Bei Bevorzugung von Dreiecken verwenden Sie bitte copy_object_model_3d, damit nur Informationen zu Punkten und Dreiecken vorhanden sind.

Ausreißer Falls Ausreißer des Eingabe-Modells die ausgegebene Oberfläche selbst für große Werte von Smoothing stören, kann man versuchen, GenParamName *'angle_threshold'* zu reduzieren. Falls gewünscht, können Ausreißer des Eingabe-Modells auch entfernt werden, z.B. mittels connection_object_model_3d. In kleinerem Ausmaß kann auch das Modifizieren von GenParamName *'distance_in_front'* helfen, gewisse Ausreißer zu minimieren.

Löcher füllen Falls Löcher selbst für große Werte von Smoothing nicht gefüllt werden (z.B. ein Sprung der Oberfläche in Blickrichtung des Sensors), kann man versuchen, GenParamName *'distance_in_front'* zu reduzieren. Vergrößern von GenParamName *'angle_threshold'* kann dem Algorithmus helfen, die Löcher zu schließen. Beachten Sie, dass triangulate_object_model_3d beim Triangulieren Löcher von Sensordaten, welche eine 2D Zuordnung enthalten, füllen kann.

Leerer Rückgabewert Ist die Rückgabe leer, kann man versuchen, Smoothing zu reduzieren. Sollte die Rückgabe selbst für sehr kleine Werte von Smoothing leer bleiben, empfehlen wir zu überprüfen, ob ob MinThickness zu groß ist und ob die NormalDirection richtig gesetzt ist.

Rechenzeit

Um die Rechenzeit zu verkürzen, empfehlen wir folgende Punkte zu beachten:

Ausdehnung des umschließenden Quaders Der umschließende Quader sollte möglichst eng um die zu fusionierenden Punktwolken liegen. Ansonsten wird die Rechenzeit erheblich erhöht, ohne irgendeinen Vorteil zu generieren.

Auflösung Ein höherer Wert für die Auflösung Resolution beschleunigt die Fusion merklich.

Verwendete Attribute Das Verwenden von Punktnormalen anstelle von Dreiecken beschleunigt die Ausführung. Sollten beide Attribute vorhanden sein, werden als Standardeinstellung Punktnormalen verwendet.

Dichte der Eingabe-Punktewolken Die Eingabe-Punktwolken können ausgedünnt werden ,entweder mittels `sample_object_model_3d` (falls Punktnormalen verwendet werden) oder mittels `simplify_object_model_3d` mit *'true'* für den Parameter `GenParamName` *'avoid_triangle_flips'* (bei Verwendung von Dreiecken).

Oberflächendistanz Unnötig große Werte für `MinThickness` und `GenParamName` *'distance_in_front'* können die Vorbereitung und die Distanzberechnung verlangsamen.

Parameter

- ▷ **`ObjectModel3D`** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle eines 3D-Objektmodells.
- ▷ **`BoundingBox`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Zwei gegenüberliegende Ecken des umschließenden Quaders.
- ▷ **`Resolution`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Verwendete Auflösung innerhalb des umschließenden Quaders.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `Resolution` ∈ {1.0, 1.1, 1.5, 10.0, 100.0}
- ▷ **`SurfaceTolerance`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Distanz des erwarteten Rauschens zur Oberfläche.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `SurfaceTolerance` ∈ {1.0, 1.1, 1.5, 10.0, 100.0}
- ▷ **`MinThickness`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Minimale Dicke des Objekts in Richtung Normale zur Oberfläche.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `MinThickness` ∈ {1.0, 1.1, 1.5, 10.0, 100.0}
- ▷ **`Smoothing`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Gewichtungsfaktor zur Datentreue.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `Smoothing` ∈ {1.0, 1.1, 1.5, 10.0, 100.0}
- ▷ **`NormalDirection`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Richtung der Normalen im Eingabe-Modell.
  Default: 'inwards'
  Werteliste: `NormalDirection` ∈ {'inwards', 'outwards'}
- ▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Name des generischen Parameters.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'point_meshing', 'angle_threshold', 'distance_in_front'}
- ▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / real / integer
  Wert des generischen Parameters.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'isosurface', 'none', 0.0, 0.1, 0.175, 0.524}
- ▷ **`ObjectModel3DFusion`** (output_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
  Handle des fusionierten 3D-Objektmodells.

Ergebnis

`fuse_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `register_object_model_3d_pair`,

register_object_model_3d_global, surface_normals_object_model_3d, triangulate_object_model_3d, simplify_object_model_3d, get_object_model_3d_params

Nachfolger

write_object_model_3d, create_surface_model

Siehe auch

reconstruct_surface_stereo

Literatur

C. Zach, T. Pock, and H. Bischof: „A globally optimal algorithm for robust TV-L1 range image integration.“ Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV 2007).

Modul

3D Metrology

intersect_plane_object_model_3d (: : ObjectModel3D, Plane : ObjectModel3DIntersection)

Schneiden eines 3D-Objektmodells mit einer Ebene.

intersect_plane_object_model_3d schneidet ein 3D-Objektmodell mit der Ebene, die der x-y Ebene der Pose entspricht, die im Parameter Plane übergeben wird. Die z-Achse der Pose entspricht der Normalen der Ebene. Jedes Dreieck im Modell, das die Ebene schneidet, erzeugt im Ausgabemodell zwei 3D Punkte und eine Linie zwischen diesen zwei Punkten. Diese Linien werden in ObjectModel3DIntersection zurückgegeben. Die sich ergebenden Linien sind koplanar.

Das Ergebnis kann mit disp_object_model_3d angezeigt werden und die Ergebnisse können mit get_object_model_3d_params und dem Parameter *'lines'* abgefragt werden.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* (*7* für Plane) oder *N* (*N*7* für Plane) übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* (*7* für Plane) werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* 3D-Objektmodelle berechnet und zurückgegeben werden.

Parameter

- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) ..... object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Objektmodells.
- ▷ **Plane** (input_control) ..... pose(-array) ⇝ *real* / integer
  Pose der Ebene.
  Default: [0,0,0,0,0,0,0]
- ▷ **ObjectModel3DIntersection** (output_control) ..... object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Objektmodells mit allen Schnittkanten der Oberfläche mit der Ebene.

Beispiel

```
gen_object_model_3d_from_points (rand(20)-0.5, rand(20)-0.5,\
                                 rand(20)-0.5, ObjectModel3D)
convex_hull_object_model_3d (ObjectModel3D, ObjectModel3DConvexHull)
intersect_plane_object_model_3d (ObjectModel3DConvexHull, [0,0,0,0,0,0,0], \
                                 ObjectModel3DIntersection)
dev_get_window (WindowHandle)
visualize_object_model_3d (WindowHandle, [ObjectModel3DIntersection, \
                           ObjectModel3DConvexHull], [], [], \
                           ['alpha_1'], [0.5], [], [], [], PoseOut)
```

Ergebnis

intersect_plane_object_model_3d liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `select_points_object_model_3d`

Nachfolger

`connection_object_model_3d`

Siehe auch

`reduce_object_model_3d_by_view`

Modul

3D Metrology

object_model_3d_to_xyz (: X, Y, Z : ObjectModel3D, Type, CamParam, Pose :)

Transformieren eines 3D-Objektmodells in Bilder.

`object_model_3d_to_xyz` transformiert die Punkte des 3D-Objektmodells `ObjectModel3D` in die drei Bilder `X`, `Y` und `Z`.

Es gibt drei mögliche Transformationsmethoden, die über den Parameter `Type` ausgewählt werden. Zu beachten ist, dass nur im Modus *'cartesian_faces'* mehr als ein 3D-Objektmodell in `ObjectModel3D` übergeben werden kann. Alle anderen Modi verlangen genau ein 3D-Objektmodell.

'cartesian': Die 3D-Punkte des Modells werden zunächst mit der übergebenen `Pose` transformiert. Anschließend werden sie mittels der in `CamParam` übergebenen Kameraparameter in ein Bild projiziert.

Die internen Kameraparameter `CamParam` beschreiben die Art der Projektion (siehe Kalibrierung). Die `Pose` wird in der Form ${}^{ccs}\mathbf{P}_{mcs}$ erwartet. Dabei steht *ccs* für das Kamerakoordinatensystem und *mcs* für das Modellkoordinatensystem (ein 3D Weltkoordinatensystem), siehe auch Transformationen / Posen und „`Solution Guide III-C - 3D Vision`". Folglich beschreibt die Pose die Position und Orientierung des Modellkoordinatensystems zum Kamerakoordinatensystem.

Die X-, Y- und Z-Koordinaten der transformierten Punkte werden jeweils in das entsprechende Ausgabebild an die projizierte Stelle geschrieben. Werden mehrere Punkte auf die selbe Bildkoordinate projiziert, so wird nur der Punkt mit dem kleinsten Z-Wert in die Bilder geschrieben. Die Größe der Bilder wird durch die Kameraparameter festgelegt.

Die zurückgegebenen Bilder zeigen das Objekt so wie es von der Kamera unter der entsprechenden Pose gesehen werden würde.

'cartesian_faces': Diese Transformationsmethode ist nur verwendbar, wenn die 3D-Objektmodelle Flächen (Dreiecke oder Polygone) enthalten. Andernfalls wird das 3D-Objektmodell ohne Flächen unberücksichtigt. Wenn eines der 3D-Objektmodelle Polygone enthält, werden diese intern zunächst in Dreiecke umgewandelt. Diese Umwandlung kann schon vorher durchgeführt werden, um diesen Operator zu beschleunigen. Dafür kann `read_object_model_3d` mit `GenParamName` *'convert_to_triangles'* auf *'true'* gesetzt verwendet werden, um alle Polygone in Dreiecke zu konvertieren. Alternativ kann `triangulate_object_model_3d` zur Erstellung der Oberflächendreiecke aufgerufen werden.

Die Flächen der Modelle werden zunächst mit der übergebenen `Pose` transformiert. Anschließend werden sie mittels der in `CamParam` übergebenen Kameraparameter in ein Bild projiziert, wobei die 3D-Information (X-, Y- und Z-Koordinaten) in den Pixeln weiterhin enthalten bleibt. Mehr Details zu `CamParam` und `Pose` finden sich auch im Abschnitt *'cartesian'*. Werden mehrere Flächen auf dieselbe Bildkoordinate projiziert, so wird nur der Wert mit dem kleinsten Z-Wert in die Bilder geschrieben. Die Größe der Bilder wird durch die Kameraparameter festgelegt.

Die zurückgegebenen Bilder zeigen die Objekte so, wie sie von der Kamera unter der entsprechenden Pose gesehen werden würden.

Sind OpenGL 2.1, GLSL 1.2 und die OpenGL Extensions GL_EXT_framebuffer_object und GL_EXT_framebuffer_blit verfügbar, ist die Verarbeitungsgeschwindigkeit höher.

Dieser `Type` kann zur Erzeugung von Modellen mit 2D-Mapping verwendet werden, indem mit `xyz_to_object_model_3d` wieder ein Modell aus den zurückgegebenen Bildern erstellt wird.

Die Verwendung eines 2D-Mappings ist oft vorteilhaft auf Grund besserer Robustheit und höherer Verarbeitungsgeschwindigkeit, z. B. für die Operatoren `sample_object_model_3d` und `surface_normals_object_model_3d`, sowie in der Vorbearbeitung eines 3D-Objektmodells für das oberflächenbasierte 3D-Matching (Glättung, Entfernung der Ausreißer, und Reduzieren der Domäne).

'cartesian_faces_no_opengl': Diese Transformationsmethode arbeitet genauso wie die Methode *'cartesian_faces'*, verwendet aber kein OpenGL. In der Regel ermittelt *'cartesian_faces'* automatisch, ob OpenGL verwendet werden kann. *'cartesian_faces_no_opengl'* muss daher normalerweise nicht explizit verwendet werden, kann aber in Fällen, in denen die OpenGL- Variante (z.B. aufgrund von Treiberproblemen) zu Fehlern führt, nützlich sein.

'from_xyz_map': Diese Transformationsmethode ist nur möglich, wenn das 3D-Objektmodell mit dem Operator `xyz_to_object_model_3d` erstellt wurde. Hier werden die 3D-Punkte an die Stelle der Bilder geschrieben von der sie ursprünglich kamen. Dabei wird die in `xyz_to_object_model_3d` erstellte Abbildung der Punkte in Bildkoordinaten verwendet.

Die Parameter `CamParam` und `Pose` werden ignoriert. Die Größe der Bilder ist gleich der Bildgröße der ursprünglich an `xyz_to_object_model_3d` übergebenen Bilder und kann über `get_object_model_3d_params` mit *'mapping_size'* abgefragt werden.

Diese Transformationsmethode ist schneller als *'cartesian'*. Sie ist z.B. nützlich um das Ergebnis einer mit `segment_object_model_3d` durchgeführten Segmentierung anzuzeigen.

Achtung

Kameras mit hyperzentrischen Objektiven werden nicht unterstützt. Falls `CamParam` Verzeichnungskoeffizienten ungleich null enthält ist bei der Projektion großer Dreiecke oder Polygone darauf zu achten, dass die Verzeichnung nur auf die Punkte des Objektmodells angewandt werden. In der Projektion werden diese wiederum mit geraden Linien verbunden. Für eine gute Approximation der verzeichneten Linien sollte eine Triangulierung mit ausreichend kleinen Dreiecken verwendet werden.

Parameter

- ▷ **X** (output_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object : real*
  Bild mit den X-Koordinaten der 3D-Punkte.
- ▷ **Y** (output_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object : real*
  Bild mit den Y-Koordinaten der 3D-Punkte.
- ▷ **Z** (output_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object : real*
  Bild mit den Z-Koordinaten der 3D-Punkte.
- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) ..... object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle des zu transformierenden 3D-Objektmodells.
- ▷ **Type** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Transformationsmethode.
  Default: 'cartesian'
  Werteliste: `Type` ∈ {'cartesian', 'cartesian_faces', 'from_xyz_map', 'cartesian_faces_no_opengl'}
- ▷ **CamParam** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Kameraparameter.
- ▷ **Pose** (input_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
  Pose des 3D-Objektmodells.
  Parameteranzahl: Pose == 0 || Pose == 7 || Pose == 12

Ergebnis

`object_model_3d_to_xyz` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `xyz_to_object_model_3d`, `triangulate_object_model_3d`

Alternativen

project_object_model_3d

Siehe auch

xyz_to_object_model_3d, get_object_model_3d_params

Modul

3D Metrology

prepare_object_model_3d (: : ObjectModel3D, Purpose, OverwriteData, GenParamName, GenParamValue :)

Vorbereiten eines 3D-Objektmodells für nachfolgende Operationen.

Der Operator prepare_object_model_3d bereitet ein 3D-Objektmodell ObjectModel3D für eine nachfolgende Operation, die in Purpose festgelegt ist, vor. Der Operator berechnet Werte, die für die Operation erforderlich sind, und speichert diese in ObjectModel3D, um die Geschwindigkeit der nachfolgenden Operationen zu erhöhen. Es ist nicht notwendig den Operator prepare_object_model_3d aufzurufen. Wenn das 3D-Objektmodell mehrere Male von derselben Operation benutzt wird, kann es allerdings die Geschwindigkeit der Operation erhöhen.

Die folgenden Werte für den Parameter Purpose sind möglich:

'shape_based_matching_3d': Das 3D-Objektmodell wird für die Nutzung im Operator create_shape_model_3d vorbereitet. In diesem Fall können keine generischen Parameter gesetzt werden.

'segmentation': Das 3D-Objektmodell wird für die Nutzung im Operator segment_object_model_3d vorbereitet. Um die Vorbereitung durchführen zu können muss das 3D-Objektmodell das Attribut mit den Oberflächendreiecken und das Attribut mit den Punktkoordinaten beinhalten.

Wenn das 3D-Objektmodell kein Attribut mit den Oberflächendreiecken hat, wird eine einfache Dreiecksvermaschung durchgeführt (auch wenn OverwriteData auf *'false'* gesetzt ist). Hierfür muss das 3D-Objektmodell das Attribut mit den Punktkoordinaten und das Attribut mit der Zuordnung der 3D Punkte zu den Bildkoordinaten beinhalten. Es wird nur zwischen Punkten trianguliert, die von benachbarten Pixeln stammen. Zusätzlich können Löcher in der Bildregion mit einer Delaunay-Triangulierung gefüllt werden (siehe *'max_area_holes'* unten). Nur Löcher, die vollständig von der Bildregion eingeschlossen sind, werden geschlossen.

'distance_computation': Das 3D-Objektmodell wird für die Verwendung als Zielmodell in distance_object_model_3d vorbereitet.

'gen_xyz_mapping': Für ein 3D-Objektmodell, welches eine geordnete Punktwolke aufweist, wird ein XYZ-Mapping berechnet. Dabei werden jedem 3D-Punkt Bildkoordinaten zugeordnet. Hierfür muss entweder der generische Parameter *'xyz_map_width'* oder *'xyz_map_height'* gesetzt werden, um festzulegen ob die 3D-Punkte zeilen- oder spaltenweise vorliegen und um die Bildgröße zu definieren (siehe *'xyz_map_width'* und *'xyz_map_height'* unten).

Falls ein 2D-Mapping vorhanden ist, wird seine Verwendung auf Grund besserer Robustheit und höherer Verarbeitungsgeschwindigkeit empfohlen. Vor allem für die Operatoren sample_object_model_3d und surface_normals_object_model_3d, sowie in der Vorbearbeitung eines 3D-Objektmodells für das oberflächenbasierte 3D-Matching (Glättung, Entfernung der Ausreißer, und Reduzieren der Domäne) ist daher die Verwendung des 2D-Mappings vorteilhaft.

Der Parameter OverwriteData legt fest, ob vorhandene Daten eines bereits vorbereiteten 3D-Objektmodells gelöscht werden sollen. Falls OverwriteData auf *'true'* gesetzt ist, werden die vorbereiteten Daten, die durch den Parameter Purpose festgelegt sind, überschrieben. Falls OverwriteData auf *'false'* gesetzt ist, werden die bereits vorbereiteten Daten nicht überschrieben. Falls keine vorbereiteten Daten vorhanden sind, wird OverwriteData ignoriert und die Daten werden in einem 3D-Objektmodell gespeichert.

Der Parameter OverwriteData kann benutzt werden, wenn andere generische Parameter GenParamName und GenParamValue gesetzt werden. Der Parameter OverwriteData hat keinen Einfluss, wenn der Parameter Purpose auf *'shape_based_matching_3d'* gesetzt ist, da in diesem Fall keine generischen Parameter gesetzt werden können.

Die generischen Parameter können optional genutzt werden um die Vorbereitung zu beeinflussen. Falls gewünscht, können die generischen Parameter und deren Werte in `GenParamName` und `GenParamValue` übergeben werden. Die folgenden Werte für `GenParamName` und die dazugehörigen Werte für `GenParamValue` sind möglich:

'max_area_holes': Dieser Parameter ist nur gültig, falls `Purpose` auf *'segmentation'* gesetzt ist. Der Parameter legt fest, welche Fläche die Löcher in den Punktkoordinaten haben dürfen, damit diese mittels einer Delaunay-Triangulierung geschlossen werden. Nur Löcher, die vollständig von der Bildregion eingeschlossen sind, werden geschlossen. Falls *'max_area_holes'* auf *0* gesetzt ist, werden keine Löcher vermascht. Falls *'max_area_holes'* größer oder gleich *1* Pixel gesetzt ist, werden die Löcher mit einer Fläche kleiner oder gleich *'max_area_holes'* mittels einer Vermaschung geschlossen.

Wertevorschläge: *1*, *10*, *100*.

Default: *10*.

'distance_to': Dieser Parameter ist nur gültig, falls `Purpose` auf *'distance_computation'* gesetzt ist. Dieser Parameter bestimmt die Zieldaten zu denen der Abstand berechnet werden soll. Der Parameter wird in der Dokumentation zu `distance_object_model_3d` genauer beschrieben.

Werteliste: *'auto'*, *'triangles'*, *'points'*, *'primitive'*.

Default: *'auto'*.

'method': Dieser Parameter ist nur gültig, falls `Purpose` auf *'distance_computation'* gesetzt ist. Dieser Parameter bestimmt die Methode mit welcher der Abstand berechnet werden soll. Der Parameter wird in der Dokumentation zu `distance_object_model_3d` genauer beschrieben.

Werteliste: *'auto'*, *'kd-tree'*, *'voxel'*, *'linear'*.

Default: *'auto'*.

'max_distance': Dieser Parameter ist nur gültig, falls `Purpose` auf *'distance_computation'* gesetzt ist. Dieser Parameter bestimmt den maximal interessanten Abstand. Wird der Parameter auf *0* gesetzt, so wird kein maximaler Abstand verwendet. Der Parameter wird in der Dokumentation zu `distance_object_model_3d` genauer beschrieben.

Wertevorschläge: *0*, *0.1*, *1*, *10*.

Default: *0*.

'sampling_dist_rel': Dieser Parameter ist nur gültig, falls `Purpose` auf *'distance_computation'* gesetzt ist. Dieser Parameter setzt die relative Abtastdistanz falls der Abstand zu Dreiecken mit der Methode *'voxel'* berechnet wird. Der Parameter wird in der Dokumentation zu `distance_object_model_3d` genauer beschrieben.

Wertevorschläge: *0.03*, *0.01*.

Default: *0.03*.

'sampling_dist_abs': Dieser Parameter ist nur gültig, falls `Purpose` auf *'distance_computation'* gesetzt ist. Dieser Parameter setzt die absolute Abtastdistanz falls der Abstand zu Dreiecken mit der Methode *'voxel'* berechnet wird. Der Parameter wird in der Dokumentation zu `distance_object_model_3d` genauer beschrieben.

Wertevorschläge: *1*, *5*, *10*.

Default: Kein Wert.

'xyz_map_width': Dieser Parameter ist nur gültig, falls `Purpose` auf *'gen_xyz_mapping'* gesetzt ist. Dieser Parameter legt fest, dass die Punktwolke zeilenweise geordnet ist. Der übergebene Wert wird als Breite des Bildes angenommen. Die Höhe des Bildes wird automatisch ermittelt. Nur einer der beiden Parameter *'xyz_map_width'* und *'xyz_map_height'* kann gesetzt werden.

Default: Kein Wert.

'xyz_map_height': Dieser Parameter ist nur gültig, falls `Purpose` auf *'gen_xyz_mapping'* gesetzt ist. Dieser Parameter legt fest, dass die Punktwolke spaltenweise geordnet ist. Der übergebene Wert wird als Höhe des Bildes angenommen. Die Breite des Bildes wird automatisch ermittelt. Nur einer der beiden Parameter *'xyz_map_width'* und *'xyz_map_height'* kann gesetzt werden.

Default: Kein Wert.

Parameter

- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Objektmodells.
- ▷ **Purpose** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Zweck des 3D-Objektmodells.
  Default: 'shape_based_matching_3d'
  Wertevorschläge: `Purpose` ∈ {'shape_based_matching_3d', 'segmentation', 'distance_computation', 'gen_xyz_mapping'}
- ▷ **OverwriteData** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Legt fest, ob schon vorhandene Daten überschrieben werden.
  Default: 'true'
  Werteliste: `OverwriteData` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string* / real / integer
  Name des generischen Parameters.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'max_area_holes', 'distance_to', 'method', 'max_distance', 'sampling_dist_rel', 'sampling_dist_abs', 'xyz_map_width', 'xyz_map_height'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / real / integer
  Wert des generischen Parameters.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0, 1, 100, 'auto', 'triangles', 'points', 'primitive', 'kd-tree', 'voxel', 'linear', 0.01, 0.03}

Beispiel

```
read_object_model_3d ('object_model_3d', 'm', [], [], ObjectModel3D, Status)
prepare_object_model_3d (ObjectModel3D, 'gen_xyz_mapping', 'true',\
                         'xyz_map_width', Width)
object_model_3d_to_xyz (X, Y, Z, ObjectModel3D, 'from_xyz_map', [], [])
```

Ergebnis

`prepare_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `xyz_to_object_model_3d`

Nachfolger

`create_shape_model_3d`, `create_surface_model`, `distance_object_model_3d`, `find_surface_model`, `fit_primitives_object_model_3d`, `refine_surface_model_pose`, `segment_object_model_3d`, `simplify_object_model_3d`, `sample_object_model_3d`, `surface_normals_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

project_object_model_3d (: ModelContours : ObjectModel3D, CamParam, Pose, GenParamName, GenParamValue :)

Projizieren eines 3D-Objektmodells in Bildkoordinaten.

Der Operator `project_object_model_3d` projiziert ein 3D-Objektmodell in das Bildkoordinatensystem und liefert die projizierten Konturen in `ModelContours` zurück. Dieser Operator ist vor allem für die Visualisierung von 3D-Objektmodellen hilfreich. Primitive werden nicht projiziert, sondern bei der Visualisierung ignoriert. Die Koordinaten des 3D-Objektmodells sind im Modellkoordinatensystem gegeben (*mcs*), einem 3D-Weltkoordinatensystem. Sie werden zuerst mittels der gegebenen `Pose` in Kamerakoordinaten (*ccs*) transformiert und dann basierend auf den internen Kameraparametern `CamParam` in das Bildkoordinatensystem projiziert. Dabei wird die Pose in der Form ${}^{ccs}\mathbf{P}_{mcs}$ erwartet, siehe auch Transformationen / Posen und „`Solution Guide III-C - 3D Vision`". Das heißt, die `Pose` beschreibt die Position und Lage des Weltkoordinatensystems im Kamerakoordinatensystem. Die internen Kameraparameter `CamParam` beschreiben dabei die Abbildungseigenschaften der Kamera (siehe Kalibrierung).

Es gibt einige generische Parameter, die optional angegeben werden können, um die Projektion zu beeinflussen. Falls erwünscht, können die generischen Parameter und deren Werte in `GenParamName` und `GenParamValue` übergeben werden. Die folgenden Werte für `GenParamName` sind möglich:

'data': Dieser Parameter gibt an, welche geometrischen Daten des 3D-Objektmodells projiziert werden sollen. Wenn für *'data' 'faces'* gewählt wird, werden die Flächen des 3D-Objektmodells projiziert. Die Flächen werden dabei in `ModelContours` durch ihre Randlinien repräsentiert. Wird für *'data' 'lines'* gewählt, werden die 3D-Linien des 3D-Objektmodells projiziert. Wenn für *'data' 'points'* gewählt wird, werden die Punkte des 3D-Objektmodells projiziert. Die projizierten Punkte können auf unterschiedliche Arten in `ModelContours` repräsentiert werden. Die Art der Punktrepräsentation kann mit dem generischen Parameter *'point_shape'* gewählt werden (siehe unten). Wird für *'data'* der Wert *'auto'* übergeben, wählt HALCON automatisch die für eine Visualisierung am besten geeigneten Geometriedaten aus.

Werteliste: *'auto'*, *'faces'*, *'points'*, *'lines'*.

Default: *'auto'*.

'point_shape': Mit diesem Parameter kann gewählt werden, wie Punkte in der Ausgabekontur `ModelContours` repräsentiert werden. Daher wirkt sich dieser Parameter nur dann aus, wenn Punkte als zu projizierende Geometriedaten ausgewählt wurden (siehe oben). Wird *'point_shape'* auf *'circle'* gesetzt, dann werden Punkte durch Kreise repräsentiert, wird *'point_shape'* auf *'cross'* gesetzt, dann werden Punkte durch Kreuze repräsentiert. In beiden Fällen kann die Größe der Punkte (d.h. die Größe der Kreise bzw. der Kreuze) mit dem generischen Parameter *'point_size'* gewählt werden (siehe unten). Die Orientierung der Kreuze kann mit dem generischen Parameter *'point_orientation'* festgelegt werden (siehe unten).

Werteliste: *'circle'*, *'cross'*.

Default: *'circle'*.

'point_size': Mit diesem Parameter kann die Größe der Punktrepräsentation in der Ausgabekontur `ModelContours` gewählt werden, d.h. die Größe der Kreise bzw. der Kreuze, je nach Wahl von *'point_shape'*. Dieser Parameter wirkt sich natürlich nur dann aus, wenn Punkte als zu projizierende Geometriedaten ausgewählt wurden (siehe oben). Die Größe muss in Pixeleinheiten angegeben werden. Wird für *'point_size'* der Wert *0* übergeben, dann wird jeder Punkt durch eine Kontur repräsentiert, die nur einen Punkt enthält.

Wertevorschläge: *0*, *2*, *4*.

Default: *4*.

'point_orientation': Dieser Parameter legt die Orientierung der Kreuze im Bogenmaß fest. Der Parameter wirkt sich natürlich nur dann aus, wenn Punkte als zu projizierende Geometriedaten ausgewählt wurden und für *'point_shape'* der Wert *'cross'* ausgewählt wurde (siehe oben).

Wertevorschläge: *0*, *0.39*, *0.79*.

Default: *0.79*.

'union_adjacent_contours': Dieser Parameter legt fest, ob nach der Projektion benachbarte Konturen verbunden werden sollen. Diese Option is äquivalent zu einem anschließenden Aufruf von `union_adjacent_contours_xld`, ist allerdings deutlich schneller.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'true'*.

'hidden_surface_removal': Mit diesem Parameter kann die Verdeckungsberechnung ein- bzw. ausgeschaltet werden. Wenn der Parameter *'hidden_surface_removal'* auf *'true'* gesetzt ist, werden nur die projizierten Kanten zurückgegeben, die nicht durch Flächen des 3D-Objektmodells verdeckt sind. Ist *'hidden_surface_removal'* auf *'false'* gesetzt, werden alle projizierten Kanten des 3D-Objektmodells zurückgegeben. Dieser Modus ist schneller als wenn *'hidden_surface_removal'* auf *'true'* gesetzt ist.

Ist die Systemvariable (siehe set_system) *'opengl_hidden_surface_removal_enable'* auf *'true'* gesetzt (Standard, sofern es verfügbar ist) und *'hidden_surface_removal'* auf *'true'* gesetzt, wird die Modellprojektion auf der Grafikkarte durchgeführt. Abhängig von der verwendeten Grafikkarte ist dies signifikant schneller als die analytische Projektion. Es ist zu beachten, dass die Ergebnisse der OpenGL Projektion leicht verschieden zu denen der analytischen Projektion sind. Insbesondere werden in diesem Modus nur die Kanten projiziert die im Bild der Kamera (CamParam) sichtbar sind.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'true'*.

'min_face_angle': Mit diesem Parameter wird der minimale Winkel angegeben, den zwei benachbarte Flächen einschließen müssen, damit die Kante zwischen ihnen projiziert wird. Wird *'min_face_angle'* auf *0.0* gesetzt, werden alle Kanten projiziert. Wird *'min_face_angle'* auf π (entspricht 180 Grad) gesetzt, wird nur die Silhouette des 3D-Objektmodells zurückgegeben. Dieser Parameter kann insbesondere dafür verwendet werden, um Kanten in gekrümmten Flächen, z.B. einer Zylinder- oder Kegeloberfläche, zu unterdrücken.

Wertevorschläge: *0.17*, *0.26*, *0.35*, *0.52*.

Default: *0.52*.

Achtung

Kameras mit hyperzentrischen Objektiven werden nicht unterstützt. Falls CamParam Verzeichnungskoeffizienten ungleich null enthält ist bei der Projektion großer Dreiecke oder Polygone darauf zu achten, dass die Verzeichnung nur auf die Punkte des Objektmodells angewandt werden. In der Projektion werden diese wiederum mit geraden Linien verbunden. Für eine gute Approximation der verzeichneten Linien sollte eine Triangulierung mit ausreichend kleinen Dreiecken verwendet werden.

Parameter

- ▷ **ModelContours** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Projizierte Modellkonturen.
- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) ..... object_model_3d ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Objektmodells.
- ▷ **CamParam** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter.
- ▷ **Pose** (input_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
  3D-Lage des Weltkoordinatensystems in Kamerakoordinaten.
  Parameteranzahl: Pose == 7
- ▷ **GenParamName** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Name des generischen Parameters.
  Default: []
  Werteliste: GenParamName ∈ {'true', 'false', 'hidden_surface_removal', 'min_face_angle', 'data', 'point_shape', 'point_size', 'point_orientation', 'union_adjacent_contours'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Wert des generischen Parameters.
  Default: []
  Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {0.17, 0.26, 0.35, 0.52, 'true', 'false', 'auto', 'points', 'faces', 'lines', 'circle', 'cross', 1, 2, 3, 4, 0.785398}

Ergebnis

project_object_model_3d liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wenn die gewählten zu projizierenden Geometriedaten nicht im 3D-Objektmodell vorhanden sind, wird die Fehlermeldung 9514 zurückgegeben.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_object_model_3d, affine_trans_object_model_3d, prepare_object_model_3d

Nachfolger

clear_object_model_3d

Siehe auch

project_shape_model_3d, object_model_3d_to_xyz

Modul

3D Metrology

projective_trans_object_model_3d (: : ObjectModel3D, HomMat3D : ObjectModel3DProjectiveTrans)

Anwenden einer beliebigen projektiven 3D-Transformation auf 3D-Objektmodelle.

projective_trans_object_model_3d wendet eine beliebige projektive 3D-Transformation auf 3D-Objektmodelle an und liefert die Handle der transformierten 3D-Objektmodelle zurück. Die Transformation wird durch eine homogene Transformationsmatrix beschrieben, die in HomMat3D übergeben wird (siehe projective_trans_point_3d).

Die Transformationsmatrix kann z.B. mit Hilfe des Operators vector_to_hom_mat3d aufgebaut werden.

Achtung

projective_trans_object_model_3d transformiert nur Attribute vom Typ 3D-Punkt. Attribute vom Typ 3D-Formmodell für das formbasierte 3D-Matching, vom Typ 3D-Primitiv und vom Typ Normale werden nicht transformiert. Daher sind diese Attribute nicht im transformierten 3D-Objektmodell vorhanden. Alle anderen Attribute werden kopiert ohne sie zu verändern. Um 3D-Primitive zu transformieren, muss der Operator rigid_trans_object_model_3d verwendet werden.

Parameter

- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) ..... object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle der 3D-Objektmodelle.
- ▷ **HomMat3D** (input_control) ..... hom_mat3d ⇝ *real*
  Homogene projektive Transformationsmatrix.
- ▷ **ObjectModel3DProjectiveTrans** (output_control) ..... object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle der transformierten 3D-Objektmodelle.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert projective_trans_object_model_3d den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Exception-Behandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

read_object_model_3d, xyz_to_object_model_3d

Nachfolger

project_object_model_3d, object_model_3d_to_xyz

Siehe auch

affine_trans_point_3d, rigid_trans_object_model_3d, affine_trans_object_model_3d

Modul

3D Metrology

register_object_model_3d_global (: : ObjectModels3D, HomMats3D, From, To, GenParamName, GenParamValue : HomMats3DOut, Scores)

Verfeinern der relativen Lagen der eingegebenen 3D-Objektmodelle zueinander, basierend auf deren Überlappung.

register_object_model_3d_global verfeinert die relative Lage der angegebenen 3D-Objektmodelle zueinander, dieser Vorgang wird auch globale Registrierung genannt. Ausgehend von den mit HomMats3D angegebenen genäherten relativen Lagen der Modelle aus ObjectModels3D zueinander werden paarweise Überlappungsbereiche gesucht. Alle Eingabemodelle mit erkannten Überlappungen werden im Rahmen einer Ausgleichsrechnung so gegeneinander verschoben, dass die Überlappung maximal ist. Dieser Vorgang wird dann iterativ wiederholt. Die Lagen der Modelle mit der höchsten erreichten Überlappung werden in HomMats3DOut relativ zu einem globalen Referenzsystem zurückgegeben. Die entsprechenden Transformationen können mit dem Operator affine_trans_object_model_3d auf die angegebenen 3D-Objektmodelle angewandt werden, um sie in ein gemeinsames Koordinatensystem zu überführen. Der Parameter Scores enthält pro 3D-Objektmodell die Anzahl an gefundenen Nachbarn mit ausreichender Überlappung. Wenn für mindestens ein 3D-Objektmodell keine Überlappung gefunden wird, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Die genäherten relativen Lagen der Modelle müssen mithilfe der Parameter From und To konfiguriert und in HomMats3D angegeben werden. Es gibt drei mögliche Wege die relative Lage anzugeben:

Erstens kann durch das Setzen von From auf *'global'* die Interpretation des Parameters HomMats3D als ein Satz von globalen Transformationen zu einem gemeinsamen Koordinatenursprung festgelegt werden. Die Anzahl der Transformationen in HomMats3D (je 12 Werte pro Transformation) muss in diesem Fall gleich der Anzahl der 3D-Objektmodelle sein. Der Parameter To darf in diesem Fall nicht gesetzt sein. Diese Parametrisierung ist für Fälle gedacht, in denen entweder das aufgenommene Objekt oder die Kamera statisch bleibt und auf das jeweils Andere eine bekannte Transformation angewandt wird, z.B. durch einen Drehteller oder einen Roboter. In diesem Fall werden alle Nachbarschaften, die aufgrund der angegebenen Startlösung denkbar sind, für die Optimierung berücksichtigt.

Zweitens kann durch das Setzen von From auf *'previous'* die Interpretation des Parameters HomMats3D als ein Satz von relativen Verschiebungen zum jeweils vorhergehenden 3D-Objektmodell festgelegt werden. Hierfür wird eine Transformation weniger als die Anzahl der 3D-Objektmodelle benötigt, da die erste Transformation sich auf die Transformation vom ersten 3D-Objektmodell in das Referenzsystem des zweiten bezieht, usw. Der Parameter To darf in diesem Fall nicht gesetzt sein. Der Fall sollte angewandt werden, wenn die Kamera und das aufgenommene Objekt frei gegeneinander bewegt werden und die Transformation jeweils nur zur vorherigen Aufnahme ermittelt wird, z.B. mit dem Operator register_object_model_3d_pair. In diesem Fall werden alle Nachbarschaften, die aufgrund der angegebenen Startlösung denkbar sind, für die Optimierung berücksichtigt.

Drittens kann durch das Angeben von Indexpaaren in From und To jede einzelne Transformation in HomMats3D beschrieben werden. Die angegebenen Transformationen sind demnach immer die benötigten Transformationen, um das 3D-Objektmodell mit Index From in das Koordinatensystem des 3D-Objektmodells mit Index To zu verschieben. Die Indizes beziehen sich auf die Eingabeparameter von ObjectModels3D. In diesem Fall werden nur die Nachbarschaften berücksichtigt, die auch angegeben sind, somit sollten alle nötigen Überlappungen auch angegeben werden. Dies muss so geschehen, dass zwischen jedem Paar von Eingabeobjekten ein entsprechender Pfad von Transformationen vorhanden ist.

Wenn ObjectModels3D 3D-Primitive enthält, werden diese intern in Punktwolken umgewandelt und anschließend als solche behandelt.

Die numerisch maximal erreichbare Positionsgenauigkeit liegt bei etwa 0.1% der Punktwolkengröße. Die Genauigkeit hängt weiter vom Rauschen der Daten, von der Anzahl der Datenpunkte und von der Form der Punktwolken ab.

Der Vorgang der globalen Registrierung kann mit den Parametern GenParamName und GenParamValue weiter reguliert werden.

'default_parameters': Es gibt zwei Standardparametersätze, die zwischen schneller Konvergenz (*'fast'*) und genauer Überlappung (*'accurate'*) abwägen.

Werteliste: *'fast'*, *'accurate'*.

Default: *'accurate'*.

'rel_sampling_distance': Die relative Abtastrate der Eingabemodelle. Der Wert wird relativ zum Durchmesser der jeweiligen 3D-Objektmodelle interpretiert. Ein höherer Wert führt zu schnelleren Ausführungszeiten, während ein niedrigerer Wert zu genaueren Ergebnissen führt.

Wertevorschläge: *0.03*, *0.05*, *0.07*.

Default: *0.05* (*'default_parameters'* = *'accurate'*), *0.07* (*'default_parameters'* = *'fast'*).

Restriktion: 0 < *'rel_sampling_distance'* < 1

'pose_ref_sub_sampling': Anzahl an Punkten, die für jeden zugeordneten Punkt bei der Berechnung der Überlappung ausgelassen werden. Ein hoher Wert erlaubt eine schnellere Berechnung bei etwas ungenaueren Ergebnissen.
Wertevorschläge: *1*, *2*, *20*.
Default: *2* (*'default_parameters'* = *'accurate'*), *10* (*'default_parameters'* = *'fast'*).
Restriktion: *'pose_ref_sub_sampling'* > 0

'max_num_iterations': Anzahl der Iterationen zur Verbesserung der relativen Lagen. Je besser die initiale Schätzung der Lagen ist, desto weniger Iterationen werden benötigt.
Wertevorschläge: *1*, *3*, *10*.
Default: *3*.

Parameter

▷ **ObjectModels3D** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle mehrerer 3D-Objektmodelle.

▷ **HomMats3D** (input_control) . . . . . hom_mat3d-array ⇝ *real* / integer
Genäherte relative Lagen der 3D-Objektmodelle.

▷ **From** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *string* / integer
Typ der genäherten relativen Lagen in `HomMats3D`.
Default: 'global'
Werteliste: `From` ∈ {'global', 'previous', 0, 1, 2, 3, 4}

▷ **To** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer*
Index des Ziel-3D-Objektmodells für die Angabe der genäherten relativen Lagen in `HomMats3D`, falls `From` Indizes enthält, andernfalls bleibt dieser Parameter leer.
Default: []
Werteliste: `To` ∈ {0, 1, 2, 3, 4}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter zum Steuern der globalen Registrierung.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'default_parameters', 'rel_sampling_distance', 'pose_ref_sub_sampling', 'max_num_iterations'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer / string
Werte der generischen Parameter zum Steuern der globalen Registrierung.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0.03, 0.05, 0.07, 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 'fast', 'accurate'}

▷ **HomMats3DOut** (output_control) . . . . . hom_mat3d-array ⇝ *real* / integer
Resultierende Transformationen.

▷ **Scores** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Anzahl der gefundenen Nachbarn mit ausreichender Überlappung pro eingegebenem 3D-Objektmodell.

Ergebnis

`register_object_model_3d_global` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `xyz_to_object_model_3d`, `register_object_model_3d_pair`, `gen_object_model_3d_from_points`

Nachfolger

`affine_trans_object_model_3d`, `union_object_model_3d`, `sample_object_model_3d`, `triangulate_object_model_3d`

Siehe auch

`register_object_model_3d_pair`, `find_surface_model`, `refine_surface_model_pose`

Modul

3D Metrology

register_object_model_3d_pair (: : ObjectModel3D1, ObjectModel3D2, Method, GenParamName, GenParamValue : Pose, Score)

Suchen einer Transformation zwischen zwei 3D-Objektmodellen.

register_object_model_3d_pair sucht eine Transformation zwischen zwei 3D-Objektmodellen. Dieser Vorgang wird auch Registrierung genannt. Die in Pose zurückgegebene Pose beschreibt die Transformation, die nötig ist, um ObjectModel3D1 in das Koordinatensystem des zweiten Objekts ObjectModel3D2 zu überführen. Im Parameter Score wird der Anteil der überlappenden Oberflächen zurückgegeben (als Wert zwischen *0.0* und *1.0*). Sollte keine Überlappung vorhanden sein, wird auch keine Pose zurückgegeben. Es kann als Methode im Parameter Method entweder eine volle Suche ohne Einschränkung der relativen Lage mit *'matching'* oder eine Verfeinerung der momentanen relativen Lage zum als gemeinsam angenommenen globalen Koordinatenursprung mit *'icp'* ausgewählt werden. Die Verfeinerung findet auch nach dem Matching statt.

Die numerisch maximal erreichbare Positionsgenauigkeit liegt bei etwa 0.1% der Punktwolkengröße. Die Genauigkeit hängt weiter vom Rauschen der Daten, von der Anzahl der Datenpunkte und von der Form der Punktwolken ab.

Mit den Parametern GenParamName und GenParamValue können das Matching und die Verfeinerung parametrisiert werden:

'default_parameters': Um eine einfache Parametrisierung zu ermöglichen stehen einige Standardparametersätze zur Verfügung. Der Parametersatz *'fast'* zielt auf eine relativ schnelle Verarbeitung. Der Parametersatz *'accurate'* zielt auf genauere Ergebnisse. Der Parametersatz *'robust'* zielt neben einer höheren Genauigkeit auch auf eine exaktere Berechnung der Bewertung in Score, ist aber dafür langsamer.

Werteliste: *'fast'*, *'accurate'*, *'robust'*.

Default: *'accurate'*.

'rel_sampling_distance': Legt die relative Abtastrate fest, mit der Oberflächen der 3D-Objektmodelle abgetastet werden. Der Wert wird relativ zum Durchmesser des jeweiligen Objektes angegeben und gibt den minimalen Abstand von zwei während der Abtastung ausgewählten Punkten an. Umso höher der Wert ist, desto schneller und ungenauer ist die Berechnung der relativen Lage. Dieser Parameter kann mit Hilfe von *'rel_sampling_distance_obj1'* und *'rel_sampling_distance_obj2'* für beide Objekte unabhängig gesetzt werden.

Wertevorschläge: *0.03*, *0.05*, *0.07*.

Default: *0.05*.

'key_point_fraction': Der Anteil an Punkten, die beim Matching als Referenzpunkte gewählt werden. Dieser Wert kann für das erste Objekt mit *'key_point_fraction_obj1'* und für das zweite mit *'key_point_fraction_obj2'* separat gesetzt werden. Die Erhöhung dieses Wertes führt zu einer längeren Berechnung, erlaubt aber kleinere Überlappungen zu finden.

Wertevorschläge: *0.2*, *0.3*, *0.4*.

Default: *0.3*.

'pose_ref_num_steps': Die Anzahl der Iterationsschritte bei der Verfeinerung der Position.

Wertevorschläge: *5*, *7*, *10*.

Default: *5*.

'pose_ref_sub_sampling': Anzahl der Punkte, die bei der Positionsverfeinerung pro ausgewertetem Punkt zu überspringen sind.

Wertevorschläge: *1*, *2*, *20*.

Default: *2*.

'pose_ref_dist_threshold_rel': Der maximale Abstand, den zwei Flächen haben dürfen, um als Überlappungskandidaten bei der Positionsverfeinerung in Frage zu kommen. Dieser Wert wird relativ zum Durchmesser des größeren Objektes angegeben.

Wertevorschläge: *0.05*, *0.1*, *0.15*.

Default: *0.1*.

'pose_ref_dist_threshold_abs': Der maximale Abstand, den zwei Flächen haben dürfen, um als Überlappungskandidaten bei der Positionsverfeinerung in Frage zu kommen. Dieser Wert wird absolut angegeben.

'model_invert_normals': Invertiert die Normalen des kleineren der zwei Objekte, sollten diese inkompatible Normalenausrichtungen haben.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'false'*.

Parameter

▷ **ObjectModel3D1** (input_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des ersten 3D-Objektmodells.

▷ **ObjectModel3D2** (input_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des zweiten 3D-Objektmodells.

▷ **Method** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Methode zur Registrierung.
Default: 'matching'
Werteliste: `Method` ∈ {'matching', 'icp'}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'default_parameters', 'rel_sampling_distance', 'rel_sampling_distance_obj1', 'rel_sampling_distance_obj2', 'key_point_fraction', 'key_point_fraction_obj1', 'key_point_fraction_obj2', 'pose_ref_num_steps', 'pose_ref_sub_sampling', 'pose_ref_dist_threshold_rel', 'pose_ref_dist_threshold_abs', 'model_invert_normals'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer / string
Werte der generischen Parameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'fast', 'accurate', 'robust', 0.1, 0.25, 0.5, 1, 'true', 'false'}

▷ **Pose** (output_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Pose, mit der `ObjectModel3D1` in das Referenzsystem von `ObjectModel3D2` verschoben werden kann.

▷ **Score** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Überlappung der zwei Objekte.

Beispiel

```
* Generate two boxes
gen_box_object_model_3d ([0,0,0,0,0,0,0],3,2,1, ObjectModel3D1)
gen_box_object_model_3d ([0,0,0.5,15,0,0,0],3,2,1, ObjectModel3D2)
* Match them
register_object_model_3d_pair (ObjectModel3D1, ObjectModel3D2, 'matching',\
                               [], [], Pose, Score)
```

Ergebnis

`register_object_model_3d_pair` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `gen_object_model_3d_from_points`, `xyz_to_object_model_3d`

Nachfolger

`register_object_model_3d_global`, `affine_trans_object_model_3d`, `union_object_model_3d`

Siehe auch

`register_object_model_3d_global`, `find_surface_model`

Modul

3D Metrology

render_object_model_3d (: Image : ObjectModel3D, CamParam, Pose, GenParamName, GenParamValue :)

Berechnen eines Bildes durch Rendern von 3D-Objektmodellen.

`render_object_model_3d` rendert die 3D-Objektmodelle `ObjectModel3D` und gibt das Ergebnis im Bild `Image` zurück. Die Szene wird über die Kameraparameter `CamParam` und die Posen `Pose` der Objekte definiert. `Pose` kann entweder eine Pose enthalten, die für alle Objekte gilt, oder eine individuelle Pose für jedes Objekt.

Die Ansicht der Szene ist identisch zu der von `disp_object_model_3d` erzeugten Ansicht. Die Parameter und weitere Details sind in `disp_object_model_3d` dokumentiert. Anders als in `disp_object_model_3d` sind aber die Parameter *'object_index_persistence'* und *'disp_background'* nicht einstellbar.

`render_object_model_3d` benötigt OpenGL 2.1, GLSL 1.2 und die OpenGL Extensions GL_EXT_framebuffer_object und GL_EXT_framebuffer_blit. Andernfalls wird automatisch der Parameter *'opengl_compatibility_mode_enable'* der Systemvariable (siehe `set_system`) auf *'true'* gesetzt und die Visualisierung mit geringeren Anforderungen durchgeführt. Hierfür wird OpenGL 1.1 benötigt.

Achtung

Kameras mit hyperzentrischen Objektiven werden nicht unterstützt.

Parameter

- ▷ **Image** (output_object) ..... multichannel-image ⇝ *object :* byte
  Gerenderte Szene.
- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) ..... object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handles der 3D Objektmodelle.
- ▷ **CamParam** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Kameraparameter.
- ▷ **Pose** (input_control) ..... pose(-array) ⇝ *real* / integer
  3D Posen der Objekte im Kamerakoordinatensystem.
- ▷ **GenParamName** (input_control) ..... string-array ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'alpha', 'attribute', 'color', 'colored', 'disp_lines', 'disp_pose', 'disp_normals', 'light_position', 'line_color', 'normal_color', 'quality', 'compatibility_mode_enable', 'point_size', 'color_attrib', 'color_attrib_start', 'color_attrib_end', 'red_channel_attrib', 'blue_channel_attrib', 'green_channel_attrib', 'rgb_channel_attrib_start', 'rgb_channel_attrib_end', 'lut'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) ..... string-array ⇝ *string* / integer / real
  Werte der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false', 'coord_x', 'coord_y', 'coord_z', 'normal_x', 'normal_y', 'normal_z', 'red', 'green', 'blue', 'auto', 'faces', 'primitive', 'points', 'lines'}

Ergebnis

`render_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: mutually exclusive (läuft parallel zu anderen nicht-exklusiven Operatoren mit Ausnahme von sich selbst).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

find_surface_model, fit_primitives_object_model_3d, segment_object_model_3d, read_object_model_3d, xyz_to_object_model_3d

Nachfolger

disp_obj

Siehe auch

disp_object_model_3d, project_shape_model_3d, object_model_3d_to_xyz

Modul

3D Metrology

rigid_trans_object_model_3d (: : ObjectModel3D, Pose : ObjectModel3DRigidTrans)

Anwenden einer starren 3D-Transformation auf 3D-Objektmodelle.

rigid_trans_object_model_3d wendet starre 3D-Transformationen auf 3D-Objektmodelle an und liefert den Handle der transformierten 3D-Objektmodelle zurück. Die Transformationen werden durch eine oder mehrere Posen beschrieben, die in Pose übergeben werden. Die Posen werden dabei in der Form ${}^{cst}\mathbf{P}_{mcsi}$ erwartet. Dabei steht *mcsi* für das Koordinatensystem des Eingabe-3D-Objektmodells und *cst* für das Koordinatensystem des transformierten Models, z.B. das Koordinatensystem einer Szene (siehe auch Transformationen / Posen und „Solution Guide III-C - 3D Vision"). Posen können mit Hilfe der Operatoren create_pose, pose_invert, etc. aufgebaut werden oder das Resultat von get_object_model_3d_params sein.

Der Operator unterstützt ein oder mehrere 3D-Objektmodelle mit einer Pose (N:1), ein 3D-Objektmodell mit ein oder mehreren Posen (1:N) sowie eine Pose pro übergebenem 3D-Objektmodell, die dann nur auf das jeweilige 3D-Objektmodell angewandt wird (N:N). Dabei kann N auch für 0 stehen, d.h. es kann keine Pose oder kein Objektmodell übergeben werden, in welchem Fall in ObjectModel3DRigidTrans ein leeres Tupel zurückgegeben wird. Dies kann z.B. verwendet werden, um die Ergebnisse von find_surface_model zu transformieren, ohne vorher zu prüfen ob tatsächlich mindestens ein Ergebnis gefunden wurde.

Achtung

rigid_trans_object_model_3d transformiert Attribute vom Typ Punktkoordinaten, Punktnormalen und vorbereitetem 3D-Formmodell für das formbasierte 3D-Matching, sowie 3D-Primitive. Vorberechnete Datenstrukturen für die 3D Abstandsbestimmung werden nicht kopiert. Alle anderen Attribute werden kopiert ohne sie zu verändern.

Parameter

- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle der 3D-Objektmodelle.
- ▷ **Pose** (input_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
  Posen.
- ▷ **ObjectModel3DRigidTrans** (output_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle der transformierten 3D-Objektmodelle.

Ergebnis

rigid_trans_object_model_3d liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

read_object_model_3d, xyz_to_object_model_3d, fit_primitives_object_model_3d

Nachfolger

project_object_model_3d, object_model_3d_to_xyz, get_object_model_3d_params

Siehe auch

affine_trans_point_3d, affine_trans_object_model_3d

Modul

3D Metrology

sample_object_model_3d (: : ObjectModel3D, Method, SamplingParam, GenParamName, GenParamValue : SampledObjectModel3D)

Abtasten eines 3D-Objektmodells.

sample_object_model_3d erzeugt eine abgetastete Variante des 3D-Objektmodells ObjectModel3D und gibt sie in SampledObjectModel3D zurück. Je nach verwendeter Methode steuert SamplingParam den Mindestabstand oder die Anzahl der Punkte in SampledObjectModel3D. Das erzeugte 3D-Objektmodell wird in SampledObjectModel3D zurückgegeben.

Der Gebrauch von sample_object_model_3d ist empfohlen, wenn komplexe Punktwolken zur Nachverarbeitung ausgedünnt werden oder Primitive oder triangulierte 3D-Objektmodelle in Punktwolken umgewandelt werden sollen. Wenn das 3D-Objektmodell trianguliert ist und unter bestmöglicher Beibehaltung seiner ursprünglichen Geometrie vereinfacht werden soll, sollte stattdessen simplify_object_model_3d verwendet werden.

Besteht das Eingabemodell ObjectModel3D nur aus Punkten, so stehen einige Methoden zur Verfügung die über den Parameter Method ausgewählt werden können:

'fast': Die Standardmethode *'fast'* fügt der Reihe nach alle Punkte, die bisher keinen Nachbarpunkt mit einem Abstand unter der angegebenen Schwelle SamplingParam haben, in das Ausgabeobjekt ein. In diesem Fall werden, soweit vorhanden, die Punktnormalen, das Mapping sowie erweiterte Punktattribute kopiert.

'fast_compute_normals' : Die Methode *'fast_compute_normals'* berechnet die Normalen von allen Punkten die wie bei der Methode *'fast'* ausgewählt wurden. Dazu muss das Eingabeobjektmodell entweder Normalen aufweisen, die kopiert werden, oder ein XYZ-Mapping aus dem die Normalen berechnet werden. Die z-Komponente der berechneten Normalenvektoren ist immer positiv. Das XYZ-Mapping wird beispielsweise von xyz_to_object_model_3d erzeugt.

'accurate': Die Methode *'accurate'* geht alle Punkte von ObjectModel3D durch und berechnet, ob innerhalb einer Kugel mit dem Radius SamplingParam um den untersuchten Punkt noch andere Punkte liegen. Wenn keine anderen Punkte in der Kugel enthalten sind, wird der ursprüngliche Punkt in SampledObjectModel3D gespeichert. Falls noch andere Punkte in der Kugel sind, wird ihr Schwerpunkt (inklusive dem ursprünglichen Punkt) berechnet und der resultierende Punkt in SampledObjectModel3D gespeichert. Dieser Vorgang wird mit den restlichen Punkten wiederholt, bis keine Punkte mehr übrig sind. Bei der Methode gehen erweiterte Attribute verloren, Normalen und XYZ-Mapping werden kopiert. Punkte, die keine oder wenig Nachbarn in der Originalpunktwolke haben, können als Ausreißer erkannt und entfernt werden, indem die Mindestanzahl an Nachbarn mit Hilfe von *'min_num_points'* in GenParamName und einer Anzahl in GenParamValue angegeben wird.

'accurate_use_normals': Die Methode *'accurate_use_normals'* benötigt bereits berechnete Normalen, und interpoliert benachbarte Punkte nur dann, wenn sie eine ähnliche Normale aufweisen. Der Schwellenwert auf diese Ähnlichkeit kann mit *'max_angle_diff'* in GenParamName und einem Winkel in GenParamValue angegeben werden. Der Standardwert für den Schwellenwert ist *180* Grad. Es kann außerdem das selbe Ausreißerkriterium wie bei der Methode *'accurate'* angewandt werden.

'xyz_mapping': Die Methode *'xyz_mapping'* nur auf Punktwolken angewendet werden, die ein XYZ-Mapping enthalten (z.B. wenn sie mittels xyz_to_object_model_3d erstellt wurden). Dieses Mapping speichert für jeden Punkt die ursprünglichen Bildkoordinaten. Die Methode *'xyz_mapping'* unterteilt diese Bilder in Quadrate, deren Seitenlängen dem Parameter SamplingParam (in Pixeln) entsprechen, und wählt einen Punkt pro Quadrat aus.

Die Methode verhält sich daher ähnlich zu einer Anwendung von zoom_image_factor auf die ursprünglichen XYZ-Bilder. Diese Methode ignoriert die 3D-Koordinaten bei der Auswahl der Punkte und verwendet lediglich die 2D Bildkoordinaten der Punkte.

Wichtig ist, dass bei dieser Methode SamplingParam einem Abstand in Pixeln entspricht, nicht einem Abstand im 3D-Raum.

'xyz_mapping_compute_normals': Die Methode *'xyz_mapping_compute_normals'* berechnet die Normalen von allen Punkten die wie bei der Methode *'xyz_mapping'* ausgewählt wurden. Die z-Komponente der berechneten Normalenvektoren ist immer positiv. Enthält das Eingabeobjektmodell bereits Normalen, werden diese kopiert. Andernfalls werden die Normalen aus den XYZ-Mapping berechnet.

'furthest_point': Die Methode *'furthest_point'* fügt iterativ jeweils den Punkt des Eingabeobjekts dem Ausgabeobjekt hinzu, der am weitesten von allen bisherigen Punkten des Ausgabeobjekts entfernt ist. Für diese Methode wird in `SamplingParam` die gewünschte Anzahl der Punkte des Ausgabeobjekts übergeben. Ist diese größer oder gleich der Anzahl der Punkte des Eingabeobjekts, so werden alle Punkte des Eingabeobjekts zurückgegeben.

Der erste dem Ausgabeobjekt hinzugefügte Punkt ist derjenige, der am weitesten vom Zentrum des achsenparallelen Quaders um alle Punkte des Eingabeobjekts entfernt ist.

'furthest_point_compute_normals': Die Methode *'furthest_point_compute_normals'* berechnet die Normalen von allen Punkten, die wie bei der Methode *'furthest_point'* ausgewählt wurden. Auch bei dieser Methode wird in `SamplingParam` die Anzahl der gewünschten Punkte im Ausgabeobjekt übergeben.

Für die Normalenberechnung muss das Eingabeobjektmodell entweder Normalen aufweisen, die kopiert werden, oder ein XYZ-Mapping aus dem die Normalen berechnet werden. Die z-Komponente der berechneten Normalenvektoren ist immer positiv. Das XYZ-Mapping wird beispielsweise von `xyz_to_object_model_3d` erzeugt.

Besteht das Eingabeobjektmodell aus Flächen (Dreiecke oder Polygone) oder aus einem 3D-Primitiv, so wird die Oberfläche mit der in `SamplingParam` angegebenen Distanz abgetastet. In diesem Fall wird die in `Method` angegebene Methode ignoriert. Die Orientierung der berechneten Normalen hängt vom Umlaufsinn der Flächen des Modells ab. Üblicherweise variiert der Umlaufsinn der Flächen innerhalb eines CAD-Modells nicht, wodurch die ermittelten Normalen entweder alle nach innen oder nach außen gerichtet sind. 3D-Primitive vom Typ Ebene oder Zylinder dürfen nur endliche Ausdehnung haben. Besteht das Eingabeobjektmodell aus Linien, so werden die Linien mit der angegebenen Distanz abgetastet.

Der Abtastprozess approximiert Oberflächen, indem neue Punkte im Ausgabeobjektmodell erzeugt werden. Daher gehen erweiterte Attribute des Eingabeobjektmodells verloren.

Bei gemischten Eingabeobjektmodellen entscheidet die Abtastpriorität (von hoch bis niedrig): Flächen, Linien, Primitive, und Punkte, d.h. nur die Objekte der höchsten Priorität werden abgetastet.

Für die Abtastdistanz oder Anzahl an Punkten in `SamplingParam` kann entweder ein Wert übergeben werden, der für alle in `ObjectModel3D` übergebenen 3D-Objektmodelle gültig ist, oder für jedes Eingabemodell ein eigener Wert. Beschreibt `SamplingParam` einen Abstand im 3D-Raum, so wird die HALCON-übliche Einheit *'m'* verwendet.

Parameter

▷ **`ObjectModel3D`** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des abzutastenden 3D-Objektmodells.

▷ **`Method`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Verwendete Methode zum Abtasten.
Default: 'fast'
Werteliste: `Method` ∈ {'fast', 'fast_compute_normals', 'accurate', 'accurate_use_normals', 'xyz_mapping', 'xyz_mapping_compute_normals', 'furthest_point', 'furthest_point_compute_normals'}

▷ **`SamplingParam`** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real* / integer
Abtastdistanz oder Anzahl an Punkten.
Parameteranzahl: SamplingParam == 1 || SamplingParam == ObjectModel3D
Default: 0.05

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die für die Abtastung eingestellt werden sollen.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'min_num_points', 'max_angle_diff'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer / string
Werte der generischen Parameter, die für die Abtastung eingestellt werden sollen.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {1, 2, 5, 10, 20, 0.1, 0.25, 0.5}

▷ **`SampledObjectModel3D`** (output_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells mit den abgetasteten Punkten.
Parameteranzahl: SampledObjectModel3D == ObjectModel3D

Beispiel

```
gen_box_object_model_3d ([0,0,0,0,0,0,0],3,2,1, ObjectModel3D)
sample_object_model_3d (ObjectModel3D, 'fast', 0.05, [], [], \
                        SampledObjectModel3D)
dev_get_window (WindowHandle)
visualize_object_model_3d (WindowHandle, SampledObjectModel3D, \
                           [], [], [], [], [], [], [], PoseOut)
```

Ergebnis

`sample_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `gen_plane_object_model_3d`, `gen_sphere_object_model_3d`, `gen_cylinder_object_model_3d`, `gen_box_object_model_3d`, `gen_sphere_object_model_3d_center`, `xyz_to_object_model_3d`

Nachfolger

`get_object_model_3d_params`, `clear_object_model_3d`

Alternativen

`simplify_object_model_3d`, `smooth_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

simplify_object_model_3d (: : ObjectModel3D, Method, Amount, GenParamName, GenParamValue : SimplifiedObjectModel3D)

Vereinfacht ein trianguliertes 3D-Objektmodell.

`simplify_object_model_3d` vereinfacht das triangulierte 3D-Objektmodell `ObjectModel3D`, indem sukzessiv Modellpunkte eliminiert werden und gibt das Ergebnis in `SimplifiedObjectModel3D` zurück. Im Gegensatz zu `sample_object_model_3d` wird dabei die ursprüngliche Geometrie des 3D-Objektmodells so gut wie möglich bewahrt. Dies bedeutet typischerweise, dass Kanten erhalten bleiben, die Punktdichte in glatten Objektteilen aber gleichzeitig stark reduziert wird. Dies ist z.B. hilfreich, um nachfolgende Operatoren durch die reduzierte Modellkomplexität zu beschleunigen.

Die Vermaschung des Eingabe-3D-Objektmodells bleibt im Gegensatz zum Operator `sample_object_model_3d` erhalten, der Oberflächen abtastet und dabei äquidistante, unverbundene Punkte erzeugt.

Aktuell wird nur eine Vereinfachungsmethode (*'preserve_point_coordinates'*) unterstützt, die in `Method` ausgewählt werden kann. Bei dieser Methode haben die Punkte im vereinfachten Objektmodell `SimplifiedObjectModel3D` die gleichen Koordinaten wie die entsprechenden Punkte im Eingabe-Objektmodell `ObjectModel3D`.

`simplify_object_model_3d` setzt voraus, dass die Punkte im Eingabe-Objektmodell trianguliert sind. Dies kann mit `get_object_model_3d_params` (`GenParamName`=*'has_triangles'*) abgefragt werden. Objektmodelle, die keine Triangulierung enthalten, können mit `triangulate_object_model_3d` oder `prepare_object_model_3d` (`Purpose`=*'segmentation'*) zuvor trianguliert werden.

Der Grad der Vereinfachung kann mit `Amount` festgelegt werden. Standardmäßig wird in `Amount` der Prozentsatz der Punkte des Eingabe-Objektmodells übergeben, die im Ausgabe-Objektmodell enthalten sein sollen. Je kleiner der Wert für `Amount` in diesem Fall gewählt wird, desto stärker wird das Objektmodell vereinfacht.

Alternativ kann die Bedeutung des Parameters `Amount` verändert werden. Dazu kann der generische Parameter *'amount_type'* auf die folgenden Werte gesetzt werden:

'percentage_remaining' (Default): `Amount` beschreibt den Prozentsatz der Punkte des Eingabe-Objektmodells, die im Ausgabe-Objektmodell enthalten sein sollen.
Wertebereich: [*0.0* ... *100.0*].

'percentage_to_remove': `Amount` beschreibt den Prozentsatz der Punkte des Eingabe-Objektmodells, die eliminiert werden sollen.
Wertebereich: [*0.0* ... *100.0*].

'num_points_remaining': `Amount` beschreibt die Anzahl der Punkte des Eingabe-Objektmodells, die im Ausgabe-Objektmodell enthalten sein sollen.
Wertebereich: [*0* ... Anzahl der Punkte im Eingabe-Objektmodell].

'num_points_to_remove': `Amount` beschreibt die Anzahl der Punkte des Eingabe-Objektmodells, die eliminiert werden sollen.
Wertebereich: [*0* ... Anzahl der Punkte im Eingabe-Objektmodell].

Manchmal kehren sich Dreiecke der Vermaschung während der Vereinfachung um, d.h. die Richtung ihrer Normalenvektoren ändert sich um 180 Grad. Dies tritt insbesondere bei künstlich generierten CAD-Modellen auf, die ebenen Teilen enthalten. Um die Umkehr der Dreiecke zu verhindern, kann der generische Parameter *'avoid_triangle_flips'* auf *'true'* gesetzt werden (der Default ist *'false'*). In diesem Fall erhöht sich allerdings die Laufzeit von `simplify_object_model_3d`.

Es ist zu beachten, dass mehrfaches Aufrufen von `simplify_object_model_3d` mit geringem Vereinfachungsgrad zu anderen Ergebnissen führen kann als ein einmaliger Aufruf mit stärkerem Vereinfachungsgrad. Isolierte (d.h. nicht-triangulierte) Punkte werden bei der Vereinfachung gelöscht. Dies kann dazu führen, dass die Anzahl der Punkte in `SimplifiedObjectModel3D` leicht vom in `Amount` gewählten Vereinfachungsgrad abweicht.

Parameter

- ▷ **`ObjectModel3D`** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Objektmodells, das vereinfacht werden soll.
- ▷ **`Method`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Methode, die zum Vereinfachen verwendet werden soll.
  Default: 'preserve_point_coordinates'
  Werteliste: `Method` ∈ {'preserve_point_coordinates'}
- ▷ **`Amount`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Maß der Vereinfachung (Default: Prozentsatz der verbleibenden Modellpunkte).
- ▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'amount_type', 'avoid_triangle_flips'}
- ▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / real
  Werte der generischen Parameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'percentage_remaining', 'percentage_to_remove', 'num_points_remaining', 'num_points_to_remove', 'true', 'false'}
- ▷ **`SimplifiedObjectModel3D`** (output_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle des vereinfachten 3D-Objektmodells.

Beispiel

```
read_object_model_3d ('mvtec_bunny.om3', 'm', [], [], ObjectModel3D, Status)
visualize_object_model_3d (WindowHandle, ObjectModel3D, [], [], [], [], \
                           [], [], [], Pose)
simplify_object_model_3d (ObjectModel3D, 'preserve_point_coordinates', \
                          5.0, 'amount_type', 'percentage_remaining', \
                          SimplifiedObjectModel3D)
visualize_object_model_3d (WindowHandle, SimplifiedObjectModel3D, [], \
                           Pose, [], [], [], [], [], Pose)
```

Ergebnis

`simplify_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`prepare_object_model_3d`, `read_object_model_3d`, `triangulate_object_model_3d`, `xyz_to_object_model_3d`

Nachfolger

`disp_object_model_3d`, `smallest_bounding_box_object_model_3d`

Alternativen

`sample_object_model_3d`, `smooth_object_model_3d`

Literatur

Michael Garland, Paul S. Heckbert: Surface Simplification Using Quadric Error Metrics, Proceedings of the 24th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH '97), 209-216, ACM Press, 1997

Modul

3D Metrology

smooth_object_model_3d (: : `ObjectModel3D`, `Method`, `GenParamName`, `GenParamValue` : `SmoothObjectModel3D`)

Glätten von 3D-Punkten eines 3D-Objektmodells.

Der Operator `smooth_object_model_3d` glättet die 3D-Punkte des in `ObjectModel3D` eingegebenen 3D-Objektmodells. Zurzeit bietet der Operator drei Verfahren zur Glättung, die im Parameter `Method` ausgewählt werden: *'mls'*, *'xyz_mapping'* und *'xyz_mapping_compute_normals'*. *'mls'* verwendet ein Moving Least Squares (MLS) Verfahren. Als Nebeneffekt des Glättens erweitert die Methode das Objektmodell `SmoothObjectModel3D` um Normalen. *'xyz_mapping'* glättet die Punktkoordinaten mit Hilfe eines 2D-Filters und des in `ObjectModel3D` enthaltenen 2D-Mappings. *'xyz_mapping_compute_normals'* glättet die Punkte wie *'xyz_mapping'* und erweitert `SmoothObjectModel3D` zusätzlich um Normalen.

Mit `GenParamName` und `GenParamValue` können zusätzliche Parameternamen und -werte eingestellt werden. Für `Method`=*'mls'* setzbare Parameternamen haben *'mls'* vorangestellt. Analog dazu besitzen die für `Method`=*'xyz_mapping'* und `Method`=*'xyz_mapping_compute_normals'* zulässigen Parameternamen das Präfix *'xyz_mapping'*.

MLS Glättung

Für `Method`=*'mls'* berechnet der MLS-Algorithmus für jeden Punkt P eine Ebene oder eine Oberfläche höherer Ordnung, welche optimal an die k-Nachbarschaft des Punktes (d.h. die nächsten k Nachbarn) angepasst wird. Das Oberflächenfitting ist im Wesentlichen als *gewichtete Methode der kleinsten Quadrate* für die Schätzung der Ebenen- bzw. Oberflächenparameter implementiert. Die nächsten Nachbarn von P haben einen größeren Einfluss auf die Parameterschätzung als die ferneren Punkte. Dieser Einfluss wird durch die folgende *Gewichtungsfunktion* und den Parameter σ gesteuert:

$$w(P') = exp\left(-\frac{\|P' - P\|^2}{\sigma^2}\right)$$

Der Punkt wird dann auf die Oberfläche projiziert. Dieses Verfahren wird für jeden einzelnen Punkt wiederholt, was in einem geglätteten Punktsatz resultiert. Die Punkte auf der gefitteten Oberfläche haben leicht zu berechnende Normalen (d.h. die Normalen können direkt aus den jeweiligen Oberflächenparametern berechnet werden). Folglich werden die Punkte nicht nur geglättet, sondern als Nebeneffekt des Glättens bekommen sie eine Schätzung für ihre Normalen.

Mit GenParamName und GenParamValue können folgende zusätzliche Parameter der *MLS Glättung* eingestellt werden:

'mls_kNN': Setzt die Anzahl der nächsten k Nachbarn, welche beim Fitten einer Ebene, bzw. Oberfläche zu jedem Punkt betrachtet werden.

Wertevorschläge: *40*, *60*, *80*, *100*, *400*.

Default: *60*

'mls_order': Setzt die Ordnung der MLS-Oberfläche. Für *'mls_order'=1* ist die Oberfläche eine einfache Ebene.

Wertevorschläge: *1*, *2*, *3*.

Default: *2*

'mls_abs_sigma': Setzt den Gewichtungsparameter σ als Festwert in Meter. Der auszuwählende Wert hängt stark vom Maßstab der eingegebenen Punktdaten ab. Als Faustregel sollte man einen Wert für σ wählen, der dem typischen Abstand jedes Punktes P zu seinem $k/2$. (mittleren) Nachbarn $P_{k/2}$ entspricht. Es ist zu beachten, dass, wenn die Daten eine variierende Dichte haben, das Setzen eines Festwerts für σ zu ungleichen Glättungsergebnissen für Bereiche unterschiedlicher Punktdichte führt. Dieses Problem kann umgegangen werden, indem man statt *'mls_abs_sigma'* den Parameter *'mls_relative_sigma'* benutzt. Letzterer ist unabhängig vom Maßstab und deswegen auch einfacher zu bedienen. Es sollte allerdings auch beachtet werden, dass der Parameter *'mls_relative_sigma'* ignoriert wird, wenn der Parameter *'mls_abs_sigma'* gesetzt ist.

Wertevorschläge: *0.0001*, *0.001*, *0.01*, *0.1*, *1.0*.

'mls_relative_sigma': Setzt einen Multiplikationsfaktor σ_{rel}, der verwendet wird, um σ_P für jeden Punkt P nach der Formel zu berechnen:

$$\sigma_P = \sigma_{rel} \| P_{k/2} - P \|,$$

wobei $P_{k/2}$ der $k/2$. Nachbar von P ist. Anders als der global für alle Punkte wirkende Parameter σ wird σ_P allein für den jeweiligen Punkt P berechnet. Dadurch werden Probleme vermieden, welche durch das Verwenden eines festen Wertes für Daten mit variierender Punktdichte entstehen. Es sollte allerdings auch beachtet werden, dass der Parameter *'mls_relative_sigma'* ignoriert wird, wenn der Parameter *'mls_abs_sigma'* gesetzt ist.

Wertevorschläge: *0.1*, *0.5*, *1.0*, *1.5*, *2.0*.

Default: *1.0*.

'mls_force_inwards': Ist dieser Parameter auf den Wert *'true'* gesetzt, so werden alle Normalen so orientiert, dass sie „zum Koordinatenursprung zeigen“. Mathematisch ausgedrückt bedeutet das, dass das Skalarprodukt zwischen dem Normalenvektor und dem Vektor, der vom entsprechenden Oberflächenpunkt zum Koordinatenursprung zeigt, positiv ist. Dies kann notwendig sein, wenn das resultierende SmoothObjectModel3D für das oberflächenbasierte Matching verwendet werden soll — entweder als Modell im Operator create_surface_model oder als 3D-Szene im Operator find_surface_model — da hier die konsistente Orientierung der Normalen wichtig ist. Wird der Parameter *'mls_force_inwards'* auf den Wert *'false'* gesetzt, so ist die Orientierung der Normalen beliebig.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'true'*.

Glättung des 2D-Mappings

Für Method=*'xyz_mapping'* oder Method=*'xyz_mapping_compute_normals'* werden die Punkte des 3D-Objektmodells durch die Anwendung eines 2D-Filters auf dem enthaltenen Tiefenbild geglättet. Für Method=*'xyz_mapping_compute_normals'* wird SmoothObjectModel3D zusätzlich um Normalen erweitert, die anhand des XYZ-Mappings berechnet werden. Enthält ObjectModel3D kein 2D-Mapping, wird ein Fehler geworfen. Da das 3D-Objektmodell anhand des 2D-Mappings geglättet wird, ist die Verwendung von Method=*'xyz_mapping'* oder Method=*'xyz_mapping_compute_normals'* üblicherweise schneller als Method=*'mls'*. Invalide Punkte (z.B. duplizierte Punkte mit Koordinaten [0,0,0]) sollten vor Anwendung des Operators aus dem 3D-Objektmodell entfernt werden, beispielsweise mit select_points_object_model_3d und Attribut *'point_coord_z'* oder *'num_neighbors_fast X'*.

Mit GenParamName und GenParamValue können folgende zusätzliche Parameter der *2D Glättung* eingestellt werden:

'xyz_mapping_filter': Setzt den verwendeten Filter zur Glättung des 2D-Mappings. Die Größe der Filtermaske kann mit *'xyz_mapping_mask_width'* und *'xyz_mapping_mask_height'* gesetzt werden.

Im Standardmodus *'median_separate'* ist der verwendete Algorithmus vergleichbar mit `median_separate`. Dieser Modus ist häufig schneller als *'median'*, kann jedoch auch zu weniger präzisen Ergebnissen oder Artefakten an Oberflächendiskontinuitäten führen.

Im Modus *'median'* ist der Algorithmus vergleichbar mit `median_image`.

Werteliste: *'median_separate'*, *'median'*.

Default: *'median_separate'*.

'xyz_mapping_mask_width', *'xyz_mapping_mask_height'*: Setzen Breite und Höhe der verwendeten Filtermaske.

Für *'xyz_mapping_filter'='median_separate'* und *'xyz_mapping_filter'='median'* werden gerade Werte für *'xyz_mapping_mask_width'* oder *'xyz_mapping_mask_height'* automatisch auf den nächstgrößeren ungeraden Wert gesetzt.

Für *'xyz_mapping_filter'='median'* muss die verwendete Filtermaske quadratisch sein (*'xyz_mapping_mask_width'* = *'xyz_mapping_mask_height'*). Wenn nur *'xyz_mapping_mask_width'* oder *'xyz_mapping_mask_height'* gesetzt wird, wird der andere Parameter automatisch auf den gleichen Wert gesetzt. Werden zwei verschiedene Werte gesetzt, wird ein Fehler geworfen.

Wertevorschläge: *3*, *5*, *7*, *9*.

Default: *3*.

Parameter

▷ **`ObjectModel3D`** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle eines 3D-Objektmodells mit 3D-Punktdaten.

▷ **`Method`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Glättungsmethode.
Default: 'mls'
Werteliste: `Method` ∈ {'mls', 'xyz_mapping', 'xyz_mapping_compute_normals'}

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'mls_kNN', 'mls_order', 'mls_abs_sigma', 'mls_relative_sigma', 'mls_force_inwards', 'xyz_mapping_filter', 'xyz_mapping_mask_width', 'xyz_mapping_mask_height'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string
Werte der generischen Parameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {10, 20, 40, 60, 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 0, 1, 2, 3, 5, 7, 9}

▷ **`SmoothObjectModel3D`** (output_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des geglätteten 3D-Objektmodells.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

`surface_normals_object_model_3d`, `sample_object_model_3d`, `simplify_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

`surface_normals_object_model_3d` `( : : ObjectModel3D, Method, GenParamName, GenParamValue : ObjectModel3DNormals )`

Berechnet die 3D-Oberflächennormalen eines 3D-Objektmodells.

Der Operator surface_normals_object_model_3d berechnet die 3D-Oberflächennormalen eines Objekts ObjectModel3D. Die Berechnung wird mit dem in Method gewählten Verfahren durchgeführt.

Für Method='mls' wird das Verfahren Moving Least Squares (MLS) angewandt. Das MLS-Verfahren für Normalenberechnung ist identisch zu dem MLS-Verfahren für Punktglättung, das im Operator smooth_object_model_3d implementiert ist. Anders als smooth_object_model_3d glättet der Operator surface_normals_object_model_3d die Punkte allerdings nicht, d.h. die ursprünglichen 3D-Punkte von ObjectModel3D bleiben unverändert. Weitere Information über das MLS-Verfahren und seine Parameter stehen mit der Beschreibung des Operators smooth_object_model_3d zur Verfügung.

Beinhaltet das Objekt ObjectModel3D Dreiecke, können mit dem Verfahren Method='triangles' die Punktnormalen aus den Flächennormalen der angrenzenden Dreiecke berechnet werden. Die Flächennormalen werden dabei mit dem Winkel gewichtet, den die Dreiecke an dem Punkt umschließen. Die Normalen der Dreiecke werden in den erweiterten Attributen '&triangle_normal_x', '&triangle_normal_y' und '&triangle_normal_z' zurückgegeben. Falls die erweiterten Attribute bereits existieren, werden sie nicht überschrieben.

Beinhaltet das Objekt ObjectModel3D ein 2D-Mapping (wie z.B. 3D-Objektmodelle, die mittels xyz_to_object_model_3d erstellt wurden), können mit dem Verfahren Method='xyz_mapping' die Punktnormalen aus der Umgebung der Punkte im 2D-Mapping berechnet werden. Dazu wird in einer 11x11-Nachbarschaft der Punkte im 2D-Mapping eine Ebene durch die zugehörigen 3D-Punkte gefittet. Die Richtung der Normale dieser Ebene wird anschließend konsistent zum 2D-Mapping gewählt, z.B. in oder entgegen der Blickrichtung des Sensors.

Kann der Normalenvektor eines Punktes nicht bestimmt werden, so wird dieser auf 0 gesetzt. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn das 3D-Objektmodell den gleichen Punkt mehr als 'mls_kNN' mal enthält.

Parameter

- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle eines 3D-Objektmodells mit 3D-Punktdaten.
- ▷ **Method** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Methode für Normalenberechnung.
  Default: 'mls'
  Werteliste: Method ∈ {'mls', 'triangles', 'xyz_mapping'}
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: GenParamName ∈ {'mls_kNN', 'mls_order', 'mls_abs_sigma', 'mls_relative_sigma', 'mls_force_inwards'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string
  Werte der generischen Parameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {10, 20, 40, 60, 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 0, 1, 2, 'true', 'false'}
- ▷ **ObjectModel3DNormals** (output_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Objektmodells mit berechneten 3D-Normalen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

sample_object_model_3d

Nachfolger

create_surface_model, fuse_object_model_3d

Alternativen

smooth_object_model_3d

Modul

3D Metrology

triangulate_object_model_3d (: : ObjectModel3D, Method, GenParamName, GenParamValue : TriangulatedObjectModel3D, Information)

Erstellen einer Oberflächentriangulierung eines 3D-Objekt-Modells.

Der Operator triangulate_object_model_3d erstellt eine Oberfläche aus dreieckigen Flächen für das 3D-Objekt-Modell ObjectModel3D und liefert die dadurch entstandene Oberfläche in TriangulatedObjectModel3D zurück. Zur Zeit bietet der Operator vier Verfahren zur Triangulierung, welche im Parameter Method ausgewählt werden: *'polygon_triangulation'*, *'xyz_mapping'*, *'greedy'* und *'implicit'*. *'polygon_triangulation'* ist eine einfache Routine, welche Polygon-Flächen der bestehenden Oberfläche in dreieckige Flächen umwandelt. *'xyz_mapping'* trianguliert die Punkte in 2D anhand eines 2D-Mapping. Die anderen zwei Verfahren sind eher komplexer. Bei ihnen wird eine Oberfläche aus reinen 3D-Punktdaten berechnet, wobei die Oberflächentopologie unbekannt ist. Ein detaillierter Vergleich der *'greedy'* und *'implicit'* Algorithmen kann weiter unten im Paragraph *"Vergleich der Triangulierungsmethode"* nachgelesen werden.

Triangulierung von Polygonen

Wenn Method=*'polygon_triangulation'*, dann werden alle Polygonen des Objekts ObjectModel3D trianguliert. Für dieses Verfahren werden keine generische Parameter unterstützt.

Triangulierung eines 2D-Mapping

Wenn Method=*'xyz_mapping'*, dann werden die Punkte in 2D anhand eines 2D-Mapping des Objekts ObjectModel3D trianguliert. Dabei wird dieselbe Methode benutzt wie in prepare_object_model_3d für Purpose='segmentation'. Enthält ObjectModel3D kein 2D-Mapping, wird ein Fehler geworfen.

Als Nachverarbeitungsschritt können Dreiecke entfernt werden, deren Normalenrichtung sich stark von einer festgelegten Richtung unterscheiden. Genauere Informationen zur Anwendung sind in der Beschreibung von GenParamName zu finden. Dies ist dann hilfreich falls die 2D-Nachbarschaft, die zur Triangulierung verwendet wird, die 3D-Nachbarschaft nicht gut wiedergibt, beispielsweise wenn entlang der Blickrichtung des Sensors Teile der Oberfläche verdeckt sind oder die entlang Blickrichtung typischen Störungen auftreten.

Mit GenParamName und GenParamValue kann der folgende zusätzliche Parameter der Map-Triangulierung eingestellt werden:

'xyz_mapping_max_area_holes' legt fest, welche Fläche die Löcher in den Punktkoordinaten haben dürfen, damit diese mittels einer Delaunay-Triangulierung geschlossen werden. Nur Löcher, die vollständig von der Bildregion eingeschlossen sind, werden geschlossen. Falls *'xyz_mapping_max_area_holes'* auf *0* gesetzt ist, werden keine Löcher trianguliert. Der Parameter entspricht dem GenParamName *'max_area_holes'* von prepare_object_model_3d.

Wertevorschläge: *1*, *10*, *100*.

Default: *10*.

'xyz_mapping_max_view_angle' legt die maximal zulässige Winkeldifferenz zwischen der Normalen der Dreiecken und der Blickrichtung des Sensors fest. Umso kleiner dieser Wert gesetzt wird, desto weniger Dreiecke werden zurückgegeben. Als Blickrichtung des Sensors wird die z-Achse des Koordinatensystems von ObjectModel3D angenommen, soweit nicht mittels GenParamName eine andere Blickrichtung (*'xyz_mapping_max_view_dir_x'*, *'xyz_mapping_max_view_dir_y'*, *'xyz_mapping_max_view_dir_z'*) spezifiziert wird. Es muss ein Winkel zwischen 0 und 90 Grad gesetzt werden.

Wertevorschläge: *'rad(60)'*, *'rad(85)'*, *'rad(90)'*.

Default: *'rad(90)'*.

'xyz_mapping_max_view_dir_x', *'xyz_mapping_max_view_dir_y'*, *'xyz_mapping_max_view_dir_z'* legen die verwendete Blickrichtung des Sensors im Koordinatensystem von ObjectModel3D fest, wenn *'xyz_mapping_max_view_angle'* für GenParamName gesetzt wird. Falls nicht alle drei Richtungen gleichzeitig gesetzt werden oder die Richtung dem Nullvektor entspricht wird ein Fehler geworfen.

Wertevorschläge: *[1, 0, 0]*, *[0, 0, 1]*.

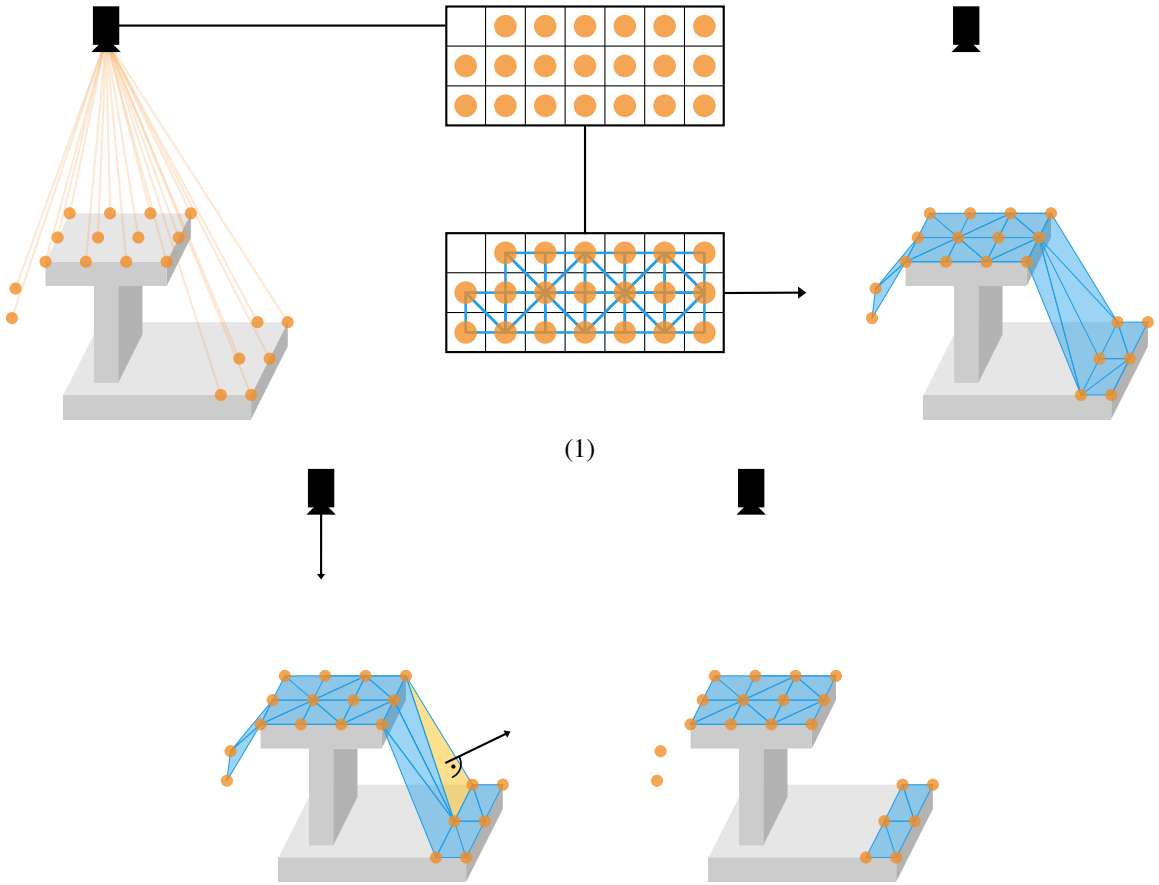
Default: *[0, 0, 1]*.

'xyz_mapping_output_all_points' legt fest, ob alle Eingabepunkte zurückgegeben werden, unabhängig davon ob sie für die Triangulierung verwendet wurden. Diese Option wird hauptsächlich aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Wird *'xyz_mapping_output_all_points'* auf *'false'* gesetzt, werden die alten Punktindizes als das erweiterte Attribut *'original_point_indices'* im 3D-Objekt-Modell TriangulatedObjectModel3D abgespeichert. Dieses Attribut kann daraufhin mit

get_object_model_3d_params abgefragt werden, oder mit Operatoren weiterverarbeitet werden, welche erweiterte Attribute verwenden.

Werteliste: *'false'*, *'true'*.

Default: *'false'*.



(1)

(2)

(1) Zur Triangulierung des 3D-Objekt-Modells wird ein 2D-Mapping des Modells genutzt. Die Triangulierung erfolgt dann auf Basis der entsprechenden 2D-Nachbarschaft. Dabei können ungewollte Dreiecke entlang der Sensorblickrichtung entstehen, beispielsweise weil Teile des Objekts verdeckt sind, oder durch Rauschen. (2) Durch einen Vergleich der Normalenrichtung der Dreiecke und der Blickrichtung des Sensors wird entschieden, ob ein Dreieck zurückgegeben wird. Die maximale Abweichung ist in *'xyz_mapping_max_view_angle'* festgelegt.

Greedy-Triangulierung

Wenn Method=*'greedy'*, dann wird der so genannte 'greedy' (gierig) Triangulierungsalgorithmus aufgerufen. Dieser Algorithmus braucht 3D-Punktdaten mit Normalen. Wenn die Normalen nicht im ObjectModel3D vorhanden sind, werden sie vorher intern berechnet. Die Durchführung erfolgt mit der gleichen Methode wie in surface_normals_object_model_3d unter Verwendung der Defaultwerte. Der Triangulierungsalgorithmus baut eine Oberfläche, welche durch die einzelnen Punkte verläuft und deren Orientierung mit der Orientierung der entsprechenden Punktnormale bis auf eine bestimmte Toleranz übereinstimmt. Die Oberfläche wird aus einzelnen dreieckigen Flächen zusammengesetzt, welche Dreiergruppen von *benachbarten* Punkten verbinden. Um bestimmen zu können, welche Dreiergruppen sich für ein Oberflächendreieck eignen, verwendet der Algorithmus einen lokalen Nachbarschaftstest. Er wird **surface neighborhood criteria (SNC)**, bzw. **Nachbarschaftsbedingungen innerhalb einer Oberfläche** genannt:

Liegt ein Punkt P auf einer Oberfläche mit Orientierung (Normale) N, dann kann angenommen werden, dass der Punkt P' mit der Normale N' auch auf dieser Oberfläche liegt, wenn:

1. Der Abstand zwischen beiden Punkten ist kleiner gleich r, d.h., $\Delta(P, P') \leq r$
2. Beide Normalen sind ähnlich orientiert, d.h. der Winkel dazwischen ist $\angle(N, N') \leq \alpha$ oder auch, wenn keine strenge Konsistenz der Normalen erforderlich ist, $\angle(N, -N') \leq \alpha$

3. Der Vektor $\delta P = P' - P$ ist möglichst orthogonal zu der Normale N, d.h. der Winkel ist $|90° - \angle(N, \delta P)| \leq \beta$
4. Wenn P' die 3. Regel nicht erfüllt dafür aber nicht weiter als d von der durch $[P, N]$ definierten Ebene liegt, wird der Punkt trotzdem akzeptiert.

Die vier Parameter r (siehe *'greedy_radius_type'* und *'greedy_radius_value'*), α (siehe *'greedy_neigh_orient_tol'*), β (siehe *'greedy_neigh_latitude_tol'*) und d (siehe *'greedy_neigh_vertical_tol'*) steuern die Nachbarschaftsbedingungen SNC und haben die folgenden Bedeutungen:

Der Parameter α steuert im Grunde genommen die Krümmung der generierten Oberfläche: niedrigere α-Werte ergeben eine - lokal betrachtet - flachere Oberfläche. Größere Werte für α erlauben die Generierung stärker gekrümmter Oberflächenfragmente.

Die anderen drei Parameter definieren den Anteil einer Kugel, in deren innerem Raum alle Punkte gültige SNC Nachbarn des Kugelzentrums sind. Die Kugel hat einen Radius von r, ihr Zentrum liegt in P und ihr Äquatorebene entspricht der Ebene $[P, N]$. Nur Punkte innerhalb der Kugel können als Nachbarn betrachtet werden (1. SNC-Regel). Die weiteren Voraussetzungen diese Punkte als gültige SNC-Nachbarn zu erkennen sind: sie müssen entweder einen Breitengrad (im Sinne einer "geographischen"Breite) innerhalb des Bereichs [-β; β] relativ zu der Äquator haben (2. SNC-Regel), oder sie müssen innerhalb einer Schicht beiderseits des Äquators, bzw. nicht weiter als d von ihm entfernt liegen (4. SNC-Regel). Im Gegensatz dazu werden Punkte, die in den beiden Polsegmenten der Kugel (d.h. mit höherem Breitengrad als β und einer größeren Distanz von der Äquatorebene als d) liegen nicht als Nachbarn berücksichtigt.

Der Parameter r verhindert, dass der Algorithmus zu große Dreiecke erzeugt. Das ist insbesondere dann wichtig, wenn die Punkte entweder mehrere einzelne, getrennte Oberflächen, oder Oberflächen mit nicht zu schließenden Lücken darstellen. Das von β definierte Breitengradfenster erlaubt, dass Punkte, die auf Grund von Rauschen oder Oberflächenkrümmung außerhalb der Ebene $[P, N]$ liegen, auch als Nachbarn in Betracht gezogen werden. Ähnlich erlaubt der Parameter d, dass Punkte, welche knapp ober- oder unterhalb der Äquatorebene liegen, auch als Nachbarn betrachtet werden können. Letzteres ist wichtig, um Probleme auf Grund von Datenrauschen zu vermeiden.

Hier werden einige Hinweise angeboten, wie man die einzelne Parameter einstellen kann:

- Wenn die resultierende Oberfläche zu unterbrochen oder lückenhaft aussieht, dann könnte das ein Hinweis dafür sein, dass r zu niedrig ist. Ein höherer Wert von r sollte diese Probleme lösen.
- Wenn die Normalen im `ObjectModel3D` verrauscht sind (d.h. die Normalen benachbarter Punkten weichen stark voneinander ab), dann ist normalerweise der Wert von α zu erhöhen. Es gibt zwei mögliche und typische Quellen für verrauschte Normalen. Die eine liegt an Ungenauigkeiten verursacht von dem ursprünglichen Sensor, von dem die 3D-Punkte, bzw. -Normalen stammen. Die zweite ist eine ungenaue Normalenberechnung in einer Routine, die verwendet wurde, um die Normalen aus den reinen Punktdaten zu berechnen.
- Die Punkte können eine Oberfläche mit sehr starker Krümmung darstellen, d.h. die Oberfläche weist eine sehr feine Struktur auf, z.B., sind kleine Dellen, feine Wellen, Falten oder scharfe Kanten zu erkennen. Dann sollen typischerweise die Parameter α und/oder β erhöht werden.
- Umgekehrt kann die Oberfläche eher flach aussehen, dafür aber viele Ausreißer haben (d.h. Punkte welche nah an der Oberfläche liegen, dafür aber eine komplett falsche Orientierung haben und deswegen nicht zu der Oberfläche gehören). Dann soll typischerweise der Parameter α niedriger gestellt werden, um die Ausreißer aus der Oberflächengenerierung auszuschließen.
- Wenn die Punkte sehr verrauscht sind und eher eine breite Schicht formen als eine eindeutige glatte Oberfläche, dann sollen β und/oder d erhöht werden. Damit können auch Punkte außerhalb der optimalen $[P, N]$-Ebene immer noch als Nachbarn von P angenommen werden.
- Umgekehrt, wenn die Daten eher rauschfrei sind, dafür aber zwei Oberflächen sehr nah parallel aneinander (z.B. Oberflächen welche beide Seiten eines flachen Objekts darstellen) verlaufen, dann sollen typischerweise β und d niedriger eingestellt werden, sodass sich beide Oberflächen nicht gegenseitig stören.

Der **Greedy-Triangulierungs-Algorithmus** fängt mit der Initialisierung einer Oberfläche an, indem er ein erstes Dreieck aus drei SNC-geeigneten, benachbarten Punkten bildet. Weisen alle gültigen Nachbarschaften lokale Inkonsistenzen wie kollineare oder 'doppelte' Punkte auf, wird ein Fehler geworfen. Ein vorangehender Aufruf von `sample_object_model_3d` mit Method 'fast' und kleinem SamplingParam wird die lokalen Inkonsistenzen von `ObjectModel3D` in den meisten Fällen beseitigen. Ist ein erstes Dreieck gebildet, setzt der Algorithmus "gierig"immer ein neues Dreieck dazu, wenn er von einem beliebigen Punkt am Oberflächenrand einen

neuen Punkt nach dem SNC-Regeln erreichen kann. Wenn keine neue Punkte nach diesen Regeln erreicht werden können, es aber immer noch Punkte gibt, welche noch gar nicht angefasst worden sind, dann wird eine neue Oberfläche initialisiert. Da die SNC-Regeln lediglich nur in für eine vergleichsweise kleine lokale Nachbarschaft einzelner Punkte definiert sind, kann die resultierende Oberfläche globale, topologische Artefakte aufweisen wie, z.B., Lücken oder Flips. Letztere entstehen, wenn die Oberfläche sich selber trifft während sie wächst, allerdings mit invertierter Orientierung beiderseits der aufeinandertreffenden Fronten (die Oberfläche ist irgendwo entlang ihres Wachstumsverlaufs "geflippt"). Diese Artefakte werden in zwei Nachbearbeitungsstufen behandelt: *hole filling*, bzw. *flip resolving*.

Zum Schluss kann noch zusätzlich *mesh morphology* auf die resultierende Oberfläche angewendet werden, um Artefakte am Oberflächenrand zu eliminieren. Die Mesh-Morphologie besteht aus einigen Erosions- und einigen Dilatationsschleifen. Jede Erosionsschleife trägt alle Dreiecke ab, die von allen Oberflächenrändern direkt erreichbar sind. Damit schrumpft die Oberfläche zusammen. Im Nachhinein werden mit jeder Dilatationsschleife alle gerade abgetragenen Dreiecke außerhalb der zusammengeschrumpften Ränder, die direkt von den Rändern erreichbar sind, wieder angeschlossen. Es ist zu beachten, dass Dreiecke welche vor dem Anfang der Morphologie (d.h. vor der ersten Erosionsschleife) gar nicht existiert haben, von einer Dilatationsschleife auch nicht generiert werden können. Werden die ursprünglichen Oberflächenränder einmal von der Dilatation erreicht, so kann diese keine weitere Schleifen erzeugen. Deswegen kann die Anzahl der Dilatationsschleifen nicht höher sein als die der Erosionsschleifen. Die Anwendung von Mesh-Erosion und anschließend Mesh-Dilatation ist analog zu den HALCON üblichen Region-Opening. Zusätzlich gehört zu der Mesh-Morphologie auch ein Schritt, in welchem alle Oberflächen beseitigt werden, wenn die Anzahl ihrer Dreiecke unter einer bestimmten Schwelle liegt.

Die einzelnen Schritte des Algorithmus sind hier zusammengefasst.

1. Triangulierung aller Punkte, die durch SNC erreichbar sind
2. Hole filling (siehe *'greedy_hole_filling'*)
3. Flip resolving (siehe *'greedy_fix_flips'*)
4. Mesh-Morphologie (siehe *'greedy_mesh_erosion'*, *'greedy_mesh_dilation'* und *'greedy_remove_small_surfaces'*)

Mit `GenParamName` und `GenParamValue` können die folgenden zusätzlichen Parameternamen und -werte des Greedy-Algorithmus eingestellt werden:

'greedy_kNN' setzt die Anzahl k der zu betrachtenden Nachbarn. Der Algorithmus betrachtet nur die nächsten k-Nachbarn eines Punkts, um von diesen die SNC-Nachbarn zu ermitteln.

Wertevorschläge: *20*, *30*, *40*, *50*, *60*.

Default: *40*

*'greedy_radius_type'***:** wenn *'greedy_radius_type'='fixed'*, dann stellt *'greedy_radius_value'* den SNC-Radius r in Meter ein.

Wenn *'greedy_radius_type'='z_factor'*, dann wird r für jeden Punkt P berechnet, indem die Z-Koordinate des Punkts mit dem Wert des Parameters *'greedy_radius_value'* multipliziert wird. Diese Darstellung von r ist besser für Daten geeignet, bei welchen die Punktdichte mit dem Abstand von dem Sensor, mit welchem die Punkte aufgenommen wurden, korreliert. Das ist typischerweise der Fall bei der Verwendung von TOF-Kameras.

Wenn *'greedy_radius_type'='auto'*, dann wird intern vom Algorithmus entschieden, ob ein Radius vom Typ *'fixed'* oder *'z_factor'* besser für die Daten geeignet ist. Der Radius wird auch intern geschätzt und mit dem vom Benutzer eingegebenen Wert des Parameters *'greedy_radius_value'* multipliziert. Dadurch ist *'greedy_radius_value'* als Faktor einsetzbar, um den geschätzten Radius bei Bedarf zu korrigieren.

Werteliste: *'auto'*, *'fixed'*, *'z_factor'*.

Default: *'auto'*.

*'greedy_radius_value'***:** siehe *'greedy_radius_type'*.

Wertevorschläge: *0.01*, *0.05*, *0.5*, *0.66*, *1.0*, *1.5*, *2.0*, *3.0*, *4.0*

*'greedy_neigh_orient_tol'***:** setzt den SNC-Parameter α in Gradeinheiten. α steuert die Oberflächenkrümmung (siehe die oben definierten SNC-Regeln).

Wertevorschläge: *10*, *20*, *30*, *40*.

Default: *30*.

'greedy_neigh_orient_consistent': erzwingt, dass die Normalen von zwei SNC-benachbarten Punkte eine ähnliche Orientierung haben müssen (d.h. sie zeigen nicht in Gegenrichtungen). Wenn dieser Parameter freigeschaltet ist, wird der zweite Teil der 2. SNC-Regel für α entkräftet, d.h. wenn $\angle(N, N') > \alpha$ dann können beide Punkte nicht als SNC-Nachbarn betrachtet werden selbst wenn $\angle(N, -N') \leq \alpha$.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'false'*.

'greedy_neigh_latitude_tol': setzt den SNC-Parameter β in Gradeinheiten. β steuert die Größe des Breitengradfensters (siehe die oben definierten SNC-Regeln).

Wertevorschläge: *10*, *20*, *30*, *40*.

Default: *30*.

'greedy_neigh_vertical_tol': setzt den SNC-Parameter d als Multiplikationsfaktor relativ zum Radiuswert r.

Wertevorschläge: *0.01*, *0.1*, *0.2*, *0.3*.

Default: *0.1*.

'greedy_hole_filling': setzt die maximale Länge der Oberflächenränder (als Anzahl von Punkten), welche zum Schließen von Lücken in Betracht gezogen werden müssen. Wenn *'greedy_hole_filling'='false'*, dann wird das Lückenschließen deaktiviert.

Wertevorschläge: *'false'*, *20*, *40*, *60*.

Default: *40*.

'greedy_fix_flips': aktiviert/deaktiviert den Orientierungskorrektur-Schritt des Algorithmus.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'true'*.

'greedy_prefetch_neighbors': aktiviert/deaktiviert das Vorbereiten gecachter Listen von Nachbarn. Diese Listen enthalten die Indizes der nächsten k Punkte für jeden Punkt. Die Listen tragen erheblich zu der Algorithmusgeschwindigkeit bei, aber sie verursachen einen vergleichsweise hohen Speicherverbrauch (in einer Größenordnung von $(O(kn)$, wobei k ist der mit *'greedy_kNN'* gesetzten Wert und n die Anzahl der Punkte im `ObjectModel3D` ist). Für größere Punktmengen kann es vorkommen, dass der benötigte Speicher nicht allokiert werden kann. Dann liefert der Operator entsprechend eine Speicher bezogene Fehlermeldung zurück. In solchen Fällen sollen die gecachten Listen deaktiviert werden.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'true'*.

'greedy_mesh_erosion': setzt die Anzahl von Erosionsschleifen, welche im Mesh-Morphologie-Schritt des Algorithmus angewendet werden müssen.

Wertevorschläge: *0*, *1*, *2*, *3*.

Default: *0*.

'greedy_mesh_dilation': setzt die Anzahl von Dilatationsschleifen. Die Mesh-Dilatation wird nach der Mesh-Erosion angewendet. Wenn *'greedy_mesh_dilation'* einen höheren Wert als *'greedy_mesh_erosion'* bekommt, wird der Parameter intern auf den Wert von *'greedy_mesh_erosion'* gesetzt.

Wertevorschläge: *0*, *1*, *2*, *3*.

Default: *0*.

'greedy_remove_small_surfaces': steuert die Entfernung kleinerer Oberflächen von dem Endergebnis. Wenn *'greedy_remove_small_surfaces'='false'*, dann wird die Entfernung deaktiviert. Wenn ein Wert zwischen *0.0* und *1.0* gesetzt wird, dann werden alle Oberflächen entfernt, die weniger Dreiecke haben als *'greedy_remove_small_surfaces'*×`num_triangles`, wobei `num_triangles` die gemeinsame Anzahl der Dreiecke in `TriangulatedObjectModel3D` angibt. Wenn der Wert höher als *1* gesetzt ist, dann werden alle Oberflächen entfernt, die weniger Dreiecke haben als *'greedy_remove_small_surfaces'*.

Wertevorschläge: *'false'*, *0.01*, *0.05*, *0.1*, *10*, *100*, *1000*, *10000*.

Default: *'false'*.

'greedy_timeout': der Timeout gibt die Möglichkeit den Operator nach einer bestimmten Zeitspanne in Sekunden zu unterbrechen. Das ist insbesondere dann wichtig, wenn eine maximale Zeit der Ausführung unabhängig von dem Ergebnis des Operators zu gewährleisten ist. Die zeitliche Auflösung des Timeout-Mechanismus liegt bei ungefähr 10 ms. Werte kleiner als 0 werden nicht angenommen. Durch das Setzen von *'greedy_timeout'* auf *'false'* wird der Timeout deaktiviert. Die zeitliche Genauigkeit des Timeouts hängt von vielen Faktoren ab, darunter ist die Größe des Modells, die Geschwindigkeit des Rechners und der *'timer_mode'* der über `set_system` gesetzt wurde.

Wertevorschläge: *'false'*, *0.1*, *0.5*, *1*, *10*, *100*.

Default: *'false'*.

'greedy_suppress_timeout_error': wenn ein Timeout auftritt, liefert der Operator eine entsprechende Fehlermeldung zurück. Wenn *'greedy_suppress_timeout_error'* auf *'true'* gesetzt ist, liefert der Operator keine Fehlermeldung mehr, sondern liefert die Zwischenergebnisse der Vermaschung in `TriangulatedObjectModel3D` zurück. Ob ein Timeout aufgetreten ist, sieht man im Feld *'timeout_occured'* des Ausgabeparameters `Information` (nur im *'verbose'*-Modus).

Werteliste: *'false'* *'true'*.

Default: *'false'*.

'greedy_output_all_points': bestimmt ob alle Eingabepunkte zurückgeliefert werden, unabhängig davon ob sie für die ausgegebene Triangulation benutzt wurden oder nicht. Dieser Parameter wird primär aufgrund der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Ist *'greedy_output_all_points'* auf *'false'* gesetzt, werden die alten Punktindizes als erweitertes Attribut im 3D-Objekt-Modell `TriangulatedObjectModel3D` unter dem Namen *'original_point_indices'* gespeichert. Dieses Attribut kann später von Operatoren aufgerufen werden, welche erweiterte Attribute verwenden wie beispielsweise `get_object_model_3d_params`.

Werteliste: *'false'*, *'true'*.

Default: *'false'*.

'information': legt fest welche Informationen in `Information` zurückgegeben werden. Wenn *'information'*=*'num_triangles'* (Default), dann wird nur die Anzahl der generierten Dreiecke zurückgeliefert. Wenn *'information'*=*'verbose'* wird eine Liste von Name-Wert Paaren zurückgeliefert. Zur Zeit enthalten die Paare die folgenden Informationen:

Name	Wert	Beschreibung
'num_triangles'	<Anzahl der Dreiecke>	gibt die Anzahl der generierten dreieckigen Flächen zurück.
'specified_radius_type'	*'auto'* | *'fixed'* | *'z_factor'* | *'none'*	gibt den Radiustyp zurück, der vom Benutzer gesetzt wurde.
'specified_radius_value'	<specified radius value>	gibt den Radiuswert zurück, der vom Benutzer gesetzt wurde.
'used_radius_type'	*'fixed'* | *'z_factor'* | *'sampling'*	gibt den intern verwendeten Radiustyp zurück; wenn der Benutzer *'auto'* für *'specified_radius_type'*, setzt, dann gibt dieses Feld zurück, was für ein Radiustyp von dem Algorithmus intern ausgewählt wurde; wenn `ObjectModel3D` ein 3D-Primitiv ist, dann wird der vom Benutzer gesetzten Radiuswert intern als Abtastschritt verwendet und *'used_radius_type'* gibt 'sampling' zurück.
'used_radius_value'	<interner Radiuswert>	gibt den intern verwendeten Radiuswert zurück; wenn *'used_radius_type'='fixed'*, dann wird der SNC-Nachbarschaftsradius in Meter zurückgegeben; wenn *'used_radius_type'='z_factor'*, dann wird der Multiplikationsfaktor zurückgegeben, welcher benutzt wurde, um den SNC-Nachbarschaftsradius aus der Z-Koordinate des Zentrumspunkts zu berechnen; wenn *'used_radius_type'='sampling'*, dann wird der Abtastschritt zurückgegeben, der für die Triangulierung eines 3D-Primitivs verwendet wurde, insbesondere für Zylinder und Kugel.
'neigh_orient_tol'	<α>	gibt den Krümmungsparameter α in Grad zurück, welcher für die Triangulierung verwendet wurde.
'neigh_latitude_tol'	<β>	gibt den Breitengradtoleranzwinkel in Grad zurück, welcher für die Triangulierung verwendet wurde.
'neigh_vertical_tol'	<d>	gibt den Abstandsparameter d als Faktor von *'used_radius_value'* zurück.
'fix_flips'	*'true'* | *'false'*	gibt zurück ob der Orientierungskorrektur-Schritt aktiviert wurde.
'hole_filling'	*'false'* | <max hole boundary length>	gibt *'false'* zurück, wenn das Schließen von Lücken vom Benutzer deaktiviert wurde, ansonsten den maximalen Umkreis (als Anzahl von Punkten), der in Betracht gezogenen Lücken.
'timeout'	*'false'* | <timeout>	gibt *'false'* zurück, wenn der Timeout deaktiviert wurde, oder die Länge des aktivierten Timeouts in Sekunden.
'timeout_occured'	*'yes'* | *'no'*	gibt zurück ob ein Timeout aufgetreten ist.

Werteliste: *'num_triangles'*, *'verbose'*.
Default: *'num_triangles'*.

Implizite Triangulierung

Wenn `Method`=*'implicit'*, dann wird ein impliziter Triangulierungsalgorithmus aufgerufen, der auf dem Poisson-Gleichungslöser basiert (siehe die Referenzen). Er erstellt eine wasserdichte Oberfläche, d.h. die Oberfläche ist komplett geschlossen. Die implizite Triangulierung benötigt 3D-Punktdaten mit Normalen. Darüber hinaus, müssen die Normalen streng nach Außen oder nach Innen bezüglich des Raums ausgerichtet sein, der von der zu rekonstruierenden Oberfläche umschlossen wird. Im Gegensatz zum *'greedy'*-Algorithmus baut der *'implicit'*-Algorithmus die Oberfläche **nicht** durch die Punkte des Eingabeobjekts `ObjectModel3D`. Stattdessen erstellt der Algorithmus eine Oberfläche, welche die Punkte approximiert und generiert einen neuen Satz von Punkten, die auf dieser Oberfläche liegen.

Als erstes organisiert der Algorithmus die Punkte in einer adaptiven Octree-Struktur: der Raum der kleinsten umschließenden Quader um die Punkte wird in der Mitte seiner drei Dimensionen in acht Sub-Räume, oder Voxels aufgespalten. Die Voxels, welche immer noch große Punktmenge enthalten, können weiter in acht Subvoxels aufgespalten werden. Die Voxel, die keine oder zu wenig Punkte enthalten, müssen nicht unbedingt weiter aufgespalten werden. Das Spalten entwickelt sich solange rekursiv in Regionen des Raums wo die Punktdaten dichter sind weiter, bis die am feinsten aufgespaltenen Voxels keine oder nur wenige Punkte enthalten. Die Rekursionsebene, welche von den kleinsten Voxels erreicht wird, wird als *Octree-Tiefe* bezeichnet.

Als nächstes berechnet der Algorithmus die Werte einer sogenannten *impliziten Indikatorfunktion* der Oberfläche. Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass die 3D-Punkte des Modells `ObjectModel3D` auf der Oberfläche eines Körpers liegen und dass die Normalen des Modells bezüglich des Körpers streng nach Außen oder Innen gerichtet sind (siehe die Referenzen). Diese Annahme erklärt auch die Vorgabe, dass die Normalen unbedingt konsistent untereinander sein müssen. Die implizite Funktion hat einen Wert von 1 in Octree-Voxelecken, welche streng innerhalb des Körpers liegen und 0 - wenn sie streng außerhalb des Körpers liegen. Wegen Rauschen kann das für manche Voxelecken nicht eindeutig bestimmt werden und sie bekommen einen Wert zwischen 0 und 1.

Eine *implizite Oberfläche*, welche durch die implizite Funktion definiert wird, verläuft so, dass alle ihrer Punkte einen Indikatorwert von 0.5 haben. Die *'implicit'*-Triangulierung verwendet am Ende einen üblichen *Marching Cubes Algorithmus*, um die Schnittpunkte zwischen der impliziten Oberfläche und den Seiten der Octree-Voxels zu bestimmen. Die Schnittpunkte werden als neuer 3D-Punktsatz in `TriangulatedObjectModel3D` zurückgegeben. Als Folge davon wird die Granularität der rekonstruierten Oberfläche im Wesentlichen durch die Auflösung des Octrees bestimmt (d.h., durch seine *Tiefe*).

Mit `GenParamName` und `GenParamValue` können die folgenden zusätzlichen Parameternamen und -werte des *'implicit'*-Algorithmus eingestellt werden:

'implicit_octree_depth': setzt die Tiefe des Octrees. Die Octree-Tiefe bestimmt die Granularität der rekonstruierten Oberfläche - je höher der Tiefenwert ist, desto feiner werden Oberflächendetails rekonstruiert. Die Tiefe hat allerdings einen exponenziellen Einfluss auf den Speicherverbrauch des Verfahrens. Deswegen ist die Octree-Tiefe auf *12* begrenzt.

Restriktion: $5 \leq$ *'implicit_octree_depth'* ≤ 12.

Wertevorschläge: *5*, *6*, *8*, *10*, *11*, *12*.

Default: *6*.

'implicit_solver_depth': aktiviert ein alternatives Verfahren, welches die implizite Funktion bis zu einer benutzerdefinierten Tiefe vorbereitet. Danach übernimmt das Standardverfahren die weitere Berechnungen. Dieser Algorithmus braucht weniger Speicher als der Original, dafür ist er aber etwas langsamer.

Restriktion: *'implicit_solver_depth'* $\leq$ *'implicit_octree_depth'*.

Wertevorschläge: *2*, *4*, *6*, *8*, *10*, *11*, *12*.

Default: *6*.

'implicit_min_num_samples': setzt die minimale Anzahl der Punkte pro Octree-Voxel. Wenn die Anzahl der Punkte in einem Voxel kleiner als dieser Wert ist, wird das Voxel nicht weiter aufgespalten. Für rauschfreie Daten kann dieser Wert niedriger gesetzt werden (z.B. zwischen 1 und 5), was eine feinere Auflösung des Octrees erlaubt. Für verrauschten Daten soll dieser Wert höher gestellt werden (z.B. 10-20, oder sogar noch höher), um mehrere verrauschten Punkte in einzelnen Voxeln zu sammeln und damit den Einfluss des Rauschens zu minimieren.

Wertevorschläge: *1*, *5*, *10*, *15*, *20*, *30*.

Default: *1*.

'information': legt fest, welche Informationen in `Information` zurückgegeben werden. Wenn *'information'='num_triangles'* (Default), dann wird nur die Anzahl der generierten Dreiecke zurückgeliefert. Wenn *'information'='verbose'* wird eine Liste von Name-Wert Paaren zurückgeliefert. Zur Zeit enthalten die Paare die folgenden Informationen:

Name	Wert	Beschreibung
'num_triangles'	<Anzahl der Dreiecke>	gibt die Anzahl der generierten dreieckigen Flächen zurück.
'num_points'	<Anzahl der Punkte>	gibt die Anzahl der neu generierten 3D-Punkte zurück.

Werteliste: *'num_triangles'*, *'verbose'*.

Default: *'num_triangles'*.

Vergleich der Triangulierungsmethode

In diesem Paragraph wird ein einfacher Vergleich beider unterstützter Triangulierungsverfahren angeboten:

Merkmal	Greedy-Triangulierung	Implicit-Triangulierung
benötigte Daten:	3D-Punkte mit 3D-Normale	3D-Punkte mit 3D-Normale, konsistent nach Außen oder Innen ausgerichtet
resultierende Oberfläche:	offen, Triangulierung der Eingabepunkte	geschlossen (wasserdicht), Approximation der Eingabepunkte
resultierende Punkte:	die Eingabepunkte bleiben	neue Punkte werden generiert
Behandlung des Rauschens:	moderate Punkt- und Normalenrauschen werden adäquat behandelt	Punkt- und Normalenrauschen werden implizit behandelt; moderate und hohe Rauschgrade werden akzeptiert
Auflösung der Triangulierung:	explizit, gesteuert durch die SNC-Parameter	implizit, gesteuert durch die Octree-Tiefe und die minimale Anzahl von Punkten pro Voxel
Geschwindigkeit:	$O(Nk \log N)$	$O(ND^3)$
Speicherverbrauch:	$O(Nk)$, mit Nachbarschaftscaches $O(N)$, ohne Nachbarschaftscaches	$O(D^3)$
		wobei: N: *Anzahl von Punkte* k: *Anzahl der betrachteten Nachbarn* D: *Tiefe des Octrees*

Je nach Anzahl von Punkten in `ObjectModel3D`, Rauschgrad und spezifischer Struktur der Eingabedaten, liefern beide Triangulierungsverfahren unterschiedliche Ergebnisse und werden mit unterschiedlicher Geschwindigkeit und Speicherverbrauch ausgeführt. Der Greedy-Algorithmus arbeitet schnell, beansprucht wenig Speicher und liefert eine Oberfläche mit großer Detailauflösung zurück wenn die Punktmenge der Eingabe vergleichsweise klein ist (z.B. bis zu 500.000 Punkte). Dadurch, dass der Algorithmus grundsätzlich jeden Punkt anfassen muss, kann seine Geschwindigkeit von der Anzahl der Punkte nicht abgekoppelt werden und der Algorithmus beansprucht mehr Zeit, wenn größere Punktmengen zu behandeln sind. Sollten jedoch solche trotzdem mit dem Greedy-Verfahren trianguliert werden, empfiehlt es sich, sie zuerst mit dem Operator `sample_object_model_3d` herunterzusampeln.

Im Gegensatz dazu organisiert wie bereits früher erklärt der Implicit-Algorithm die Punktdaten in Octree. Demzufolge werden die Auflösung der Triangulierung, die Geschwindigkeit und der Speicherverbrauch des Algorithmus im Grunde genommen von der Octree-Tiefe bestimmt. Der Nachteil davon ist, dass eine höhere Auflösung der Oberfläche nur auf Kosten von unverhältnismäßig höherer Geschwindigkeit und höherem Speicherverbrauch erzielt werden kann. Der Vorteil der Octree-basierte Triangulierung ist jedoch, dass große Punktmengen effektiv im

Octree organisiert werden können (insbesondere bei niedrigen Werten der Octree-Tiefe) und die Kosten der Rekonstruktion hauptsächlich von der Octree-Tiefe und weniger von der Punktmenge abhängig gemacht werden kann. Ein erheblicher Nachteil des Implicit-Algorithmus ist die Forderung nach konsistenten benachbarten Normalen, da diese selten oder nur schwierig von typischen Routinen zur Normalenberechnung zurückgeliefert werden.

Parameter

- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle eines 3D-Objektmodells mit 3D-Punktdaten.
- ▷ **Method** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Triangulierungsmethode.
  Default: 'greedy'
  Werteliste: `Method` ∈ {'greedy', 'implicit', 'polygon_triangulation', 'xyz_mapping'}
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'information', 'implicit_octree_depth', 'implicit_solver_depth', 'implicit_min_num_samples', 'greedy_radius_type', 'greedy_radius_value', 'greedy_kNN', 'greedy_neigh_orient_tol', 'greedy_neigh_orient_consistent', 'greedy_neigh_vertical_tol', 'greedy_neigh_latitude_tol', 'greedy_hole_filling', 'greedy_fix_flips', 'greedy_mesh_erosion', 'greedy_mesh_dilation', 'greedy_remove_small_surfaces', 'greedy_prefetch_neighbors', 'greedy_timeout', 'greedy_suppress_timeout_error', 'greedy_output_all_points', 'xyz_mapping_max_area_holes', 'xyz_mapping_output_all_points', 'xyz_mapping_max_view_angle', 'xyz_mapping_max_view_dir_x', 'xyz_mapping_max_view_dir_y', 'xyz_mapping_max_view_dir_z'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string
  Werte der generischen Parameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {6, 8, 12, 'true', 'false', 'auto', 'fixed', 'z_factor', 'verbose', 'num_triangles'}
- ▷ **TriangulatedObjectModel3D** (output_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle des triangulierten 3D-Objektmodells.
- ▷ **Information** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / string
  Zusätzliche Information über der Triangulierung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`read_object_model_3d`, `gen_plane_object_model_3d`, `gen_sphere_object_model_3d`, `gen_cylinder_object_model_3d`, `gen_box_object_model_3d`, `gen_sphere_object_model_3d_center`, `sample_object_model_3d`

Nachfolger

`write_object_model_3d`, `render_object_model_3d`, `project_object_model_3d`, `simplify_object_model_3d`

Literatur

M. Kazhdan, M. Bolitho, and H. Hoppe: „Poisson Surface Reconstruction.“ Symposium on Geometry Processing (June 2006).

Modul

3D Metrology

xyz_to_object_model_3d (X, Y, Z : : : ObjectModel3D)

Transformieren von 3D-Punkten aus Bildern in ein 3D-Objektmodell.

xyz_to_object_model_3d transformiert ein Bildtripel, welches die X-, Y- und Z-Koordinaten von 3D-Punkten enthält, in ein 3D-Objektmodell. Es werden nur Punkte der Schnittmenge der Domänen aller drei Bilder in das 3D-Objektmodell übernommen. Die drei Bilder müssen die selbe Größe haben. Die Größe dieser Originalbilder kann vom Modell über get_object_model_3d_params mit *'mapping_size'* abgefragt werden. Das Handle des erstellten 3D-Objektmodells wird in ObjectModel3D zurückgegeben. Das erstellte 3D-Objektmodell enthält die 3D-Koordinaten der Punkte, sowie eine Abbildung, welche für jeden der 3D-Punkte dessen ursprüngliche Bildkoordinate (Zeile und Spalte) enthält. Punkte bei denen eine der Koordinaten unendlich oder eine nicht-normalisierte Zahl ist (NaN) werden ignoriert und nicht zum 3D-Objektmodell hinzugefügt.

Parameter

- ▷ **X** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* real
  Bild mit den X-Koordinaten und der ROI der 3D-Punkte.
- ▷ **Y** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* real
  Bild mit den Y-Koordinaten der 3D-Punkte.
- ▷ **Z** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* real
  Bild mit den Z-Koordinaten der 3D-Punkte.
- ▷ **ObjectModel3D** (output_control) ..... object_model_3d ⇝ *handle*
  Handle des erstellten 3D-Objektmodells.

Ergebnis

xyz_to_object_model_3d liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE) wenn alle Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

disparity_image_to_xyz, get_sheet_of_light_result

Alternativen

gen_object_model_3d_from_points, get_sheet_of_light_result_object_model_3d

Siehe auch

read_object_model_3d

Modul

3D Metrology

Kapitel 5

3D-Rekonstruktion

5.1 Binokulares Stereo

```
binocular_disparity ( ImageRect1, ImageRect2 : Disparity,
    Score : Method, MaskWidth, MaskHeight, TextureThresh,
    MinDisparity, MaxDisparity, NumLevels, ScoreThresh, Filter,
    SubDisparity : )
```

Berechnet die Disparität für ein rektifiziertes Bildpaar mit Hilfe von Korrelationsmethoden.

`binocular_disparity` berechnet mit Hilfe von Korrelationsmethoden pixelweise Korrespondenzen zwischen zwei rektifizierten Bildern. Im Unterschied zu `binocular_distance` werden die Ergebnisse nicht in Distanzwerte transformiert.

Der Algorithmus benötigt ein Referenzbild `ImageRect1` und ein Suchbild `ImageRect2`, welche entzerrt sein müssen, d.h. korrespondierende Epipolarlinien liegen parallel und haben identische Bildzeilenkoordinaten ($r_1 = r_2$). Falls diese Annahme nicht zutrifft, können die Bilder durch die Operatoren `calibrate_cameras`, `gen_binocular_rectification_map` und `map_image` entzerrt werden. Ausgehend von einem Pixel im Referenzbild `ImageRect1` kann dann das zugehörige Pixel in `ImageRect2` durch die Suche entlang der korrespondierenden Zeile in `ImageRect2` gefunden werden. Eine Übereinstimmung wird gefunden, indem jeweils eine lokale Nachbarschaft um das entsprechende Pixel innerhalb eines Fensters der Größe `MaskWidth` und `MaskHeight` in beiden Bildern miteinander verglichen wird. Die Pixelkorrespondenzen werden in dem einkanaligen Bild `Disparity` zurückgegeben. Der Grauwert $d(r_1, c_1)$ beschreibt dabei die Disparität zwischen dem Pixel $(r1, c1)$ im Referenzbild `ImageRect1` und dem korrespondierendem Pixel $(r2, c2)$ im Suchbild `ImageRect2` und erfüllt somit die Gleichung $c_2 = c_1 + d(r_1, c_1)$. Ein Qualitätsmaß für die ermittelten Disparitätswerte wird im Bild `Score` zurückgegeben, welches jeweils das beste Ergebnis der Korrelationsfunktion S für ein Referenzpixel enthält. Für die Korrelation werden die Grauwerte der originalen, nicht vorverarbeiteten Eingabebilder genutzt.

Die verwendete Korrelationsfunktion wird durch den Parameter `Method` bestimmt, welcher drei Berechnungsmethoden unterscheidet:

- *'sad'*: Summe der absoluten Differenzen (Summed Absolute Differences)

  $S(r,c,d) = \frac{1}{N} \sum_{r'=r-m}^{r+m} \sum_{c'=c-n}^{c+n} \mid g_1(r',c') - g_2(r',c'+d) \mid,$

  mit $0 \leq S(r,c,d) \leq 255$.
- *'ssd'*: Summe der quadrierten Differenzen (Summed Squared Differences)

  $S(r,c,d) = \frac{1}{N} \sum_{r'=r-m}^{r+m} \sum_{c'=c-n}^{c+n} (g_1(r',c') - g_2(r',c'+d))^2,$

  mit $0 \leq S(r,c,d) \leq 65025$.
- *'ncc'*: Normalisierte Kreuzkorrelation (Normalized Cross Correlation)

$$S(r,c,d) = \frac{\sum_{r'=r-m}^{r+m}\sum_{c'=c-n}^{c+n}(g_1(r',c')-\bar{g_1}(r,c))(g_2(r',c'+d)-\bar{g_2}(r,c+d))}{\sqrt{\Big(\sum_{r'=r-m}^{r+m}\sum_{c'=c-n}^{c+n}(g_1(r',c')-\bar{g_1}(r,c))^2\Big)\Big(\sum_{r'=r-m}^{r+m}\sum_{c'=c-n}^{c+n}(g_2(r',c'+d)-\bar{g_2}(r,c+d))^2\Big)}},$$

mit $-1.0 \leq S(r,c,d) \leq 1.0$.

wobei

$r1$, $c1$, $r2$, $c2$: Zeilen- und Spaltenkoordinaten der korrespondierenden Pixel der beiden Eingabebilder,

$g1$, $g2$:: Grauwerte der nicht vorverarbeiteten Eingabebilder,

$N = (2m+1)(2n+1)$: Größe des Korrelationsfensters,

$\bar{g}(r,c) = \frac{1}{N}\sum_{r'=r-m}^{r+m}\sum_{c'=c-n}^{c+n} g(r',c')$: mittlerer Grauwert innerhalb eines Korrelationsfensters der Breite $2m+1$ und Höhe $2n+1$.

Die Methoden *'sad'* und *'ssd'* vergleichen direkt die Grauwerte der Pixel innerhalb des Grauwertfensters, wohingegen *'ncc'* den mittleren Grauwert und seine Varianz innerhalb des Grauwertfensters ausgleicht. Wenn zwei Bilder in ihrer Helligkeit und ihrem Kontrast unterschiedlich sind, ist daher *'ncc'* vorzuziehen. Ansonsten sind *'sad'* und *'ssd'* vorzuziehen, da sie aufgrund einfacherer interner Berechnungen schneller sind.

Es muss darauf geachtet werden, dass die Güte der Korrelation für steigende S in den Methoden *'sad'* und *'ssd'* fällt (die beste Güte ist 0), während sie in der Methode *'ncc'* steigt (die beste Güte ist 1.0).

Die Größe des Korrelationsfensters, welche durch $2m+1$ und $2n+1$ in obigen Gleichungen referenziert wird, muss ungeradzahlig sein und kann durch die Parameter `MaskWidth` und `MaskHeight` festgelegt werden. Der Suchbereich wird durch den minimalen und maximalen Disparitätswert `MinDisparity` und `MaxDisparity` festgelegt. Da Grauwerte nicht außerhalb des Bildrandes definiert sind wird die Bildregion des `Disparity` und `Score` Bildes am unteren und oberen Bildrand um (`MaskHeight`-1)/2 sowie am linken und rechten Rand um (`MaskWidth`-1)/2 beschnitten. Aus dem gleichen Grund wird der maximale Suchbereich am linken und rechten Bildrand begrenzt.

Da die Korrelationsverfahren in schwach texturierten Bildregionen im hohen Maße ungenau werden, kann die kleinste, innerhalb eines Korrelationsfensters erlaubte Grauwertstreuung mit Hilfe des Parameters `TextureThresh` definiert werden. Dieser Schwellenwert wird auf beide Eingabebilder `ImageRect1` und `ImageRect2` angewendet. Zusätzlich garantiert `ScoreThresh` eine Mindestgüte der verwendeten Korrelationsfunktion und legt für die Methoden *'sad'* und *'ssd'* den größten, bzw. für *'ncc'* den kleinsten zulässigen Korrelationswert fest. Wird ferner `Filter` auf *'left_right_check'* gesetzt, werden nur noch diejenigen Disparitätswerte zurückgegeben, die übereinstimmend bei einer Suche eines Referenzmusters von `ImageRect1` in `ImageRect2` als auch von `ImageRect2` in `ImageRect1` gefunden werden. Der Wert *'none'* hingegen schaltet dieses Verhalten aus.

Die Anzahl der Pyramidenstufen, welche verwendet werden um das Zeitverhalten von `binocular_disparity` zu verbessern, wird durch den Parameter `NumLevels` bestimmt. Einem grob-zu-fein Schema folgend werden die Disparitätsbilder der höheren Stufen berechnet und in rechteckige Bildteile von ähnlicher Disparität unterteilt um den Suchbereich auf der nächst niedrigeren Stufe für diesen Bildausschnitt einzuschränken. `TextureThresh` und `ScoreThresh` werden auf jeder Stufe angewendet, so dass die mit `Disparity` und `Score` zurückgegebene Bildregion als die Schnittmenge der Bildregionen auf jeder einzelnen Stufe definiert ist. Im allgemeinen lohnt sich das Verwenden von Pyramidenstrukturen um so mehr, je mehr das Disparitätsbild in homogene Bereiche unterteilt werden kann und je größer der Disparitätsbereich definiert werden muss. Auf der anderen Seite können zu hohe Pyramidenstufen durch ihre grobe Auflösung wichtige Texturinformationen verlieren, so dass falsche Disparitätswerte zurückgegeben werden können.

Der Wert *'interpolation'* für den Parameter `SubDisparity` schließlich berechnet die Disparitäten Subpixel genau. Das Verhalten wird ausgeschaltet indem der Parameter auf *'none'* gesetzt wird.

Parameter

- ▷ **`ImageRect1`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte
  Rektifiziertes Bild der Kamera 1.
- ▷ **`ImageRect2`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte
  Rektifiziertes Bild der Kamera 2.
- ▷ **`Disparity`** (output_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* real
  Disparität.

▷ **Score** (output_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* real
Maß für die Zuverlässigkeit eines Disparitätswertes.

▷ **Method** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Korrespondenzverfahren.
Default: 'ncc'
Werteliste: `Method` ∈ {'sad', 'ssd', 'ncc'}

▷ **MaskWidth** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Breite des Korrelationsfensters.
Default: 11
Wertevorschläge: `MaskWidth` ∈ {5, 7, 9, 11, 21}
Restriktion: 3 <= MaskWidth && odd(MaskWidth)

▷ **MaskHeight** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Höhe des Korrelationsfensters.
Default: 11
Wertevorschläge: `MaskHeight` ∈ {5, 7, 9, 11, 21}
Restriktion: 3 <= MaskHeight && odd(MaskHeight)

▷ **TextureThresh** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
Schwellenwert der Grauwertvarianz.
Default: 0.0
Wertevorschläge: `TextureThresh` ∈ {0.0, 10.0, 30.0}
Restriktion: 0.0 <= TextureThresh

▷ **MinDisparity** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Minimale erwartete Disparität.
Default: -30
Wertebereich: -32768 ≤ `MinDisparity` ≤ 32767

▷ **MaxDisparity** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Maximale erwartete Disparität.
Default: 30
Wertebereich: -32768 ≤ `MaxDisparity` ≤ 32767

▷ **NumLevels** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Pyramidenstufen.
Default: 1
Wertevorschläge: `NumLevels` ∈ {1, 2, 3, 4}
Restriktion: 1 <= NumLevels

▷ **ScoreThresh** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
Schwellenwert der Korrelation.
Default: 0.5
Wertevorschläge: `ScoreThresh` ∈ {-1.0, 0.0, 0.3, 0.5, 0.7}

▷ **Filter** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Nachgelagerte Ergebnisfilter.
Default: 'none'
Werteliste: `Filter` ∈ {'none', 'left_right_check'}

▷ **SubDisparity** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Sup-Pixel Interpolation der Disparitäten.
Default: 'none'
Werteliste: `SubDisparity` ∈ {'none', 'interpolation'}

Beispiel

```
* Set internal and external stereo parameters.
* Note that, typically, these values are the result of a prior
* calibration.
gen_cam_par_area_scan_division (0.01, -665, 5.2e-006, 5.2e-006, \
                                622, 517, 1280, 1024, CamParam1)
gen_cam_par_area_scan_division (0.01, -731, 5.2e-006, 5.2e-006, \
                                654, 519, 1280, 1024, CamParam2)
create_pose (0.1535,-0.0037,0.0447,0.17,319.84,359.89, \
             'Rp+T', 'gba', 'point', RelPose)
```

```
* Compute the mapping for rectified images.
gen_binocular_rectification_map (Map1, Map2, CamParam1, CamParam2, RelPose, \
                                 1, 'viewing_direction', 'bilinear', \
                                 CamParamRect1,CamParamRect2, \
                                 Cam1PoseRect1, Cam2PoseRect2,RelPoseRect)

* Compute the disparities in online images.
while (1)
  grab_image_async (Image1, AcqHandle1, -1)
  map_image (Image1, Map1, ImageRect1)

  grab_image_async (Image2, AcqHandle2, -1)
  map_image (Image2, Map2, ImageRect2)

  binocular_disparity(ImageRect1, ImageRect2, Disparity, Score, 'sad', \
                      11, 11, 20, -40, 20, 2, 25, 'left_right_check', \
                      'interpolation')
endwhile
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `binocular_disparity` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`map_image`

Nachfolger

`threshold`, `disparity_to_distance`, `disparity_image_to_xyz`

Alternativen

`binocular_disparity_mg`, `binocular_disparity_ms`, `binocular_distance`, `binocular_distance_mg`, `binocular_distance_ms`

Siehe auch

`map_image`, `gen_binocular_rectification_map`, `binocular_calibration`

Modul

3D Metrology

binocular_disparity_mg (ImageRect1, ImageRect2 : Disparity, Score : GrayConstancy, GradientConstancy, Smoothness, InitialGuess, CalculateScore, MGParamName, MGParamValue :)

Berechnet die Disparität für ein rektifiziertes Bildpaar mit Hilfe von Mehrgitter-Verfahren.

`binocular_disparity_mg` berechnet die Disparität zwischen zwei rektifizierten Stereobildern `ImageRect1` und `ImageRect2` und gibt sie in `Disparity` zurück. Im Gegensatz zu `binocular_disparity` werden Variationsmethoden basierend auf Mehrgitter-Verfahren verwendet. Damit können Disparitätswerte auch für Bildbereiche bestimmt werden, die keine oder kaum Textur aufweisen. Im Gegensatz zu `binocular_distance_mg` wird das Ergebnis nicht in Abstandswerte umgerechnet.

Die Eingabebilder müssen ein Paar rektifizierter Stereobilder darstellen, d.h. korrespondierende Punkte müssen dieselbe vertikale Koordinate haben. Die beiden Bilder müssen die gleiche Höhe haben, können aber unterschiedliche Breiten besitzen. Die Laufzeit des Verfahrens ist bei sonst gleichen Parametern in etwa linear zur Fläche der beiden Bilder.

Die Disparität gibt für jeden Bildpunkt des ersten Bildes `ImageRect1` die Verschiebung an, die nötig ist um seinen korrespondierenden Punkt im zweiten Bild `ImageRect2` zu erreichen. Zwei Punkte des ersten und zweiten Bildes heißen dabei korrespondierend, wenn sie der Bildpunkt desselben Punktes aus der ursprünglichen Szene sind. Das berechnete Disparitätsfeld ist dicht und schätzt die Disparität auch für Punkte ohne korrespondierenden Punkt ab. Die Disparität wird nur für die Zeilen berechnet, die Teil der Definitionsbereiche beider Bilder sind. Genauer gesagt berechnet sich der Definitionsbereich des Disparitätsbildes aus der Schnittmenge der Höhen der kleinsten umschließenden Rechtecke der Definitionsbereiche der Eingabebilder.

Das berechnete Disparitätsfeld ist in der Regel nicht perfekt. Wenn `CalculateScore` auf *'true'* gesetzt ist, wird die Güte der Disparität für jedes Pixel geschätzt und in `Score` als Grauwertbild mit Grauwerten im Bereich 0-10 zurückgegeben, wobei 0 für die beste und 10 für die schlechteste Qualität steht. Für das Gütemaß wird zusätzlich die Disparität vom zweiten zum ersten Bild berechnet und anschließend bestimmt, inwieweit die beiden Disparitätsfelder übereinstimmen. Daher verdoppelt sich die Laufzeit des Operators beim Aktivieren dieses Schalters in etwa.

Der Operator verwendet einen Variationsansatz, bei welchem jedem möglichen Disparitätsfeld ein Energiewert zugeordnet wird. Je geringer dieser Energiewert ist, desto besser wird das Disparitätsfeld bewertet. Das Verfahren berechnet ein Disparitätsfeld mit minimaler Energie und liefert dieses zurück.

Die einem Disparitätsfeld zugeordnete Energie zerfällt in einen Datenanteil und einen Glättungsanteil. Der Datenanteil modelliert die Tatsache, dass die Bilder in Bereichen korrespondierender Punkte Abbildungen desselben Teils der Szene sind und daher dieselben Grauwerte aufweisen. Der Glättungsanteil modelliert, dass die abgebildete Szene und die zugehörige Disparität stückweise glatt ist, und führt zu einer Interpolation der Werte auch in Bereiche ohne Informationen aus dem Datenanteil, z.B. Bereiche ohne Textur.

Im Detail liegen dem Variationsansatz die folgenden Annahmen zu Grunde:

Konstanz des Grauwerts: Es wird davon ausgegangen, dass zwei korrespondierende Punkte denselben Grauwert haben, dass also $I_1(x,y) = I_2(x+u(x,y),y)$ gilt.

Konstanz des Grauwertgradienten: Es wird angenommen, dass die Bilder an den Stellen zweier korrespondierender Punkte denselben Grauwertgradienten aufweisen, dass also $\nabla I_1(x,y) = \nabla I_2(x+u(x,y),y))$ gilt. Abweichungen davon werden energetisch mittels der L_2-Norm der Differenz der beiden Gradienten bestraft. Die Verwendung des Gradienten hat im Vergleich zur Grauwertkonstanz den Vorteil, dass er unabhängig von additiven Helligkeitsänderungen zwischen den beiden Bildern ist.

Statistische Robustheit im Datenterm: Um den Einfluss von Ausreißern, also Punkten, die eine der beiden Erhaltungsannahmen verletzen, zu reduzieren, werden Abweichungen von den beiden obigen Erhaltungsannahmen mittels einer statistisch robusten Funktion, der totalen Variation, bestraft. Diese lautet $\Psi(x) = \sqrt{x+\epsilon^2}$. Die Konstante ϵ wird dabei auf 0.01 gesetzt.

Glattheit des Disparitätsfeldes: Es wird davon ausgegangen, dass das Disparitätsfeld stückweise stetig ist und sich lokal nur gering ändert. Energetisch wird dies über die L_2-Norm der Ableitung der Disparität modelliert.

Statistische Robustheit im Glättungsterm: Analog zum Datenterm wird auch im Glättungsterm die totale Variation verwendet. Aufgrund der statistischen Robustheit gegenüber Ausreißern hat dies hier den Vorteil, dass Sprünge in der Disparität, wie sie an Objektkanten auftreten, besser erhalten bleiben.

Das Energiefunktional ergibt sich durch Integration einer Linearkombination der einzelnen Terme über alle Bildpunkte des ersten Bildes. Die Koeffizienten der Linearkombination sind dabei Parameter des Operators und erlauben eine Abstimmung des Ansatzes auf konkrete Situationen. `GrayConstancy` bestimmt den Einfluss der Grauwerterhaltung, `GradientConstancy` den Einfluss der Gradientenerhaltung und `Smoothness` den Einfluss des Glättungsterms. Die beiden ersten Parameter müssen dabei an den Grauwertbereich des Bildes angepasst werden. Die vorgeschlagenen Standardparameter gelten für Bilder mit Grauwerten von 0 bis 255.

Es sei $I_1(x,y)$ das Grauwert des ersten Bildes am Punkt (x,y), $I_2(x,y)$ der Grauwert des zweiten Bildes und $u(x,y)$ der Wert der Disparität an der Stelle (x,y). Das Energiefunktional ist dann:

$$
\begin{aligned}
E = \int \Psi \quad \Big(\quad & \texttt{GrayConstancy} \cdot \underbrace{\left(I_2(x+u(x,y),y) - I_1(x,y)\right)^2}_{\text{Grauwerterhaltung}} + \\
& \texttt{GradientConstancy} \cdot \underbrace{\left|\nabla I_2(x+u(x,y)) - \nabla I_1(x,y)\right|^2}_{\text{Gradientenerhaltung}} \Big) \\
+ \quad & \texttt{Smoothness} \cdot \Psi \underbrace{\left(|\nabla u(x,y)|^2\right)}_{\text{Glattheit}} \, dx\, dy
\end{aligned}
$$

Das Verfahren geht davon aus, dass das Disparitätsfeld u, welches dieses Funktional E minimiert, die obigen Annahmen am besten erfüllt, und daher eine gute Näherung der Disparität zwischen den beiden Bildern darstellt.

Um das obige Funktional zu minimieren, wird die sogenannte Euler-Lagrange-Gleichung (ELG) des Integrals gelöst. Diese ist vergleichbar mit der Ableitung eindimensionaler Funktionen, welche an Extrema 0 ist. Die ELG ist eine nichtlineare partielle Differentialgleichung auf dem Gebiet des Integrals und muss, analog zum eindimensionalen Fall, an Stellen von Extrema den Wert 0 annehmen. Da das Funktional in der Regel keine Maxima aufweist, entsprechen Nullstellen der ELG den gesuchten Minima des Funktionals.

Zur Bestimmung der Nullstellen der ELG werden folgende Techniken verwendet:

Fixpunkt-Iteration: Zum Lösen der ELG wird eine Fixpunkt-Iteration angewendet. Dies ist ein iteratives Verfahren, welches die Lösung schrittweise annähert, und in jedem Schritt eine Verbesserung der aktuellen Lösung berechnet. Über die Anzahl der Schritte kann daher zwischen Qualität und Geschwindigkeit abgewogen werden. Für jeden Schritt wird eine lineare partielle Differentialgleichung gelöst.

Grob-zu-Fein Verfahren: Von den beiden Stereobildern wird eine Gauss'sche Bildpyramide erstellt. Die ELG wird dabei zunächst für gröbere Versionen der Bilder gelöst, und die Lösung als Startwert der Fixpunkt-Iteration für die nächst feinere Version verwendet. Dies hat eine Reihe von Vor- und Nachteilen:

1. Da die Fixpunkt-Iteration von der nächstgröberen Ebene der Bildpyramide einen guten Startwert bekommt, sind weniger Iterationen nötig, wodurch das Verfahren schneller wird. Die Iteration muss nur noch kleine Korrekturen an der Disparität vornehmen.

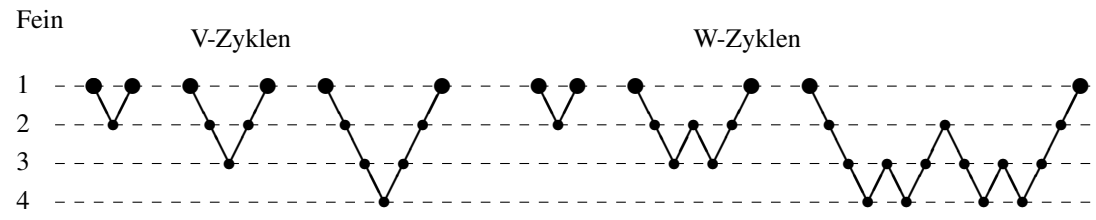
2. Große Disparitäten auf den ursprünglichen Bildern werden auf den gröberen Bildversionen kleiner und können daher einfacher bestimmt werden.

3. Die Robustheit gegen Bildstörungen wird erhöht, da diese auf den groben Bildversionen verschwinden und auf den feinen Bildversionen lediglich kleine Korrekturen berechnet werden.

4. Probleme entstehen bei kleinen Strukturen mit großem Disparitätsunterschied zur Umgebung, da diese auf den gröberen Versionen der Bilder verschwinden und daher die Disparität der Umgebung berechnet wird. Da auf den feineren Versionen der Pyramide lediglich kleine Korrekturen berechnet werden, kann dieser Fehler nicht mehr korrigiert werden.

Mehrgitterverfahren: Die bei der Fixpunkt-Iteration entstehenden linearen partiellen Differentialgleichungen werden durch Linearisierung in ein lineares Gleichungssystem umgewandelt. Für die Lösung dieses Systems werden wiederum iterative Verfahren eingesetzt. Mehrgitterverfahren gehören bei den hier auftretenden Gleichungssystemen zu den effizientesten Lösungsverfahren. Sie nutzen die Tatsache, dass klassische Löser, etwa das Gauß-Seidel-Verfahren, hochfrequente Anteile des Fehlers schnell dämpfen, niederfrequente Anteile jedoch nur langsam. Mehrgitterverfahren berechnen den Fehler daher auf einem gröberen Gitter, auf welchem diese niederfrequenten Anteile des Fehlers eine höhere Frequenz bekommen und von den Lösern schneller gedämpft werden. Diese Eigenschaft wird von Mehrgitterverfahren rekursiv genutzt. Für die Berechnung des Fehlers auf der gröberen Version des Gleichungssystems wird also eine noch gröbere Version des Systems hinzugezogen. Je nach Anzahl der Korrekturschritte ergeben sich dadurch V- oder W-Zyklen als Aufrufschemata, welche im folgenden für zwei bis vier Auflösungsstufen dargestellt sind:

Bidirektionales Mehrgitterverfahren



Hierbei werden Iterationen auf dem Originalproblem mit großen Markierungen symbolisiert, während kleine Markierungen für Iterationen auf Fehlerkorrekturproblemen stehen.

Algorithmisch lässt sich ein solcher Korrekturzyklus wie folgt beschreiben:

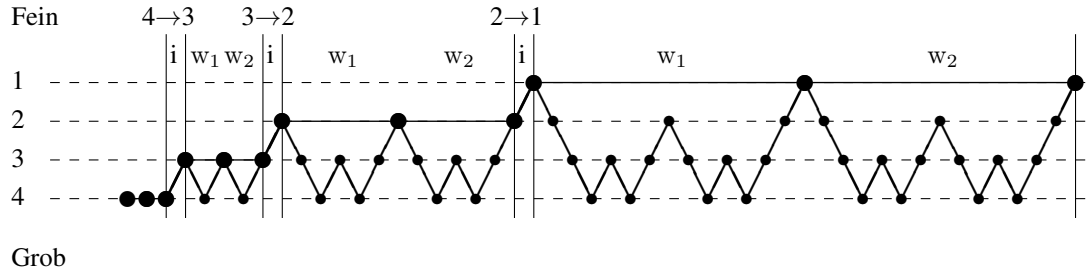
1. In einem ersten Schritt werden einige wenige Iterationen mit einem iterativen linearen oder nichtlinearen Basislöser (z.B. einer Gauß-Seidel-Variante) gemacht. Dieser Schritt nennt sich Vorglättung.

2. In einem zweiten Schritt wird der aktuelle Fehler berechnet, um die bisherige Lösung (die Lösung nach Schritt 1) zu korrigieren. Aus Effizienzgründen findet diese Fehlerberechnung auf einer gröberen Auflösungsstufe statt. Dieser Schritt, der mehrfach wiederholt werden kann, nennt sich Grobgitterkorrekturschritt.

3. In einem letzten Schritt werden erneut einige wenige Iterationen mit dem gleichen iterativen linearen oder nichtlinearen Basislöser wie in Schritt 1 gemacht. Dieser Schritt nennt sich Nachglättung.

Weiterhin kann der Startwert der Iteration mittels eines hierarchischen Verfahrens bestimmt werden. Hierbei wird die Lösung vom gröbsten Gitter ausgehend immer weiter verbessert. Die skalierte Lösung auf einem gröberen Gitter dient dabei als Startwert für das nächst feinere Gitter. Auf jeder Gitterstufe wird das lineare Gleichungssystem durch einen der oben beschriebenen V- oder W-Zyklen gelöst. Das entsprechende Mehrgitterverfahren wird volles Mehrgitterverfahren genannt und kann wie folgt visualisiert werden:

Volles Mehrgitterverfahren



Dieses Beispiel stellt ein volles Mehrgitterverfahren mit zwei W-Korrekturzyklen pro Auflösungsstufe der hierarchischen Initialisierung dar. Die Interpolationsschritte der Lösung von einer Stufe zur nächsten sind mit i bezeichnet, die beiden W-Korrekturzyklen mit w_1 und w_2. Während Iterationen auf dem Originalproblem mit großen Markierungen symbolisiert werden, stehen kleine Markierungen für Iterationen auf Fehlerkorrekturproblemen.

Je nach gewähltem Mehrgitterverfahren stehen eine Reihe von Parametern zu Verfügung, welche im Folgenden genauer beschrieben sind.

Der Parameter `InitialGuess` gibt den Initialisierungswert für die Fixpunkt-Iteration an, also den ersten Schätzwert. In der Regel ist hier 0 ausreichend. Läuft das Verfahren jedoch in lokale Minima, so kann hier ein anderer Wert übergeben werden.

Mittels der Parameter `MGParamName` und `MGParamValue` wird das Lösungsverfahren, also das Grob-zu-Fein-Verfahren, die Fixpunkt-Iteration und das Mehrgitterverfahren gesteuert. In der Regel reicht es aus, eine der vordefinierten und aufeinander abgestimmten Parametergruppen zu verwenden. Hierfür wird `MGParamName` = *'default_parameters'* und `MGParamValue` = *'very_accurate'*, *'accurate'*, *'fast_accurate'* oder *'fast'* gesetzt.

Sollen die Parameter einzeln gesteuert werden, so müssen in `MGParamName` und `MGParamValue` zwei gleichlange Tupel übergeben werden. Die Einträge in `MGParamName` bestimmen dabei jeweils den zu setzenden Parameter, die Einträge in `MGParamValue` den zu setzenden Wert. Die Parameter werden in der Reihenfolge ausgewertet, in welcher sie übergeben werden. Es kann also auch zunächst eine Gruppe von Standardparametern gewählt werden (s.o.) und danach gezielt einzelne Parameter verändert werden. Im Folgenden werden die möglichen zu setzenden Parameter beschrieben.

`MGParamName` = *'mg_solver'* wählt das Lösungsverfahren für die linearen Gleichungssysteme aus. Mögliche Werte für `MGParamValue` sind *'multigrid'* für ein einfaches Mehrgitterverfahren, *'full_multigrid'* für ein volles Mehrgitterverfahren sowie *'gauss_seidel'* für ein Gauß-Seidel-Verfahren. Die Mehrgitterverfahren haben den Vorteil einer schnelleren Konvergenz, benötigen jedoch einen zusätzlichen Aufwand für das Vergröbern der linearen Gleichungssysteme.

`MGParamName` = *'mg_cycle_type'* wählt den Rekursionstyp des Mehrgitterverfahrens aus. Mögliche Werte für `MGParamValue` sind *'v'* für einen V-Zyklus, *'w'* für einen W-Zyklus und *'none'* für keine Rekursion.

`MGParamName` = *'mg_pre_relax'* setzt für Mehrgitterverfahren die Anzahl der Gauß-Seidel-Iterationen beim Vorglätten, bzw. beim Gauß-Seidel-Verfahren die Anzahl an Iterationen beim Lösen des Gleichungssystems. Der Wert muss eine Zahl größer 0 sein.

`MGParamName` = *'mg_post_relax'* setzt für Mehrgitterverfahren die Anzahl der Gauß-Seidel-Iterationen beim Nachglätten. Der Wert muss eine Zahl größer 0 sein.

Beide gerade beschriebene Parameter gehen asymptotisch gesehen linear in die Laufzeit des Verfahrens ein. Da viele andere Berechnungen jedoch unabhängig von der Anzahl an Gauß-Seidel-Iterationen nur einmal nötig sind, führen kleine Änderungen der beiden Parameter nur zu kleinen Änderungen in der Laufzeit.

MGParamName = *'initial_level'* legt die gröbste zu verwendende Stufe der Bildpyramide beim Grob-zu-Fein-Verfahren fest. Dies kann entweder durch Angabe eines positiven Wertes erfolgen, welcher die gröbste Ebene angibt. Ebene 0 ist dabei die feinste Ebene mit den ursprünglichen Bildern. Alternativ kann ein negativer Wert angegeben werden, welcher die gröbste zu verwendende Stufe relativ zur gröbsten verfügbaren Stufe angibt. Die gröbste verfügbare Stufe ist diejenige, auf welcher beide Bilder in beide Koordinatenrichtungen eine Größe von mindestens 4 Pixeln aufweisen. Wie unten angegeben, ist der Standardwert von *'initial_level'* *-2*. Dies erlaubt die Bestimmung der korrekten Disparität auch für Bilder, die sehr hohe Disparitäten aufweisen. In Einzelfällen, z.B. bei sich wiederholenden Texturen, kann dies allerdings dazu führen, dass zu große Disparitäten für Teile des Bildes berechnet werden. In diesem Fall sollte *'initial_level'* auf einen niedrigeren Wert gesetzt werden.

Bei Standardparametern werden die Bilder pro Pyramidenstufe um den Faktor 0.6 skaliert. Liegt eine Schätzung d der maximalen Disparität vor, so sollte die erste Ebene s so gewählt werden, dass 0.6^{-s} größer als d ist.

MGParamName = *'iterations'* legt die Anzahl an Fixpunkt-Iterationen pro Ebene fest. Die genaue Anzahl an Iterationen bestimmt sich durch $steps = \min(10, \text{iterations} + \text{level}^2)$, wobei level die aktuelle Ebene in der Bildpyramide bezeichnet. Wird dieser Parameter gleich 0 gesetzt, so wird auf der Bildpyramidenebene 0 der ursprünglichen Bilder keine Iteration durchgeführt und als Ergebnis das skalierte Resultat der Ebene 1 zurückgeliefert. Dies eignet sich für besonders schnelle Verfahren. Die Anzahl an Iterationen geht annähernd linear in die Laufzeit des Verfahrens ein.

MGParamName = *'pyramid_factor'* legt den Skalierungsfaktor für die Bildpyramide des Grob-zu-Fein-Verfahrens fest. Die Höhe und Breite des nächst kleineren Bildes wird dabei um den angegebenen Faktor skaliert. Der Wert muss zwischen 0.1 und 0.9 liegen.

Die vordefinierten Parametergruppen für MGParamName = *'default_parameters'* enthalten folgende Werte:

'default_parameters' = *'very_accurate'*: *'mg_solver'* = *'full_multigrid'*, *'mg_cycle_type'* = *'w'*, *'mg_pre_relax'* = 5, *'mg_post_relax'* = 5, *'initial_level'* = -2, *'iterations'* = 5, *'pyramid_factor'* = 0.6.

'default_parameters' = *'accurate'*: *'mg_solver'* = *'full_multigrid'*, *'mg_cycle_type'* = *'w'*, *'mg_pre_relax'* = 2, *'mg_post_relax'* = 2, *'initial_level'* = -2, *'iterations'* = 2, *'pyramid_factor'* = 0.6.

'default_parameters' = *'fast_accurate'*: *'mg_solver'* = *'full_multigrid'*, *'mg_cycle_type'* = *'v'*, *'mg_pre_relax'* = 1, *'mg_post_relax'* = 1, *'initial_level'* = -2, *'iterations'* = 1, *'pyramid_factor'* = 0.6. Dies sind auch die Standardwerte wenn kein Parametersatz ausgewählt wird.

'default_parameters' = *'fast'*: *'mg_solver'* = *'full_multigrid'*, *'mg_cycle_type'* = *'v'*, *'mg_pre_relax'* = 1, *'mg_post_relax'* = 1, *'initial_level'* = -2, *'iterations'* = 0, *'pyramid_factor'* = 0.6.

Schwächen des Operators: Große Sprünge in der Disparität, welche großen Sprüngen im Abstand der beobachteten Objekte entsprechen, werden vergleichsweise stark geglättet. Dies führt insbesondere bei dünnen Objekten mit großem Abstand zum Hintergrund zu Problemen.

Am linken und rechten Rand des Bildes kann es zu Störungen kommen, da Bereiche der Szene dort nur in jeweils einem der beiden Bilder sichtbar sind.

Weiterhin sollten allgemeine Probleme bei Stereoanwendungen vermieden werden. Darunter fallen sich horizontal wiederholende Muster, schlecht texturierte Bereiche sowie Reflexionen.

Parameter

- ▷ **ImageRect1** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Rektifiziertes Bild von Kamera 1.
- ▷ **ImageRect2** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Rektifiziertes Bild von Kamera 2.
- ▷ **Disparity** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* real
  Disparität.
- ▷ **Score** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* real
  Güte der berechneten Disparität wenn CalculateScore auf *'true'* gesetzt ist.
- ▷ **GrayConstancy** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Gewicht der Grauwerterhaltung im Datenterm.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: GrayConstancy ∈ {0.0, 1.0, 2.0, 10.0}
  Restriktion: GrayConstancy >= 0.0

▷ **GradientConstancy** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Gewicht der Gradientenerhaltung im Datenterm.
Default: 30.0
Wertevorschläge: GradientConstancy ∈ {0.0, 1.0, 5.0, 10.0, 30.0, 50.0, 70.0}
Restriktion: GradientConstancy >= 0.0

▷ **Smoothness** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Gewicht des Glattheitsterms bezüglich des Datenterms.
Default: 5.0
Wertevorschläge: Smoothness ∈ {1.0, 3.0, 5.0, 10.0}
Restriktion: Smoothness > 0.0

▷ **InitialGuess** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Startwert für die Disparität.
Default: 0.0
Wertevorschläge: InitialGuess ∈ {-30.0, -20.0, -10.0, 0.0, 10.0, 20.0, 30.0}

▷ **CalculateScore** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Soll die Qualitätsschätzung in Score zurückgegeben werden?
Default: 'false'
Wertevorschläge: CalculateScore ∈ {'true', 'false'}

▷ **MGParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Parametername(n) für das Mehrgitterverfahren.
Default: 'default_parameters'
Werteliste: MGParamName ∈ {'default_parameters', 'mg_solver', 'mg_cycle_type', 'mg_pre_relax', 'mg_post_relax', 'initial_level', 'pyramid_factor', 'iterations'}

▷ **MGParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / real / integer
Parameterwert(e) für das Mehrgitterverfahren.
Default: 'fast_accurate'
Wertevorschläge: MGParamValue ∈ {'very_accurate', 'accurate', 'fast_accurate', 'fast', 'v', 'w', 'none', 'gauss_seidel', 'multigrid', 'full_multigrid', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, -1, -2, -3, -4, -5}

Beispiel

```
read_image (BaseballL, 'stereo/epipolar/baseball_l')
read_image (BaseballR, 'stereo/epipolar/baseball_r')
binocular_disparity_mg (BaseballL, BaseballR, Disparity, Score, \
                        0.25, 30, 5, 0, 'true', \
                        'default_parameters','fast_accurate')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert binocular_disparity_mg den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

map_image

Nachfolger

threshold, disparity_to_distance, disparity_image_to_xyz

Alternativen

binocular_disparity, binocular_disparity_ms, binocular_distance, binocular_distance_mg, binocular_distance_ms

Siehe auch

map_image, gen_binocular_rectification_map, binocular_calibration

Modul

3D Metrology

binocular_disparity_ms (ImageRect1, ImageRect2 : Disparity, Score : MinDisparity, MaxDisparity, SurfaceSmoothing, EdgeSmoothing, GenParamName, GenParamValue :)

Berechnet die Disparität für ein rektifiziertes Stereobildpaar mit Hilfe von Multi-Scanline-Optimierung.

binocular_disparity_ms berechnet die Disparität zwischen zwei rektifizierten Stereobildern ImageRect1 und ImageRect2 mit Hilfe von Multi-Scanline-Optimierung. Das resultierende Disparitätsbild wird in Disparity zurückgegeben. Im Gegensatz zu binocular_distance_ms wird das Ergebnis nicht in Abstandswerte umgerechnet.

Für diese Aufgabe können die drei Operatoren binocular_disparity, binocular_disparity_mg und binocular_disparity_ms verwendet werden. binocular_disparity liefert robuste Ergebnisse in gut texturierten Bereichen, doch scheitert auf schwachen Texturen. binocular_disparity_mg interpoliert schwach texturierte Bereiche, doch glättet Disparitätssprünge. binocular_disparity_ms bewahrt Disparitätssprünge und interpoliert teilweise.

Die Eingabeparameter ImageRect1 und ImageRect2 müssen ein paar rektifizierter Stereobilder enthalten, d.h. korrespondierende Punkte müssen in derselben Zeile liegen. Falls diese Annahme nicht zutrifft, können die Bilder mit den Operatoren calibrate_cameras, gen_binocular_rectification_map und map_image rektifiziert werden.

Die Breiten von ImageRect1 und ImageRect2 können sich unterscheiden, die Höhe muss jedoch übereinstimmen. Für ein Pixel in ImageRect1 wird das homologe Pixel in ImageRect2 ausgewählt, indem die entsprechende Zeile in ImageRect2 abgesucht wird und beide Pixel basierend auf einem Ähnlichkeitsmaß gematcht werden. Die Disparität ist die Anzahl der Pixel, welche ein Pixel in ImageRect1 verschoben werden muss, um das homologe Pixel in ImageRect2 zu erreichen.

Der Suchbereich wird durch den minimalen und maximalen Disparitätswert MinDisparity und MaxDisparity festgelegt. Falls der minimale und maximale Disparitätswert ein leeres Tupel sind, wird der Suchbereich automatisch aus den Eingabebildern ImageRect1 und ImageRect2 berechnet.

Um aus dem Ähnlichkeitsmaß die Disparitäten zu berechnen, werden die Zwischenergebnisse mit Hilfe einer Multi-Scanline-Methode optimiert. Die Optimierung steigert die Robustheit in schwach texturierten Bereichen ohne Disparitätssprünge zu glätten. Die Optimierung wird durch die beiden Parameter SurfaceSmoothing und EdgeSmoothing gesteuert. SurfaceSmoothing steuert die Glattheit innerhalb von Oberflächen. Hohe Werte unterdrücken Disparitätsdifferenzen von einem Pixel. EdgeSmoothing steuert die Häufigkeit und die Form von Kanten. Niedrige Werte lassen viele Kanten zu, hohe Werte führen zu weniger und runderen Kanten. Für beide Parameter liegt ein sinnvoller Wertebereich üblicherweise zwischen 0 und 100. Sind beide Parameter auf null gesetzt, wird keine Optimierung durchgeführt.

Die Berechnung der Disparitäten kann durch generische Parameter gesteuert werden. Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die entsprechenden Werte GenParamValue werde unterstützt:

'consistency_check' Aktiviert einen optionalen Nachbearbeitungsschritt zur Erhöhung der Robustheit. Auf *'true'* gesetzt, werden nur noch diejenigen Disparitätswerte zurückgegeben, die übereinstimmend sowohl bei einer Suche eines Referenzmusters von ImageRect1 in ImageRect2 als auch von ImageRect2 in ImageRect1 gefunden werden. Der Wert *'false'* deaktiviert dieses Verhalten.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'true'*.

'disparity_offset' Passt die Anpassung des grob-zu-fein-Ansatzes an Diskontinuitäten. Um so höher der mit GenParamValue gesetzte Wert, desto mehr Laufzeit wird beansprucht.

Wertevorschläge: *2*, *3*, *4*.

Default: *3*.

'method': Bestimmt die zur Berechnung der Disparitäten verwendete Methode. Folgende Parameter GenParamValue können dazu gesetzt werden:

- *'accurate'*: Verwendet die genauste Methode zur Berechnung, hat jedoch im Vergleich zu den weiteren Methoden höhere Laufzeit und Speicherverbrauch.
- *'fast'*: Verwendet das grob-zu-fein-Schema zur Verbesserung der Laufzeit. Dieses funktioniert ähnlich zu dem grob-zu-fein-Schema, welches in `binocular_disparity` beschrieben wird.
  Besonders für große Bilder und einen großen Suchbereich der Disparitätswerte erfordert die *'fast'* Methode deutlich weniger Speicherplatz und ist deutlich schneller als die *'accurate'* Methode. Das grob-zu-fein-Schema hat den weiteren Vorteil, dass es automatisch die Reichweite von `MinDisparity` und `MaxDisparity` beim Durchlaufen der Pyramide schätzt. Als Konsequenz müssen weder `MinDisparity` noch `MaxDisparity` gesetzt werden. Allerdings sind die Disparitätsbilder für die *'fast'*-Methode weniger genau als für den *'accurate'* Standardansatz. Insbesondere bei starken Disparitätssprüngen ist die *'fast'* Methode ungenauer.
- *'very_fast'*: Reduziert die Laufzeit noch weiter im Vergleich zu *'fast'*. Dieser Ansatz geht jedoch von zahlreichen Annahmen aus, die zu einer Glättung der Disparitäten bei Diskontinuitäten führen können. Standardmäßig wird die Anzahl der Pyramidenstufen des grob-zu-fein-Schemas automatisch geschätzt. Es ist jedoch möglich, die Anzahl der Stufen explizit zu setzen (siehe *'num_levels'*).

Die Laufzeit des Operators verhält sich in etwa linear zur Bildbreite, zur Bildhöhe und zum Disparitätsbereich. Folglich sollte der Disparitätsbereich für große Bilder so klein wie möglich gewählt werden. Die Laufzeit der grob-zu-fein-Methode (wird verwendet für *'fast'* oder *'very_fast'*), verhält sich linear zur Bildbreite und zur Bildhöhe. Für kleine Bilder und kleine Disparitätsbereiche kann die Laufzeit der grob-zu-fein-Methode größer sein als die der *'accurate'* Methode.

Werteliste: *'accurate'*, *'fast'*, *'very_fast'*.

Default: *'accurate'*.

'num_levels': Bestimmt `GenParamValue` die Anzahl an Pyramiden, die beim grob-zu-fein-Schema verwendet wird. Ist `GenParamValue` auf *'auto'* gesetzt, wird die Anzahl Pyramiden automatisch berechnet.

Wertevorschläge: *2*, *3*, *'auto'*.

Default: *'auto'*.

'similarity_measure': Legt das verwendete Ähnlichkeitsmaß fest. In den beiden Fällen *'census_dense'* und *'census_sparse'* basiert das Ähnlichkeitsmaß auf der Census-Transformation. Ein transformiertes Bild enthält für jedes Pixel Information über die Topologie der Intensitäten innerhalb eines Supportfensters.

- *'census_dense'*: Verwendet ein Fenster von 9 x 7 Pixeln und eignet sich besser für feine Strukturen.
- *'census_sparse'*: Verwendet ein Fenster von 15 x 15 Pixeln, von welchen jedoch nur ein Teil ausgewertet wird. Liefert robustere Ergebnisse in schwach texturierten Bereichen.

Werteliste: *'census_dense'*, *'census_sparse'*.

Default: *'census_dense'*.

'sub_disparity': Auf *'true'* gesetzt, werden kontinuierliche Werte für die bisher ganzzahligen Disparitätswerte geschätzt. Der Wert *'false'* schaltet dieses Verhalten aus.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'true'*.

Die resultierende Disparität wird in dem einkanaligen Bild `Disparity` zurückgegeben. Ein Qualitätsmaß für jeden Disparitätswert wird in `Score` ausgegeben. Es enthält das beste (niedrigste) Ergebnis des optimierten Ähnlichkeitsmaßes eines Referenzpixels.

Parameter

▷ **`ImageRect1`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte
Rektifiziertes Bild von Kamera 1.

▷ **`ImageRect2`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte
Rektifiziertes Bild von Kamera 2.

▷ **`Disparity`** (output_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* real
Disparität.

▷ **`Score`** (output_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* real
Güte der berechneten Disparität.

▷ **`MinDisparity`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Minimale erwartete Disparität.
Default: -30
Wertebereich: -32768 ≤ `MinDisparity` ≤ 32768
Restriktion: MinDisparity <= MaxDisparity

▷ **MaxDisparity** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Maximale erwartete Disparität.
Default: 30
Wertebereich: -32768 ≤ MaxDisparity ≤ 32768
Restriktion: MinDisparity <= MaxDisparity

▷ **SurfaceSmoothing** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Glättung von Oberflächen.
Default: 50
Wertevorschläge: SurfaceSmoothing ∈ {20, 50, 100}
Restriktion: SurfaceSmoothing >= 0

▷ **EdgeSmoothing** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Glättung von Kanten.
Default: 50
Wertevorschläge: EdgeSmoothing ∈ {20, 50, 100}
Restriktion: EdgeSmoothing >= 0

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Parametername(n) für das Multi-Scanline-Verfahren.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'method', 'similarity_measure', 'consistency_check', 'sub_disparity', 'num_levels', 'disparity_offset'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string*
Parameterwert(e) für das Multi-Scanline-Verfahren.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'accurate', 'fast', 'very_fast', 'census_dense', 'census_sparse', 'true', 'false', 'auto'}

Beispiel

```
read_image (BaseballL, 'stereo/epipolar/baseball_l')
read_image (BaseballR, 'stereo/epipolar/baseball_r')
binocular_disparity_ms (BaseballL, BaseballR, Disparity, Score, \
                        -40, -10, 50, 50, [], [])
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert binocular_disparity_ms den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

map_image

Nachfolger

threshold, disparity_to_distance, disparity_image_to_xyz

Alternativen

binocular_disparity, binocular_disparity_mg, binocular_distance, binocular_distance_mg, binocular_distance_ms

Siehe auch

map_image, gen_binocular_rectification_map, binocular_calibration

Modul

3D Metrology

binocular_distance (ImageRect1, ImageRect2 : Distance, Score : CamParamRect1, CamParamRect2, RelPoseRect, Method, MaskWidth, MaskHeight, TextureThresh, MinDisparity, MaxDisparity, NumLevels, ScoreThresh, Filter, SubDistance :)

Berechnet das Distanzbild für ein rektifiziertes Bildpaar mit Hilfe von Korrelationsmethoden.

binocular_distance berechnet das Distanzbild für ein rektifiziertes Bildpaar mit Hilfe von Korrelationsmethoden. Der Operator berechnet zunächst die Disparitäten zwischen den zwei rektifizierten Bildern ImageRect1 und ImageRect2 ähnlich wie in binocular_disparity. Die resultierenden Disparitätswerte werden dann wie in disparity_to_distance in Distanzwerte der korrespondierenden 3D Weltpunkte zu dem rektifizierten Stereo-Kamerasystem transformiert. Die Distanzen werden in dem einkanaligen Bild Distance zurückgegeben, in dem jeder Grauwert den Abstand des jeweiligen 3D Weltpunktes zu dem Stereo-Kamerasystem repräsentiert.

Der Algorithmus benötigt ein Referenzbild ImageRect1 und ein Suchbild ImageRect2, welche entzerrt sein müssen, d.h. korrespondierende Epipolarlinien liegen parallel und haben identische Bildzeilenkoordinaten ($r_1 = r_2$). Falls diese Annahme nicht zutrifft, können die Bilder durch die Operatoren calibrate_cameras, gen_binocular_rectification_map und map_image entzerrt werden. Ausgehend von einem Pixel im Referenzbild ImageRect1 kann dann das zugehörige Pixel in ImageRect2 durch die Suche entlang der korrespondierenden Zeile in ImageRect2 gefunden werden. Eine Übereinstimmung wird gefunden, indem jeweils eine lokale Nachbarschaft um das entsprechende Pixel innerhalb eines Fensters der Größe MaskWidth und MaskHeight in beiden Bildern miteinander verglichen wird. Für jedes definierte Referenzpixel wird die Pixelkorrespondenz in einen Distanzwert des 3D Punktes transformiert, der durch den Schnittpunkt der Sichtstrahlen mit der Ebene $z = 0$ durch beide korrespondierenden Pixel definiert ist.

Für diese Transformation werden die entzerrten internen Parameter für die Kamera 1 in CamParamRect1 und für die Kamera 2 in CamParamRect2 als auch die relativen externen Kameraparameter RelPoseRect benötigt. Letzteres ist eine Pose der Form ${}^{ccsR1}\mathbf{P}_{ccsR2}$, welche die relative Lage der beiden Kamerasysteme zueinander beschreibt. Genauer gesagt definiert sie eine Punkttransformation von dem entzerrten Kamerakoordinatensystem 2 (*ccsR2*) in das entzerrte Kamerakoordinatensystem 1 (*ccsR1*). Siehe auch Transformationen / Posen und „Solution Guide III-C - 3D Vision". Die Werte für diese Parameter erhält man beispielsweise von den Operatoren calibrate_cameras und gen_binocular_rectification_map. Ein Qualitätsmaß für jeden Distanzwert wird in Score zurückgegeben, welches jeweils das beste Ergebnis der Korrelationsfunktion S für einen Referenzpixel enthält. Für die Korrelation werden die Grauwerte der originalen, nicht vorverarbeiteten Eingabebilder genutzt.

Die verwendete Korrelationsfunktion wird durch den Parameter Method bestimmt, welcher drei Arten unterscheidet:

- *'sad'*: Summe der absoluten Differenzen (Summed Absolute Differences)

  $$S(r,c,d) = \frac{1}{N} \sum_{r'=r-m}^{r+m} \sum_{c'=c-n}^{c+n} \mid g_1(r',c') - g_2(r',c'+d) \mid,$$

  mit $0 \leq S(r,c,d) \leq 255$.
- *'ssd'*: Summe der quadrierten Differenzen (Summed Squared Differences)

  $$S(r,c,d) = \frac{1}{N} \sum_{r'=r-m}^{r+m} \sum_{c'=c-n}^{c+n} (g_1(r',c') - g_2(r',c'+d))^2,$$

  mit $0 \leq S(r,c,d) \leq 65025$.
- *'ncc'*: Normalisierte Kreuzkorrelation (Normalized Cross Correlation)

  $$S(r,c,d) = \frac{\sum_{r'=r-m}^{r+m} \sum_{c'=c-n}^{c+n} (g_1(r',c') - \bar{g_1}(r,c))(g_2(r',c'+d) - \bar{g_2}(r,c+d))}{\sqrt{\Big(\sum_{r'=r-m}^{r+m} \sum_{c'=c-n}^{c+n} (g_1(r',c') - \bar{g_1}(r,c))^2\Big)\Big(\sum_{r'=r-m}^{r+m} \sum_{c'=c-n}^{c+n} (g_2(r',c'+d) - \bar{g_2}(r,c+d))^2\Big)}},$$

  mit $-1.0 \leq S(r,c,d) \leq 1.0$.

wobei

$r1$, $c1$, $r2$, $c2$: Zeilen- und Spaltenkoordinaten der korrespondierenden Pixel der beiden Eingabebilder,

$g1$, $g2$:: Grauwerte der nicht vorverarbeiteten Eingabebilder,

$N = (2m+1)(2n+1)$: Größe des Korrelationsfensters,

$\bar{g}(r,c) = \frac{1}{N} \sum_{r'=r-m}^{r+m} \sum_{c'=c-n}^{c+n} g(r',c')$: mittlerer Grauwert innerhalb eines Korrelationsfensters der Breite $2m+1$ und Höhe $2n+1$.

Die Methoden *'sad'* und *'ssd'* vergleichen direkt die Grauwerte der Pixel innerhalb des Grauwertfensters, wohingegen *'ncc'* den mittleren Grauwert und seine Varianz innerhalb des Grauwertfensters ausgleicht. Wenn zwei Bilder in ihrer Helligkeit und ihrem Kontrast unterschiedlich sind, ist daher *'ncc'* vorzuziehen. Ansonsten sind *'sad'* und *'ssd'* vorzuziehen, da sie aufgrund einfacherer interner Berechnungen schneller sind. Für weitere Details siehe `binocular_disparity`.

Es muss darauf geachtet werden, dass die Güte der Korrelation für steigende S in den Methoden *'sad'* und *'ssd'* fällt (die beste Güte ist 0), während sie in der Methode *'ncc'* steigt (die beste Güte ist 1.0).

Die Größe des Korrelationsfensters, welche durch $2m+1$ und $2n+1$ in obigen Gleichungen referenziert wird, muss ungeradzahlig sein und kann durch die Parameter `MaskWidth` und `MaskHeight` festgelegt werden. Der Suchbereich wird durch den minimalen und maximalen Disparitätswert `MinDisparity` und `MaxDisparity` festgelegt. Da Grauwerte nicht außerhalb des Bildrandes definiert sind wird die Bildregion des `Distance` und `Score` Bildes am unteren und oberen Bildrand um (`MaskHeight`-1)/2 sowie am linken und rechten Rand um (`MaskWidth`-1)/2 beschnitten. Aus dem gleichen Grund wird der maximale Suchbereich am linken und rechten Bildrand begrenzt.

Da die Korrelationsverfahren in schwach texturierten Bildregionen im hohen Maße ungenau werden, kann die kleinste, innerhalb eines Korrelationsfensters erlaubte Grauwertstreuung mit Hilfe des Parameters `TextureThresh` definiert werden. Dieser Schwellenwert wird auf beiden Eingabebildern `ImageRect1` und `ImageRect2` angewendet. Zusätzlich garantiert `ScoreThresh` eine Mindestgüte der verwendeten Korrelationsfunktion und legt für die Methoden *'sad'* und *'ssd'* den größten, bzw. für *'ncc'* den kleinsten zulässigen Korrelationswert fest. Wird ferner `Filter` auf *'left_right_check'* gesetzt, werden nur noch diejenigen Disparitätswerte zurückgegeben, die übereinstimmend bei einer Suche eines Referenzmusters von `ImageRect1` in `ImageRect2` als auch von `ImageRect2` in `ImageRect1` gefunden werden. Der Wert *'none'* hingegen schaltet dieses Verhalten aus.

Die Anzahl der Pyramidenstufen, welche verwendet werden um das Zeitverhalten von `binocular_distance` zu verbessern, wird durch den Parameter `NumLevels` bestimmt. Einem grob-zu-fein Schema folgend werden die Disparitätsbilder der höheren Stufen berechnet und in rechteckige Bildteile von ähnlicher Disparität unterteilt um den Suchbereich auf der nächst niedrigeren Stufe für diesen Bildausschnitt einzuschränken. `TextureThresh` und `ScoreThresh` werden auf jeder Stufe angewendet, so dass die mit `Distance` und `Score` zurückgegebene Bildregion als die Schnittmenge der Bildregionen auf jeder einzelnen Stufe definiert ist. Im Allgemeinen lohnt sich das Verwenden von Pyramidenstrukturen um so mehr, je mehr das Distanzbild in homogene Bereiche unterteilt werden kann und je größer der Disparitätsbereich definiert werden muss. Auf der anderen Seite können zu hohe Pyramidenstufen durch ihre grobe Auflösung wichtige Texturinformationen verlieren, so dass falsche Distanzwerte zurückgegeben werden können.

Der Wert *'interpolation'* für den Parameter `SubDistance` schließlich erhöht die Genauigkeit und Unterteilung der Distanzwerte. Das Verhalten wird ausgeschaltet indem der Parameter auf *'none'* gesetzt wird.

Achtung

Bei der Verwendung von telezentrischen Kameras bezieht sich die Distanz `Distance` nicht auf die Entfernung eines Punktes zum Projektionszentrum einer Kamera. Die Entfernung wird zu der Ebene gemessen, die durch die y-Achse beider Kameras und der Basis (siehe `gen_binocular_rectification_map`) definiert ist.

Für Stereosysteme gemischten Typs (d.h., falls das ursprüngliche Stereosystem aus einer perspektivischen und einer telezentrischen Kamera bestand; siehe `gen_binocular_rectification_map`), ist die rektifizierende Ebene der zwei Kameras in einer Lage relativ zum Objekt, die zu sehr unintuitiven Distanzen führen würde. Daher unterstützt `binocular_distance` Stereosysteme gemischten Typs nicht. Für Stereosysteme gemischten Typs sollte stattdessen `reconstruct_surface_stereo` verwendet werden. Dort kann das Referenzkoordinatensystem beliebig gewählt werden. Alternativ können eventuell `binocular_disparity` und `disparity_image_to_xyz` verwendet werden.

Auch Stereosysteme, die sowohl Kameras mit hyperzentrischen Objektiven als auch Kameras ohne hyperzentrische Objektive enthalten, werden nicht unterstützt.

Parameter

▷ **ImageRect1** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte
Rektifiziertes Bild von Kamera 1.

▷ **ImageRect2** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte
Rektifiziertes Bild von Kamera 2.

▷ **Distance** (output_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* real
Distanzbild.

▷ **Score** (output_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* real
Maß für die Zuverlässigkeit eines Disparitätwertes.

▷ **CamParamRect1** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
Interne Kameraparameter der rektifizierten Kamera 1.

▷ **CamParamRect2** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
Interne Kameraparameter der rektifizierten Kamera 2.

▷ **RelPoseRect** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Punkttransformation von entzerrter Kamera 2 zu entzerrter Kamera 1.
Parameteranzahl: 7

▷ **Method** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Korrespondenzverfahren.
Default: 'ncc'
Werteliste: `Method` ∈ {'sad', 'ssd', 'ncc'}

▷ **MaskWidth** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Breite des Korrelationsfensters.
Default: 11
Wertevorschläge: `MaskWidth` ∈ {5, 7, 9, 11, 21}
Restriktion: 3 <= MaskWidth && odd(MaskWidth)

▷ **MaskHeight** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Höhe des Korrelationsfensters.
Default: 11
Wertevorschläge: `MaskHeight` ∈ {5, 7, 9, 11, 21}
Restriktion: 3 <= MaskHeight && odd(MaskHeight)

▷ **TextureThresh** (input_control) . . . . . real ⇝ *real* / integer
Schwellenwert der Grauwertvarianz.
Default: 0.0
Wertevorschläge: `TextureThresh` ∈ {0.0, 2.0, 5.0, 10.0}
Restriktion: 0.0 <= TextureThresh

▷ **MinDisparity** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Minimale erwartete Disparität.
Default: 0
Wertebereich: -32768 ≤ `MinDisparity` ≤ 32767

▷ **MaxDisparity** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Maximale erwartete Disparität.
Default: 30
Wertebereich: -32768 ≤ `MaxDisparity` ≤ 32767

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Pyramidenstufen.
Default: 1
Wertevorschläge: `NumLevels` ∈ {1, 2, 3, 4}
Restriktion: 1 <= NumLevels

▷ **ScoreThresh** (input_control) . . . . . real ⇝ *real* / integer
Schwellenwert der Korrelationsfunktion.
Default: 0.0
Wertevorschläge: `ScoreThresh` ∈ {0.0, 2.0, 5.0, 10.0}

▷ **Filter** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Verwendeter Filter.
Default: 'none'
Werteliste: `Filter` ∈ {'none', 'left_right_check'}

▷ **SubDistance** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Distanz Interpolation.
Default: 'none'
Werteliste: SubDistance ∈ {'none', 'interpolation'}

Beispiel

```
* Set internal and external stereo parameters.
* Note that, typically, these values are the result of a prior
* calibration.
gen_cam_par_area_scan_division (0.01, -665, 5.2e-006, 5.2e-006, \
                                622, 517, 1280, 1024, CamParam1)
gen_cam_par_area_scan_division (0.01, -731, 5.2e-006, 5.2e-006, \
                                654, 519, 1280, 1024, CamParam2)
create_pose (0.1535,-0.0037,0.0447,0.17,319.84,359.89, \
             'Rp+T', 'gba', 'point', RelPose)
* Compute the mapping for rectified images.
gen_binocular_rectification_map (Map1, Map2, CamParam1, CamParam2, \
                                 RelPose, 1, 'viewing_direction', \
                                 'bilinear', CamParamRect1, CamParamRect2, \
                                 Cam1PoseRect1, Cam2PoseRect2, RelPoseRect)
* Compute the distance values in online images.
while (1)
  grab_image_async (Image1, AcqHandle1, -1)
  map_image (Image1, Map1, ImageRect1)

  grab_image_async (Image2, AcqHandle2, -1)
  map_image (Image2, Map2, ImageRect2)

  binocular_distance (ImageRect1, ImageRect2, Distance, Score, \
                      CamParamRect1, CamParamRect2, RelPoseRect, 'sad', \
                      11, 11, 20, -40, 20, 2, 25, \
                      'left_right_check', 'interpolation')
endwhile
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert binocular_disparity den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

map_image

Nachfolger

threshold

Alternativen

binocular_distance_mg, binocular_distance_ms, binocular_disparity, binocular_disparity_mg, binocular_disparity_ms

Siehe auch

map_image, gen_binocular_rectification_map, binocular_calibration, distance_to_disparity, disparity_to_distance, disparity_image_to_xyz

Modul

3D Metrology

binocular_distance_mg (ImageRect1, ImageRect2 : Distance, Score : CamParamRect1, CamParamRect2, RelPoseRect, GrayConstancy, GradientConstancy, Smoothness, InitialGuess, CalculateScore, MGParamName, MGParamValue :)

Berechnet das Distanzbild für ein rektifiziertes Bildpaar mit Hilfe von Mehrgitter-Verfahren.

binocular_distance_mg berechnet das Distanzbild für ein rektifiziertes Bildpaar mit Hilfe von Mehrgitter-Verfahren. Der Operator berechnet zunächst die Disparitäten zwischen den zwei rektifizierten Bildern ImageRect1 und ImageRect2 ähnlich wie in binocular_disparity_mg. Die resultierenden Disparitätswerte werden dann wie in disparity_to_distance in Distanzwerte der korrespondierenden 3D Weltpunkte zu dem rektifizierten Stereo-Kamerasystem transformiert. Die Distanzen werden in dem einkanaligen Bild Distance zurückgegeben, in dem jeder Grauwert den Abstand des jeweiligen 3D Weltpunktes zu dem Stereo-Kamerasystem repräsentiert. Anders als in binocular_distance verwendet dieser Operator Variationsmethoden basierend auf Mehrgitter-Verfahren. Damit können auch Distanzwerte für Bildbereiche bestimmt werden, die keine oder kaum Textur aufweisen.

Die Eingabeparameter ImageRect1 und ImageRect2 müssen ein Paar rektifizierte Stereobilder darstellen, d.h. korrespondierende Punkte müssen dieselbe Zeilen-Koordinate haben. Falls diese Annahme nicht zutrifft, können die Bilder mit den Operatoren calibrate_cameras, gen_binocular_rectification_map und map_image rektifiziert werden.

Für die Transformation der Disparität in den Abstand werden die internen Parameter für die rektifizierte Kamera 1 in CamParamRect1 und für die rektifizierte Kamera 2 in CamParamRect2 sowie die relativen Lage der Kameras in RelPoseRect benötigt. Die relative Lage definiert eine Punkttransformation von dem entzerrten Kamerasystem 2 in das entzerrte Kamerasystem 1. Die Werte für diese Parameter erhält man beispielsweise von den Operatoren calibrate_cameras und gen_binocular_rectification_map.

Die Beschreibung des Verfahrens sowie der weiteren Parameter findet sich in der Dokumentation von binocular_disparity_mg.

Achtung

Bei der Verwendung von telezentrischen Kameras bezieht sich die Distanz Distance nicht auf die Entfernung eines Punktes zum Projektionszentrum einer Kamera. Die Entfernung wird zu der Ebene gemessen, die durch die y-Achse beider Kameras und der Basis (siehe gen_binocular_rectification_map) definiert ist.

Für Stereosysteme gemischten Typs (d.h., falls das ursprüngliche Stereosystem aus einer perspektivischen und einer telezentrischen Kamera bestand; siehe gen_binocular_rectification_map), ist die rektifizierende Ebene der zwei Kameras in einer Lage relativ zum Objekt, die zu sehr unintuitiven Distanzen führen würde. Daher unterstützt binocular_distance_mg Stereosysteme gemischten Typs nicht. Für Stereosysteme gemischten Typs sollte stattdessen reconstruct_surface_stereo verwendet werden. Dort kann das Referenzkoordinatensystem beliebig gewählt werden. Alternativ können eventuell binocular_disparity_mg und disparity_image_to_xyz verwendet werden.

Auch Stereosysteme, die sowohl Kameras mit hyperzentrischen Objektiven als auch Kameras ohne hyperzentrische Objektive enthalten, werden nicht unterstützt.

Parameter

- ▷ **ImageRect1** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Rektifiziertes Bild von Kamera 1.
- ▷ **ImageRect2** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Rektifiziertes Bild von Kamera 2.
- ▷ **Distance** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* real
  Abstandsbild.
- ▷ **Score** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* real
  Güte der berechneten Disparität wenn CalculateScore auf *'true'* gesetzt ist.
- ▷ **CamParamRect1** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter der rektifizierten Kamera 1.
- ▷ **CamParamRect2** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter der rektifizierten Kamera 2.
- ▷ **RelPoseRect** (input_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
  Punkttransformation von entzerrter Kamera 2 zu entzerrter Kamera 1.
  Parameteranzahl: 7

▷ **GrayConstancy** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Gewicht der Grauwerterhaltung im Datenterm.
Default: 1.0
Wertevorschläge: GrayConstancy ∈ {0.0, 1.0, 2.0, 10.0}
Restriktion: GrayConstancy >= 0.0

▷ **GradientConstancy** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Gewicht der Gradientenerhaltung im Datenterm.
Default: 30.0
Wertevorschläge: GradientConstancy ∈ {0.0, 1.0, 5.0, 10.0, 30.0, 50.0, 70.0}
Restriktion: GradientConstancy >= 0.0

▷ **Smoothness** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Gewicht des Glattheitsterms bezüglich des Datenterms.
Default: 5.0
Wertevorschläge: Smoothness ∈ {1.0, 3.0, 5.0, 10.0}
Restriktion: Smoothness > 0.0

▷ **InitialGuess** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Startwert für die Disparität.
Default: 0.0
Wertevorschläge: InitialGuess ∈ {-30.0, -20.0, -10.0, 0.0, 10.0, 20.0, 30.0}

▷ **CalculateScore** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Soll die Qualitätsschätzung in Score zurückgegeben werden?.
Default: 'false'
Wertevorschläge: CalculateScore ∈ {'true', 'false'}

▷ **MGParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Parametername(n) für das Mehrgitterverfahren.
Default: 'default_parameters'
Werteliste: MGParamName ∈ {'default_parameters', 'mg_solver', 'mg_cycle_type', 'mg_pre_relax', 'mg_post_relax', 'initial_level', 'pyramid_factor', 'iterations'}

▷ **MGParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / real / integer
Parameterwert(e) für das Mehrgitterverfahren.
Default: 'fast_accurate'
Wertevorschläge: MGParamValue ∈ {'very_accurate', 'accurate', 'fast_accurate', 'fast', 'v', 'w', 'none', 'gauss_seidel', 'multigrid', 'full_multigrid', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, -1, -2, -3, -4, -5}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert binocular_distance_mg den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

map_image

Nachfolger

threshold

Alternativen

binocular_distance, binocular_distance_ms, binocular_disparity, binocular_disparity_mg, binocular_disparity_ms

Siehe auch

map_image, gen_binocular_rectification_map, binocular_calibration, disparity_to_distance, distance_to_disparity, disparity_image_to_xyz

Modul

3D Metrology

binocular_distance_ms (ImageRect1, ImageRect2 : Distance, Score : CamParamRect1, CamParamRect2, RelPoseRect, MinDisparity, MaxDisparity, SurfaceSmoothing, EdgeSmoothing, GenParamName, GenParamValue :)

Berechnet das Distanzbild für ein rektifiziertes Stereobildpaar mit Hilfe von Multi-Scanline-Optimierung.

binocular_distance_ms berechnet das Distanzbild für ein rektifiziertes Stereobildpaar mit Hilfe von Multi-Scanline-Optimierung. Der Operator berechnet zunächst die Disparitäten zwischen den zwei rektifizierten Bildern ImageRect1 und ImageRect2, ähnlich wie binocular_disparity_ms. Die resultierenden Disparitätswerte werden dann wie in disparity_to_distance in Distanzwerte der korrespondierenden 3D Weltpunkte zu dem rektifizierten Stereo-Kamerasystem transformiert. Die Distanzen werden in dem einkanaligen Bild Distance zurückgegeben, in dem jeder Grauwert den Abstand des jeweiligen 3D Weltpunktes zu dem Stereo-Kamerasystem repräsentiert.

Die Eingabeparameter ImageRect1 und ImageRect2 müssen ein Paar rektifizierter Stereobilder darstellen, d.h. korrespondierende Punkte müssen in derselben Zeile liegen. Falls diese Annahme nicht zutrifft, können die Bilder mit den Operatoren calibrate_cameras, gen_binocular_rectification_map und map_image rektifiziert werden.

Für die Transformation der Disparität in den Abstand werden die internen Parameter für die rektifizierte Kamera 1 in CamParamRect1 und für die rektifizierte Kamera 2 in CamParamRect2 sowie die relative Lage der Kameras in RelPoseRect benötigt. Die relative Lage definiert eine Punkttransformation von dem entzerrten Kamerasystem 2 in das entzerrte Kamerasystem 1. Die Werte für diese Parameter erhält man beispielsweise von den Operatoren calibrate_cameras und gen_binocular_rectification_map.

Die Beschreibung der weiteren Parameter findet sich in der Dokumentation von binocular_disparity_ms.

Achtung

Bei der Verwendung von telezentrischen Kameras bezieht sich die Distanz Distance nicht auf die Entfernung eines Punktes zum Projektionszentrum einer Kamera. Die Entfernung wird zu der Ebene gemessen, die durch die y-Achse beider Kameras und der Basis (siehe gen_binocular_rectification_map) definiert ist.

Für Stereosysteme gemischten Typs (d.h., falls das ursprüngliche Stereosystem aus einer perspektivischen und einer telezentrischen Kamera bestand; siehe gen_binocular_rectification_map), ist die rektifizierende Ebene der zwei Kameras in einer Lage relativ zum Objekt, die zu sehr unintuitiven Distanzen führen würde. Daher unterstützt binocular_distance_ms Stereosysteme gemischten Typs nicht. Für Stereosysteme gemischten Typs sollte stattdessen reconstruct_surface_stereo verwendet werden. Dort kann das Referenzkoordinatensystem beliebig gewählt werden. Alternativ können eventuell binocular_disparity_ms und disparity_image_to_xyz verwendet werden.

Auch Stereosysteme, die sowohl Kameras mit hyperzentrischen Objektiven als auch Kameras ohne hyperzentrische Objektive enthalten, werden nicht unterstützt.

Parameter

- ▷ **ImageRect1** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte
  Rektifiziertes Bild von Kamera 1.
- ▷ **ImageRect2** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte
  Rektifiziertes Bild von Kamera 2.
- ▷ **Distance** (output_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* real
  Abstandsbild.
- ▷ **Score** (output_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* real
  Güte der berechneten Disparität.
- ▷ **CamParamRect1** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter der rektifizierten Kamera 1.
- ▷ **CamParamRect2** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter der rektifizierten Kamera 2.

▷ **RelPoseRect** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Punkttransformation von entzerrter Kamera 2 zu entzerrter Kamera 1.
Parameteranzahl: 7

▷ **MinDisparity** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Minimale erwartete Disparität.
Default: -30
Wertebereich: -32768 ≤ MinDisparity ≤ 32768
Restriktion: MinDisparity <= MaxDisparity

▷ **MaxDisparity** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Maximale erwartete Disparität.
Default: 30
Wertebereich: -32768 ≤ MaxDisparity ≤ 32768
Restriktion: MinDisparity <= MaxDisparity

▷ **SurfaceSmoothing** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Glättung von Oberflächen.
Default: 50
Wertevorschläge: SurfaceSmoothing ∈ {20, 50, 100}
Restriktion: SurfaceSmoothing >= 0

▷ **EdgeSmoothing** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Glättung von Kanten.
Default: 50
Wertevorschläge: EdgeSmoothing ∈ {20, 50, 100}
Restriktion: EdgeSmoothing >= 0

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Parametername(n) für das Multi-Scanline-Verfahren.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'similarity_measure', 'disparity_offset', 'num_levels', 'consistency_check', 'sub_disparity'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer
Parameterwert(e) für das Multi-Scanline-Verfahren.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'census_dense', 'census_sparse', 'true', 'false'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert binocular_distance_ms den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

map_image

Nachfolger

threshold

Alternativen

binocular_distance, binocular_distance_mg, binocular_disparity, binocular_disparity_mg, binocular_disparity_ms

Siehe auch

map_image, gen_binocular_rectification_map, binocular_calibration, disparity_to_distance, distance_to_disparity, disparity_image_to_xyz

Modul

3D Metrology

disparity_image_to_xyz (Disparity : X, Y, Z : CamParamRect1, CamParamRect2, RelPoseRect :)

Berechnet aus einem Disparitätsbild eines rektifizierten Bildpaars die zugehörigen 3D-Punkte.

Aus dem Disparitätsbild Disparity eines rektifizierten binokularen Stereosystems berechnet disparity_image_to_xyz die korrespondierenden 3D-Punkte. Ihre Koordinaten bezüglich der rektifizierten Kamera 1 werden als Grauwerte in den Bildern X, Y und Z zurückgegeben, d.h. die Pixel an der Position (Row,Column) in X, Y und Z enthalten die X-, Y- und Z-Koordinate des Pixels (Row,Column) im Disparitätsbild.

Das rektifizierte binokulare Kamerasystem wird durch die internen Kameraparameter CamParamRect1 der rektifizierten Kamera 1 und CamParamRect2 der rektifizierten Kamera 2 und die externen Parameter RelPoseRect bestimmt. Letzteres ist eine Pose, die in der Form ${}^{ccsR1}\mathbf{P}_{ccsR2}$ erwartet wird. Das heißt, sie beschreibt die Lage des rektifizierten Kamerasystems 2 (*ccR2*) bezüglich des rektifizierten Kamerasystems 1 (*ccR1*). Siehe auch Transformationen / Posen und „Solution Guide III-C - 3D Vision". Die Werte für diese Kameraparameter können von den Operatoren calibrate_cameras und gen_binocular_rectification_map erhalten werden.

Achtung

Stereosysteme, die sowohl Kameras mit hyperzentrischen Objektiven als auch Kameras ohne hyperzentrische Objektive enthalten, werden nicht unterstützt.

Parameter

- ▷ **Disparity** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* real
  Disparitätsbild.
- ▷ **X** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* real
  X-Koordinaten der Punkte im rektifizierten Kamerasystem 1.
- ▷ **Y** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* real
  Y-Koordinaten der Punkte im rektifizierten Kamerasystem 1.
- ▷ **Z** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* real
  Z-Koordinaten der Punkte im rektifizierten Kamerasystem 1.
- ▷ **CamParamRect1** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter der rektifizierten Kamera 1.
- ▷ **CamParamRect2** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter der rektifizierten Kamera 2.
- ▷ **RelPoseRect** (input_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
  Lage der zweiten rektifizierten Kamera bzgl. der ersten rektifizierten Kamera.
  Parameteranzahl: 7

Beispiel

```
disparity_image_to_xyz (ImageDisparity, ImgX, ImgY, ImgZ, RectCamParL, \
                        RectCamParR, RectLPosRectR)
get_region_points (ImageDisparity, Rows, Columns)
get_grayval (ImgX, Rows, Columns, XValues)
get_grayval (ImgY, Rows, Columns, YValues)
get_grayval (ImgZ, Rows, Columns, ZValues)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert disparity_image_to_xyz den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (kein Eingabebild vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

binocular_disparity

Nachfolger

threshold, write_image

Alternativen

disparity_to_point_3d, binocular_distance

Siehe auch

binocular_calibration, gen_binocular_rectification_map, intersect_lines_of_sight

Modul

3D Metrology

disparity_to_distance (: : CamParamRect1, CamParamRect2, RelPoseRect, Disparity : Distance)

Berechnet den Abstand für Disparitäten in einem gleichgerichteten binokularen Kamerapaar.

disparity_to_distance transformiert einen Disparitätswert in einen Abstand eines Objektpunktes zum binokularen Stereosystem. Die Kameras dieses Systems müssen gleichgerichtet sein und werden durch die entzerrten internen Parameter CamParamRect1 der Kamera 1 und CamParamRect2 der Kamera 2 und die externen Parameter RelPoseRect beschrieben, welche die relative Lage der beiden Kamerasysteme zueinander beschreibt und eine Punkttransformation vom entzerrten Kamerasystem 2 zum entzerrten Kamerasystem 1 festlegt. Die Werte für diese Parameter kann man von den Operatoren calibrate_cameras und gen_binocular_rectification_map erhalten. Der Disparitätswert Disparity wird durch die Spaltendifferenz der Bildkoordinaten zweier korrespondierender Punkte auf einer Epipolarlinie definiert nach der Beziehung $d = c_2 - c_1$ (siehe auch binocular_disparity). Dieser Wert bestimmt eine Menge von 3D Objektpunkten mit gleichem Abstand zu einer zur entzerrten Bildebene parallelen Ebene. Der Abstand zu der Ebene $z = 0$, welche parallel zur entzerrten Bildebene ist und beide optischen Zentren enthält, wird in Distance zurückgegeben.

Achtung

Bei der Verwendung von telezentrischen Kameras bezieht sich die Distanz Distance nicht auf die Entfernung eines Punktes zur Bildebene einer Kamera. Die Entfernung wird zu der Ebene gemessen, die durch die y-Achse beider Kameras und der Basis (siehe gen_binocular_rectification_map) definiert ist.

Für Stereosysteme gemischten Typs (d.h., falls das ursprüngliche Stereosystem aus einer perspektivischen und einer telezentrischen Kamera bestand; siehe gen_binocular_rectification_map), ist die rektifizierende Ebene der zwei Kameras in einer Lage relativ zum Objekt, die zu sehr unintuitiven Distanzen führen würde. Daher unterstützt disparity_to_distance Stereosysteme gemischten Typs nicht. Für Stereosysteme gemischten Typs sollte stattdessen disparity_to_point_3d verwendet werden.

Auch Stereosysteme, die sowohl Kameras mit hyperzentrischen Objektiven als auch Kameras ohne hyperzentrische Objektive enthalten, werden nicht unterstützt.

Parameter

- ▷ **CamParamRect1** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Parameter der rektifizierten Kamera 1.
- ▷ **CamParamRect2** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Parameter der rektifizierten Kamera 2.
- ▷ **RelPoseRect** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
  Punkttransformation von entzerrter Kamera 2 zur entzerrten Kamera 1.
  Parameteranzahl: 7
- ▷ **Disparity** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Disparität zwischen den Punkt-Abbildungen.
- ▷ **Distance** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Abstand eines Weltpunktes zur rektifizierten Kamera 1.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `disparity_to_distance` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`binocular_calibration`, `gen_binocular_rectification_map`, `map_image`, `binocular_disparity`

Alternativen

`binocular_distance`

Siehe auch

`distance_to_disparity`, `disparity_to_point_3d`

Modul

3D Metrology

disparity_to_point_3d (: : CamParamRect1, CamParamRect2, RelPoseRect, Row1, Col1, Disparity : X, Y, Z)

Berechnet aus Bildpunkten und ihren Disparitäten in einem gleichgerichteten Kamerapaar die zugehörigen Weltpunkte.

Ausgehend von einem Bildpunkt (`Row1`,`Col1`) in dem rektifizierten Kamerasystem 1 und seiner Disparität in einem rektifizierten binokularen Stereosystem, berechnet `disparity_to_point_3d` den korrespondierenden 3D Objektpunkt. Dabei spezifiziert der Disparitätswert `Disparity` die Spaltendifferenz der Bildkoordinaten zweier korrespondierender Merkmale auf einer Epipolarlinie entsprechend der Gleichung $d = c_2 - c_1$. Das rektifizierte binokulare Kamerasystem wird durch seine internen Kameraparameter `CamParamRect1` der Kamera 1 und `CamParamRect2` der Kamera 2 und die externen Parameter `RelPoseRect` bestimmt, welche die Lage des rektifizierte Kamerasystems 2 bezüglich des rektifizierten Kamerasystems 1 beschreiben. Die Werte für diese Kameraparameter können von den Operatoren `calibrate_cameras` und `gen_binocular_rectification_map` erhalten werden. Der 3D-Punkt wird in den kartesischen Koordinaten (`X`,`Y`,`Z`) des rektifizierten Kamerasystems 1 zurückgegeben.

Achtung

Stereosysteme, die sowohl Kameras mit hyperzentrischen Objektiven als auch Kameras ohne hyperzentrische Objektive enthalten, werden nicht unterstützt.

Parameter

- ▷ **CamParamRect1** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter der Kamera 1.
- ▷ **CamParamRect2** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter der Kamera 2.
- ▷ **RelPoseRect** (input_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
  Lage der zweiten Kamera bzgl. der ersten.
  Parameteranzahl: 7
- ▷ **Row1** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate eines Punktes im rektifizierten Kamerasystem 1.
- ▷ **Col1** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate eines Punktes im rektifizierten Kamerasystem 1.
- ▷ **Disparity** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Disparität zwischen den Punkt-Abbildungen.
- ▷ **X** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  X Koordinate des Weltpunktes.

▷ **Y** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Y Koordinate des Weltpunktes.

▷ **Z** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Z Koordinate des Weltpunktes.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `disparity_to_point_3d` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`binocular_calibration`, `gen_binocular_rectification_map`

Alternativen

`disparity_image_to_xyz`

Siehe auch

`binocular_disparity`, `binocular_distance`, `intersect_lines_of_sight`

Modul

3D Metrology

distance_to_disparity (: : CamParamRect1, CamParamRect2, RelPoseRect, Distance : Disparity)

Berechnet aus Abständen die erwartete Disparität der Bildpunkte in einem gleichgerichteten Kamerasystem.

`distance_to_disparity` transformiert den Abstand eines 3D Punktes zum binokularen Stereosystem in einen Disparitätswert. Die Kameras dieses Systems müssen gleichgerichtet sein und werden durch die entzerrten internen Parameter `CamParamRect1` der Kamera 1 und `CamParamRect2` der Kamera 2 und die externen Parameter `RelPoseRect` beschrieben, welche die relative Lage der beiden Kamerasysteme zueinander festlegt, indem es eine Punkttransformation vom entzerrten Kamerasystem 1 in das entzerrte Kamerasystem 2 definiert. Die Werte für diese Parameter kann man von dem Operator `calibrate_cameras` und `gen_binocular_rectification_map` erhalten. Der Distanzwert wird in `Distance` übergeben und der entsprechende Disparitätswert in `Disparity` zurückgegeben. Die Disparität definiert sich dabei durch die Differenz der Spalten der Bildkoordinaten zweier korrespondierender Punkte auf einer epipolaren Linie entsprechend der Gleichung $d = c_2 - c_1$.

Achtung

Bei der Verwendung von telezentrischen Kameras bezieht sich die Distanz `Distance` nicht auf die Entfernung eines Punktes zur Bildebene einer Kamera. Die Entfernung wird zu der Ebene gemessen, die durch die y-Achse beider Kameras und der Basis (siehe `gen_binocular_rectification_map`) definiert ist.

Für Stereosysteme gemischten Typs (d.h., falls das ursprüngliche Stereosystem aus einer perspektivischen und einer telezentrischen Kamera bestand; siehe `gen_binocular_rectification_map`), ist die rektifizierende Ebene der zwei Kameras in einer Lage relativ zum Objekt, die zu sehr unintuitiven Distanzen führen würde. Daher unterstützt `distance_to_disparity` Stereosysteme gemischten Typs nicht.

Auch Stereosysteme, die sowohl Kameras mit hyperzentrischen Objektiven als auch Kameras ohne hyperzentrische Objektive enthalten, werden nicht unterstützt.

Parameter

▷ **CamParamRect1** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
Interne Kameraparameter der Kamera 1.

▷ **CamParamRect2** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
Interne Kameraparameter der Kamera 2.

▷ **RelPoseRect** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Punkttransformation von entzerrter Kamera 2 zur entzerrten Kamera 1.
Parameteranzahl: 7

▷ **Distance** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Abstand eines Weltpunktes zu Kamera 1.

▷ **Disparity** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
Disparität zwischen den Punkt-Abbildungen.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `distance_to_disparity` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`binocular_calibration`, `gen_binocular_rectification_map`

Nachfolger

`binocular_disparity`

Modul

3D Metrology

essential_to_fundamental_matrix (: : EMatrix, CovEMat, CamMat1, CamMat2 : FMatrix, CovFMat)

Berechnung der Fundamental-Matrix aus der Essential-Matrix.

Die Fundamental-Matrix beschreibt die Epipolarbedingung in Bildkoordinaten (C,R), während die Essential-Matrix das Gegenstück für 3D Richtungsvektoren (X,Y,1) ist:

$$\begin{pmatrix} C_2 \\ R_2 \\ 1 \end{pmatrix}^T \cdot \texttt{FMatrix} \cdot \begin{pmatrix} C_1 \\ R_1 \\ 1 \end{pmatrix} = 0 \quad \text{und} \quad \begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ 1 \end{pmatrix}^T \cdot \texttt{EMatrix} \cdot \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ 1 \end{pmatrix} = 0 \quad .$$

Bildkoordinaten resultieren aus 3D Richtungsvektoren durch die Multiplikation mit der Kameramatrix $CamMat$:

$$\begin{pmatrix} col \\ row \\ 1 \end{pmatrix} = CamMat \cdot \begin{pmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{pmatrix} \quad .$$

Die Fundamental-Matrix `FMatrix` kann daher aus der Essential-Matrix `EMatrix` und den Kameramatrizen `CamMat1`, `CamMat2` mittels folgender Formel berechnet werden:

$$\texttt{FMatrix} = \texttt{CamMat2}^{-T} \cdot \texttt{EMatrix} \cdot \texttt{CamMat1}^{-1} \quad .$$

Die Transformation geht einher mit einer Fortpflanzung der Kovarianzmatrizen von `CovEMat` zu `CovFMat`. Sollte `CovEMat` leer sein, so wird `CovFMat` ebenfalls leer sein.

Der Konvertierungsoperator `essential_to_fundamental_matrix` wird besonders zur Visualisierung der Epipolarlinienstruktur mittels der Fundamental-Matrix verwendet, was die zu Grunde liegende Stereogeometrie verdeutlicht.

Parameter

▷ **EMatrix** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real* / integer
Essential-Matrix.

▷ **CovEMat** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
9×9 Kovarianzmatrix der Essential-Matrix.
Default: []

▷ **CamMat1** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real* / integer
Kameramatrix der 1. Kamera.

▷ **CamMat2** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real* / integer
Kameramatrix der 2. Kamera.

▷ **FMatrix** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Berechnete Fundamental-Matrix.

▷ **CovFMat** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
9×9 Kovarianzmatrix der Fundamental-Matrix.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

vector_to_essential_matrix

Alternativen

rel_pose_to_fundamental_matrix

Modul

3D Metrology

gen_binocular_proj_rectification (: Map1, Map2 : FMatrix, CovFMat, Width1, Height1, Width2, Height2, SubSampling, Mapping : CovFMatRect, H1, H2)

Projektive Rektifizierung eines schwach kalibrierten Stereo-Bildpaares.

Eine binokulare Stereokonfiguration wird schwach kalibriert genannt, wenn die Fundamental-Matrix, welche die projektive Beziehung der beiden Bilder beschreibt, bekannt ist. Rektifizierung ist das Finden eines geeigneten Satzes von Transformationen, welcher die beiden Bilder derart transformiert, dass alle korrespondierenden Epipolargeraden identisch sind und parallel zur horizontalen Achse verlaufen. Rektifizierte Bilder erscheinen vergleichbar einer Stereoanordnung, bei der die linke und rechte Bildebene identisch sind und die relative Lage der Kamerazentren nur aus einer horizontalen Translation besteht. Eine Rektifizierung ist nur möglich, wenn beide Epipole außerhalb der Bildbereiche liegen.

Typischerweise wird die Fundamental-Matrix FMatrix vorher durch den Operator match_fundamental_matrix_ransac berechnet. Ausgehend von der Fundamental-Matrix werden die beiden Homographien (d.h. projektive Transformationen) H1 und H2 berechnet, welche die Rektifizierung der beiden Bilder beschreiben. Da die projektive Rektifizierung ein unterbestimmtes Problem darstellt, werden zusätzliche Bedingungen aufgestellt: Es werden diejenigen Transformation gewählt, welche die projektive Verzerrung minimal halten. Für diese Berechnung sind die Dimensionen der Bildbereiche Width1,Height1, Width2 und Height2 notwendig. Nach der Rektifizierung hat die Fundamental-Matrix immer folgende kanonische Form:

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad .$$

Ist die Kovarianzmatrix CovFMat der Fundamental-Matrix FMatrix bekannt, so wird auch die Kovarianzmatrix CovFMatRect der obigen rektifizierten Fundamental-Matrix berechnet. Im Rahmen eines nachfolgenden Stereo-Matchings kann diese dazu dienen den Matching Prozess zu verbessern, da die Kovarianzmatrix den Bereich angibt, wo ein korrespondierender Match zu finden ist.

Ähnlich des verwandten Operators gen_binocular_rectification_map beschreiben die Ausgabebilder Map1 und Map2 die Transformationen, welche das Stereobildpaar rektifizieren. Der Parameter Mapping gibt an, ob für die Abbildung bilineare Interpolation (*'bilinear_map'*) verwendet werden soll, oder ob einfach der nächste Nachbar (*'nn_map'*) zu wählen ist. Die Größe bzw. Auflösung der Abbildungskarten ist über SubSampling einzustellen. Ein Wert von zum Beispiel 2 halbiert die Bildgröße. Wenn nur die Homographien und nicht die

Abbildungskarten gewünscht sind, ist die Option `Mapping` auf *'no_map'* zu setzen. Unter dem Aspekt der Rechengeschwindigkeit ist diese Wahl zu bevorzugen, wenn für eine spezifische Stereokonfiguration nur ein Bildpaar rektifiziert werden soll. Wenn dagegen die Stereokonfiguration fix ist, so sollten nur einmal die Abbildungskarten berechnet werden; alle weiteren Bildpaare werden dann mit Hilfe des Operators `map_image` rektifiziert, was zum geringsten Rechenaufwand zur online Rektifizierung führt.

Bei der Verwendung der Abbildungskarten haben die transformierten Bilder dieselbe Größe wie die Karten. Jedes Pixel in der Karte enthält die Information, wie das neue Pixel an dieser Position generiert wird. Die Karten `Map1`, `Map2` sind einkanalige Bilder, wenn `Mapping` auf *'nn_map'* gesetzt ist, und bestehen aus fünf Kanälen, wenn *'bilinear_map'* gewünscht wird. Im ersten Kanal, welcher vom Datentyp int4 ist, wird die lineare Koordinate des im Originalbild referenzierten Pixels gespeichert. Mit `Mapping` gleich *'nn_map'* ist das referenzierte Pixel der nächste Nachbar des zurück transformierten Kartenpixels. Im Falle der bilinearen Interpolation ist das Referenzpixel die nächste obere, linke Ecke des zurück transformierten Pixels. Die folgende Abbildung zeigt die Ordnung der Pixel im Originalbild, welche den zurück transformierten Koordinaten am nächsten sind, wobei das Referenzpixel die Nummer zwei trägt:

2	3
4	5

.

Die Kanäle 2 bis 5, welche vom Datentyp uint2 sind, enthalten die Gewichte der entsprechenden Pixel für die bilineare Interpolation.

Für ein rektifiziertes Bildpaar kann die Disparität zwischen Bildpunkten oder Regionen mittels des Operators `binocular_disparity` berechnet werden. Im Gegensatz zum Stereo bei voll kalibrierten Kameras mit der Rektifizierung mittels `gen_binocular_rectification_map` kann bei schwach kalibrierten Kameras keine metrische Tiefeninformation abgeleitet werden. Die Disparität gibt dann lediglich eine qualitative Tiefenordnung der betrachteten Szene wieder.

Parameter

- ▷ **`Map1`** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* int4 / uint2
  Bild, das die Rektifizierung des 1. Bildes codiert.
- ▷ **`Map2`** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* int4 / uint2
  Bild, das die Rektifizierung des 2. Bildes codiert.
- ▷ **`FMatrix`** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real* / integer
  Fundamental-Matrix.
- ▷ **`CovFMat`** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
  9×9 Kovarianzmatrix der Fundamental-Matrix.
  Default: []
- ▷ **`Width1`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Breite des 1. Bildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: `Width1` ∈ {128, 256, 512, 1024}
  Restriktion: Width1 > 0
- ▷ **`Height1`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Höhe des 1. Bildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: `Height1` ∈ {128, 256, 512, 1024}
  Restriktion: Height1 > 0
- ▷ **`Width2`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Breite des 2. Bildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: `Width2` ∈ {128, 256, 512, 1024}
  Restriktion: Width2 > 0
- ▷ **`Height2`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Höhe des 2. Bildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: `Height2` ∈ {128, 256, 512, 1024}
  Restriktion: Height2 > 0

▷ **SubSampling** (input_control) ..... number ⇝ *integer* / real
Unterabtastfaktor.
Default: 1
Werteliste: `SubSampling` ∈ {1, 2, 3, 1.5}

▷ **Mapping** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Typ des Mappings.
Default: 'no_map'
Werteliste: `Mapping` ∈ {'no_map', 'nn_map', 'bilinear_map'}

▷ **CovFMatRect** (output_control) ..... number-array ⇝ *real*
9×9 Kovarianzmatrix der rektifizierten Fundamental-Matrix.

▷ **H1** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Projektive Transformation des 1. Bildes.

▷ **H2** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Projektive Transformation des 2. Bildes.

Beispiel

```
* Rectify an image pair using a map.
get_image_size (Image1, Width1, Height1)
get_image_size (Image2, Width2, Height2)
points_harris (Image1, 3, 1, 0.2, 10000, Row1, Col1)
points_harris (Image2, 3, 1, 0.2, 10000, Row2, Col2)
match_fundamental_matrix_ransac (Image1, Image2, Row1, Col1, Row2, Col2, \
                                 'ncc', 21, 0, 200, 20, 50, 0, 0.9, \
                                 'gold_standard', 0.3, 1, FMatrix, \
                                 CovFMat, Error, Points1, Points2)
gen_binocular_proj_rectification (Map1, Map2, FMatrix, [], Width1, \
                                  Height1, Width2, Height2, 1, \
                                  'bilinear_map', CovFMatRect, H1, H2)
map_image (Image1, Map1, Image1Rect)
map_image (Image2, Map2, Image2Rect)

* Rectify an image pair without using a map.
get_image_size (Image1, Width1, Height1)
get_image_size (Image2, Width2, Height2)
points_harris (Image1, 3, 1, 0.2, 10000, Row1, Col1)
points_harris (Image2, 3, 1, 0.2, 10000, Row2, Col2)
match_fundamental_matrix_ransac (Image1, Image2, Row1, Col1, Row2, Col2, \
                                 'ncc', 21, 0, 200, 20, 50, 0, 0.9, \
                                 'gold_standard', 0.3, 1, FMatrix, \
                                 CovFMat, Error, Points1, Points2)
gen_binocular_proj_rectification (Map1, Map2, FMatrix, [], Width1, \
                                  Height1, Width2, Height2, 1, \
                                  'no_map', CovFMatRect, H1, H2)
* Determine the maximum extent of the two rectified images.
projective_trans_point_2d (H1, [0,0,Height1,Height1], \
                           [0,Width1,0,Width1], [1,1,1,1], R1, C1, W1)
R1 := int(floor(R1/W1))
C1 := int(floor(C1/W1))
projective_trans_point_2d (H2, [0,0,Height2,Height2], \
                           [0,Width2,0,Width2], [1,1,1,1], R2, C2, W2)
R2 := int(floor(R2/W2))
C2 := int(floor(C2/W2))
WidthRect := max([C1,C2])
HeightRect := max([R1,R2])
projective_trans_image_size (Image1, Image1Rect, H1, 'bilinear', \
                             WidthRect, HeightRect, 'false')
projective_trans_image_size (Image2, Image2Rect, H2, 'bilinear', \
                             WidthRect, HeightRect, 'false')
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

match_fundamental_matrix_ransac, vector_to_fundamental_matrix

Nachfolger

map_image, projective_trans_image, binocular_disparity

Alternativen

gen_binocular_rectification_map

Literatur

J. Gluckmann and S.K. Nayar: „Rectifying transformations that minimize resampling effects“; IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2001, vol I, pages 111-117.

Modul

3D Metrology

gen_binocular_rectification_map (: Map1, Map2 : CamParam1, CamParam2, RelPose, SubSampling, Method, MapType : CamParamRect1, CamParamRect2, CamPoseRect1, CamPoseRect2, RelPoseRect)

Berechnet die Abbildung der beiden Bildebenen eines binokularen Stereosystems in eine gemeinsame Bildebene.

Stereobildpaare werden rektifiziert, indem eine Transformationsvorschrift für jede Bildebene bestimmt wird, so dass Paare von korrespondierenden Epipolarlinien kollinear sind und parallel zur X-Achse des Bildkoordinatensystems verlaufen. Diese Bildgeometrie ist eine Voraussetzung für eine effiziente Berechnung von Disparitäten oder Distanzen mit Operatoren wie z.B. binocular_disparity oder binocular_distance. Man kann sich die rektifizierten Bilder vorstellen, als würden sie von einem neuen Stereoaufbau aufgenommen, welchen man durch eine Rotation (und Translation bei telezentrischen Flächen- und Zeilenkameras) der ursprünglichen Kameras erhalten würde. Die Projektionszentren (bzw. bei telezentrischen Kameras die Richtung der optischen Achse) werden beibehalten. Bei perspektivischen Kameras werden zusätzlich die Bildebenen in eine gemeinsame Ebene transformiert. Letzteres ist gleichbedeutend mit der Gleichsetzung der Bildweiten und der Gleichrichtung der optischen Achsen. Für ein Stereosystem gemischten Typs (d.h. eine perspektivische und eine telezentrische Kamera) werden die Bildebenen auch, wie unten beschrieben, in eine gemeinsame Ebene transformiert.

Um die Abbildungsvorschrift für rektifizierte Bilder zu erhalten verlangt gen_binocular_rectification_map die internen Kameraparameter CamParam1 von Kamera 1 und CamParam2 von Kamera 2. Ebenso wird die relative 3D-Lage RelPose, ${}^{ccs1}\mathbf{P}_{ccs2}$, benötigt. Diese 3D-Lage beschreibt die Transformation eines Punktes vom Kamerakoordinatensystem 2 (*ccs2*) nach Kamerakoordinatensystem 1 (*ccs 1*), siehe auch Transformationen / Posen und „Solution Guide III-C - 3D Vision“. Die Werte für diese Parameter kann man beispielsweise vom Operator calibrate_cameras erhalten.

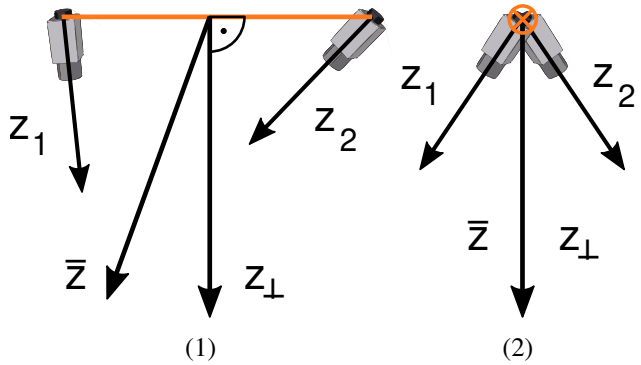
Die für die Rektifizierung modifizierten internen Kameraparameter werden in CamParamRect1 und CamParamRect2 ausgegeben. Die Rotation (und bei telezentrischen Kameras die Translation) des entzerrten Kamerasystems bezüglich des ursprünglichen Systems wird durch eine Punkttransformation vom entzerrten System ins originale System in CamPoseRect1 und CamPoseRect2 zurückgegeben. Diese 3D-Lagen sind in der Form ${}^{ccsX}\mathbf{P}_{ccsRX}$. Dabei steht *ccsX* für das Kamerakoordinatensystem von Kamera X und *ccsRX* für das entzerrtes Kamerakoordinatensystem von Kamera X. Schließlich gibt RelPoseRect die relative 3D-Lage der entzerrten Koordinatensysteme, ${}^{ccsR1}\mathbf{P}_{ccsR2}$, zurück. Diese 3D-Lage beschreibt eine Punkttransformation vom entzerrten Kamerakoordinatensystem 2 ins entzerrte Kamerakoordinatensystem 1.

Rektifizierungsmethode

Bei perspektivischen Flächenkameras ist dies lediglich eine Verschiebung in der x Richtung. Im Allgemeinen werden die Abbildungsvorschriften so festgelegt, dass sich das entzerrte Kamerasystem 1 links von dem entzerrten Kamerasystem 2 befindet. Dies bedeutet, dass das optische Zentrum der entzerrten Kamera 2 eine positive X-Koordinate im entzerrten Koordinatensystem von Kamera 1 besitzt.

Die Projektion auf eine gemeinsame Ebene hat mehrere Freiheitsgrade, welche implizit durch die Auswahl einer bestimmten Methode in `Method` bestimmt werden können:

- *'viewing_direction'* benutzt die Basisgerade als x-Achse der gemeinsamen Bildebene. Der Mittelwert der Blickrichtungen (z-Achsen) der beiden Kameras wird benutzt, um die x-z-Ebene des rektifizierten Systems aufzuspannen. Die resultierende rektifizierte z-Achse ist die Orientierung der gemeinsamen Bildebene, welche somit genau in dieser Ebene liegt und senkrecht zur Basisgeraden steht. In vielen Fällen weicht die resultierende rektifizierte z-Achse nicht weit vom Mittelwert der z-Achsen der alten Kameras ab. Die neue Bildweite wird so bestimmt, dass die alten Bildhauptpunkte von der neuen Bildebene gleichen Abstand haben. Die verschiedenen z-Achsenrichtungen sind im unteren Schema dargestellt.



(1) (2)

Darstellung der verschiedenen z-Achsenrichtungen bei Verwendung von *'viewing_direction'*. (1): Blickrichtung der Basisgeraden (in orange) zugewandt. (2): Blickrichtung entlang der Basisgeraden (in die Seite hinein zeigend, in orange).

- *'geometric'* legt die Orientierung der gemeinsamen Bildebene durch das Kreuzprodukt der Richtungen der Basisgeraden und der Schnittgeraden der ursprünglichen Bildebenen fest. Die neue Bildweite wird so bestimmt, dass die alten Bildhauptpunkte von der neuen Bildebene gleichen Abstand haben.

Bei telezentrischen Flächen- und Zeilenkameras wird der Parameter `Method` ignoriert. Die relative Lage beider Kameras ist in einem solchen Aufbau nicht eindeutig bestimmt, da die Kameras entlang ihrer optischen Achse verschoben die gleichen Aufnahmen liefern. Um trotzdem eine absolute Distanzmessung zur Kamera zu ermöglichen, wird intern angenommen, dass die Kameras einen festen Abstand und Orientierung zueinander haben. Hierfür werden sie entlang ihrer optischen Achse derart verschoben, dass ihr Abstand ein Meter beträgt und die Gerade auf der beide Kameras liegen (Basis) die optischen Achsen beider Kameras im gleichen Winkel schneiden (Die Basis und die optischen Achsen bilden ein gleichschenkliges Dreieck). Die optischen Achsen bleiben dabei erhalten. Die relative Lage der rektifizierten Kameras `RelPoseRect` kann sich von der relativen Lage der ursprünglichen Kameras `RelPose` dadurch stark unterscheiden.

Für ein Stereosystem gemischten Typs (d.h. eine perspektivische und eine telezentrische Kamera) wird der Parameter `Method` ignoriert. Die gemeinsame rektifizierende Bildebene ist eindeutig aus der Geometrie der perspektivischen Kamera und der relativen Lage der beiden Kameras bestimmt. Die Normale der rektifizierenden Bildebene ist der Vektor, der vom Projektionszentrum der perspektivischen Kamera zum Punkt auf der optischen Achse der telezentrischen Kamera zeigt, der den kürzesten Abstand zum Projektionszentrum der perspektivischen Kamera besitzt. Dies ist gleichzeitig die z-Achse der rektifizierten perspektivischen Kamera. Die geometrische Basis des gemischten Stereosystems ist eine Gerade, die durch das Projektionszentrum der perspektivischen Kamera verläuft und dieselbe Richtung wie die z-Achse der telezentrischen Kamera besitzt, d.h. die Basis ist parallel zur Blickrichtung der telezentrischen Kamera. Die x-Achse der rektifizierten perspektivischen Kamera ist durch die Basis gegeben und die y-Achse wird so konstruiert, dass sich eine rechtshändiges Koordinatensystem ergibt. Um die telezentrische Kamera zu rektifizieren, muss ihre optische Achse auf die Basis verschoben werden und die Bildebene muss um $90°$ oder $-90°$ verkippt werden. Um dies zu erreichen, muss ein spezieller Typ von objektseitig telezentrischer Kamera, der diese spezielle Geometrie darstellen kann (gekennzeichnet durch den negativen Abstand der verkippten Bildebene `ImagePlaneDist`), für die rektifizierte telezentrische Kamera verwendet werden. Die Repräsentation dieses speziellen Kameratyps sollte als Blackbox betrachtet werden, da sie ausschließlich zum Zwecke der Rektifizierung in HALCON verwendet wird (und daher auch nicht in `camera_calibration` beschrieben wird). Die rektifizierte telezentrische Kamera hat dieselbe Orientierung wie die ursprüngliche telezentrische Kamera. Ihr Referenzpunkt ist aber auf einen Punkt auf der Basis verschoben worden.

Abbildungsvorschrift für die Bilder (Rectification Maps)

Die Abbildungsvorschriften für die Bilder von Kamera 1 und Kamera 2 werden in `Map1` und `Map2` in Form von Bildmatritzen zurückgegeben. Der Parameter `MapType` gibt an, in welchem Typ die Abbildungsvorschrift gespeichert werden sollen. Wurde *'nearest_neighbor'* gewählt, so bestehen beide Abbildungsvorschriften aus einem Bild mit einem Kanal, in dem für jedes Pixel des Ergebnisbildes die linearen Koordinaten desjenigen Pixels des Eingabebildes stehen, welches den transformierten Koordinaten am nächsten liegt. Wurde die bilineare Interpolation (*'bilinear'*) gewählt, so bestehen beide Abbildungsvorschriften aus einem Bild mit fünf Kanälen. Der erste Kanal enthält für jedes Pixel des Ergebnisbildes die linearen Koordinaten desjenigen Pixels des Eingabebildes, welches links oberhalb von den transformierten Koordinaten liegt. Die übrigen vier Kanäle enthalten die Gewichte der einzelnen vier Nachbarpixel der transformierten Koordinaten für die bilineare Interpolation in folgender Reihenfolge:

2	3
4	5

Der zweite Kanal z.B. enthält die Gewichte der Pixel, die links oberhalb der transformierten Koordinaten liegen. Wurde *'coord_map_sub_pix'* gewählt, bestehen beide Abbildungsvorschriften aus einem Vektorfeld, welches für jedes Pixel des Ergebnisbildes die subpixelgenauen Koordinaten im Eingabebild enthält.

Die Größe und Auflösung der Abbildungen und transformierten Bilder kann mit dem Parameter `SubSampling` bestimmt werden, welcher einen Abtastfaktor auf die Originalbilder beschreibt.

Wenn die erzeugte Abbildung in einem anderen Programm wiederverwendet werden soll, kann man sie mit dem Operator `write_image` als Mehrkanalbild abspeichern (Format: *'tiff'*).

Achtung

Stereosysteme, die sowohl Kameras mit hyperzentrischen Objektiven als auch Kameras ohne hyperzentrische Objektive enthalten, werden nicht unterstützt.

Parameter

- ▷ **`Map1`** (output_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* int4 / uint2 / vector_field
  Abbildungsvorschrift für Bilder von Kamera 1.
- ▷ **`Map2`** (output_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* int4 / uint2 / vector_field
  Abbildungsvorschrift für Bilder von Kamera 2.
- ▷ **`CamParam1`** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Parameter der Kamera 1.
- ▷ **`CamParam2`** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Parameter der Kamera 2.
- ▷ **`RelPose`** (input_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
  Punkttransformation von Kamera 2 zu Kamera 1.
  Parameteranzahl: 7
- ▷ **`SubSampling`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Abtastfaktor.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `SubSampling` ∈ {0.5, 0.66, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0}
- ▷ **`Method`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der Entzerrung.
  Default: 'viewing_direction'
  Werteliste: `Method` ∈ {'viewing_direction', 'geometric'}
- ▷ **`MapType`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der Abbildungsvorschrift.
  Default: 'bilinear'
  Werteliste: `MapType` ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear', 'coord_map_sub_pix'}
- ▷ **`CamParamRect1`** (output_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Parameter der entzerrten Kamera 1.
- ▷ **`CamParamRect2`** (output_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Parameter der entzerrten Kamera 2.
- ▷ **`CamPoseRect1`** (output_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
  Punkttransformation von der entzerrten Kamera 1 zur ursprünglichen Kamera 1.
  Parameteranzahl: 7

▷ **CamPoseRect2** (output_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Punkttransformation von der entzerrten Kamera 2 zur ursprünglichen Kamera 2.
Parameteranzahl: 7

▷ **RelPoseRect** (output_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Punkttransformation von der entzerrten Kamera 2 zur entzerrten Kamera 1.
Parameteranzahl: 7

Beispiel

```
* Set internal and external stereo parameters.
* Note that, typically, these values are the result of a prior
* calibration.
gen_cam_par_area_scan_division (0.01, -665, 5.2e-006, 5.2e-006, \
                                622, 517, 1280, 1024, CamParam1)
gen_cam_par_area_scan_division (0.01, -731, 5.2e-006, 5.2e-006, \
                                654, 519, 1280, 1024, CamParam2)
create_pose (0.1535,-0.0037,0.0447,0.17,319.84,359.89, \
             'Rp+T', 'gba', 'point', RelPose)

* Compute the mapping for rectified images.
gen_binocular_rectification_map (Map1, Map2, CamParam1, CamParam2, \
                                 RelPose, 1,'viewing_direction', 'bilinear',\
                                 CamParamRect1, CamParamRect2, \
                                 CamPoseRect1, CamPoseRect2, \
                                 RelPoseRect)

* Compute the disparities in online images.
while (1)
  grab_image_async (Image1, AcqHandle1, -1)
  map_image (Image1, Map1, ImageMapped1)

  grab_image_async (Image2, AcqHandle2, -1)
  map_image (Image2, Map2, ImageMapped2)

  binocular_disparity(ImageMapped1, ImageMapped2, Disparity, Score, \
                      'sad', 11, 11, 20, -40, 20, 2, 25, \
                      'left_right_check', 'interpolation')
endwhile
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_binocular_rectification_map` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`binocular_calibration`

Nachfolger

`map_image`

Alternativen

`gen_image_to_world_plane_map`

Siehe auch

`map_image`, `binocular_disparity`, `binocular_distance`, `binocular_disparity_mg`, `binocular_distance_mg`, `binocular_disparity_ms`, `binocular_distance_ms`,

gen_image_to_world_plane_map, contour_to_world_plane_xld, image_points_to_world_plane

Modul

3D Metrology

intersect_lines_of_sight (: : CamParam1, CamParam2, RelPose, Row1, Col1, Row2, Col2 : X, Y, Z, Dist)

Berechnet einen Weltpunkt aus dem Schnitt von zwei Sichtlinien in einem binokularen Kamerasystem.

Ausgehend von zwei Sichtstrahlen von unterschiedlichen Kameras, welche durch die beiden Bildpunkte (Row1,Col1) in Kamera 1 und (Row1,Col1) in Kamera 2 festgelegt werden, errechnet intersect_lines_of_sight den 3D Schnittpunkt dieser Strahlen. Das binokulare Kamerasystem wird zum einen durch seine internen Parameter CamParam1 der projektiven Kamera 1 und CamParam2 der projektiven Kamera 2 definiert, und zum anderen durch seine externen Parameter RelPose. Letzteres ist eine Pose, die in der Form ${}^{ccs1}\mathbf{P}_{ccs2}$ erwartet wird. Sie beschreibt die Lage des Kamerakoordinatensystem 2 (*ccs2*) bezüglich des Kamerakoordinatensystems 1 (*ccs1*). Siehe auch Transformationen / Posen und „Solution Guide III-C - 3D Vision". Diese Kameraparameter erhält man beispielsweise vom Operator calibrate_cameras, wenn sich die Koordinaten der Bildpunkte (Row1,Col1) und (Row2,Col2) auf das entsprechende ursprüngliche Bildkoordinatensystem beziehen. Im Falle von entzerrten Bildkoordinaten (wie man sie von rektifizierten Bildern erhält) müssen die entsprechend entzerrten Kameraparameter übergeben werden, wie sie beispielsweise der Operator gen_binocular_rectification_map liefert. Der 'Schnittpunkt' schließlich wird als der Punkt mit dem kleinsten Abstand zu beiden Sichtstrahlen definiert. Dieser Punkt wird in kartesischen Koordinaten (X,Y,Z) des Kamerasystems 1 zurückgegeben, seinen Abstand zu den Sichtstrahlen liefert der Parameter Dist.

Achtung

Stereosysteme, die sowohl Kameras mit hyperzentrischen Objektiven als auch Kameras ohne hyperzentrische Objektive enthalten, werden nicht unterstützt.

Parameter

- ▷ **CamParam1** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Parameter der projektiven Kamera 1.
- ▷ **CamParam2** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne parameter der projektiven Kamera 2.
- ▷ **RelPose** (input_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
  Punkttransformation von Kamera 2 zu Kamera 1.
  Parameteranzahl: 7
- ▷ **Row1** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate eines Punktes im Bild 1.
- ▷ **Col1** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate eines Punktes im Bild 1.
- ▷ **Row2** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des korrespondierenden Punktes im Bild 2.
- ▷ **Col2** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des korrespondierenden Punktes im Bild 2.
- ▷ **X** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  X-Koordinate des Weltpunktes.
- ▷ **Y** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Y-Koordinate des Weltpunktes.
- ▷ **Z** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Z-Koordinate des Weltpunktes.
- ▷ **Dist** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Abstand des 3D Punktes zu den Sehstrahlen.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert distance_to_disparity den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

binocular_calibration

Siehe auch

disparity_to_point_3d

Modul

3D Metrology

match_essential_matrix_ransac (Image1, Image2 : : Rows1, Cols1, Rows2, Cols2, CamMat1, CamMat2, GrayMatchMethod, MaskSize, RowMove, ColMove, RowTolerance, ColTolerance, Rotation, MatchThreshold, EstimationMethod, DistanceThreshold, RandSeed : EMatrix, CovEMat, Error, Points1, Points2)

Automatische Bestimmung der Essential-Matrix für ein Stereo-Bildpaar durch Zuordnung von Bildpunkten.

Ausgehend von einer Menge charakteristischer Punkte (Rows1, Cols1) und (Rows2, Cols2) in den beiden Eingabebildern Image1, Image2 und bekannten Kameramatrizen CamMat1, CamMat2 bestimmt match_essential_matrix_ransac automatisch die Geometrie der Stereokonfiguration und findet die Korrespondenzen zwischen den Bildpunkten. Die Stereogeometrie ist durch die Essential-Matrix EMatrix gegeben, und alle Korrespondenzen müssen die Epipolargleichung erfüllen.

Der Operator match_essential_matrix_ransac ist für ein lineares Kameramodell konzipiert. Die internen Kameraparameter werden durch die Argumente CamMat1, CamMat2 übergeben, welche 3×3 obere Dreiecksmatrizen sind und eine affine Transformation beschreiben. Die Beziehung zwischen einem 3D Richtungsvektor (X,Y,1) und dessen (projektiven) 2D Bildkoordinaten (col,row,1) ist:

$$\begin{pmatrix} col \\ row \\ 1 \end{pmatrix} = CamMat \cdot \begin{pmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{pmatrix} \quad \text{mit} \quad CamMat = \begin{pmatrix} f/s_x & s & c_x \\ 0 & f/s_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} .$$

Zu beachten ist hier die Reihenfolge (Spalte/Zeile), welche mit der (x,y) Notation im Kamerakoordinatensystem konform gehen muss. Die Brennweite ist mit f bezeichnet, s_x, s_y sind Skalierungsfaktoren, s beschreibt eine Scherung und (c_x, c_y) gibt den Bildhauptpunkt an. Hauptsächlich sind dies die Elemente aus den Kameraparametern, wie sie z.B. in calibrate_cameras verwendet werden. Alternativ kann eine Kameramatrix auch durch andere Elemente beschrieben werden, siehe z.B. stationary_camera_self_calibration. Multipliziert man die (projektiven) Bildkoordinaten mit der invertierten Kameramatrix, so erhält man die 3D Richtungsvektoren. Für bekannte Kameramatrizen schreibt sich die Epipolargleichung wie folgt:

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ 1 \end{pmatrix}^T \cdot EMatrix \cdot \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ 1 \end{pmatrix} = 0 .$$

Das Matchingverfahren beruht auf charakteristischen Punkten, welche mit Punktoperatoren, wie z.B. points_foerstner oder points_harris, extrahiert wurden. Die Bestimmung der Essential-Matrix und der Korrespondenzen erfolgt in 2 Schritten: Zuerst werden die Grauwertkorrelationen von Umgebungen der Eingabepunkte im ersten und zweiten Bild bestimmt und anhand dieser ein initiales Matching zwischen den Punkten ermittelt. Dann wird das RANSAC-Verfahren angewendet, um diejenige Essential-Matrix zu finden, welche die Anzahl der korrespondierenden Punktpaare unter Erfüllung der Epipolarbedingung maximiert.

Die Größe der Grauwertfenster beträgt MaskSize $\times$ MaskSize. Es können drei Metriken für die Korrelation gewählt werden. Hat GrayMatchMethod den Wert *'ssd'*, so wird das Quadrat der Grauwertdifferenzen verwendet, *'sad'* entspricht dem Betrag der Grauwertdifferenzen und *'ncc'* ist die normierte Kreuzkorrelation (siehe auch binocular_disparity). Diese Metrik wird über alle Punktpaare minimiert (*'ssd'*, *'sad'*) bzw. maximiert (*'ncc'*), ein so gefundenes Matching wird aber nur akzeptiert, falls der Wert der Metrik unter dem Wert von MatchThreshold (*'ssd'*, *'sad'*) bzw. über demselben (*'ncc'*) liegt.

Zur Geschwindigkeitssteigerung kann der Suchbereich für das Matching eingeschränkt werden. Nur Punkte innerhalb eines $2 \cdot$ RowTolerance $\times 2 \cdot$ ColTolerance Punkte großen Fensters werden betrachtet. Die Verschiebung des Mittelpunkts dieses Fensters im zweiten Bild gegenüber der Position des aktuellen Punktes im ersten Bild wird durch die Parameter RowMove und ColMove bestimmt.

Falls die Kameras nicht nur verschoben sind, sondern die zweite Kamera gegenüber der ersten um die optische Achse gedreht worden ist, kann im Parameter Rotation eine Schätzung des Drehwinkels bzw. ein Winkelintervall im Bogenmaß übergeben werden. Eine gute Schätzung des Winkels erhöht die Qualität des Grauwertwertmatchings. Falls sich die tatsächliche Rotation zu stark von der angegebenen Schätzung unterscheidet, schlägt das Matching typischerweise fehl. In diesem Fall sollte ein Winkelintervall angegeben werden. Je größer das angegebene Winkelintervall, desto langsamer läuft der Operator, denn für alle relevanten (endlich vielen) Winkel innerhalb des Intervalls wird das Verfahren komplett durchlaufen.

Ist das initiale Punktmatching bestimmt, wird es anschließend durch einen randomisierten Auswahlalgorithmus (RANSAC) zur Bestimmung der Essential-Matrix EMatrix benutzt. Dabei wird versucht die Matrix so zu wählen, dass sie bezüglich der Schranke DistanceThreshold zu möglichst vielen Punktpaaren konsistent ist.

Der Parameter EstimationMethod gibt an, ob die Kameras sich in einer besonderen relativen Orientierung zueinander befinden und bestimmt auch das Berechnungsverfahren. Für *'normalized_dlt'* und *'gold_standard'* kann die relative Lage der Kameras zueinander beliebig sein. Für *'trans_normalized_dlt'* und *'trans_gold_standard'* ist die relative Lage eine reine Translation. Für eine eindeutige Korrespondenzfindung ist die minimale Anzahl an notwendigen Punktkorrespondenzen im allgemeinen Fall sechs und im speziellen Fall der reinen Translation drei.

Wird *'normalized_dlt'* oder *'trans_normalized_dlt'* gewählt, so ist das Berechnungsverfahren ein lineares Verfahren. Wird *'gold_standard'* oder *'trans_gold_standard'* gewählt, so ist das Berechnungsverfahren im statistischen Sinne optimal, und die Kovarianz der Essential-Matrix CovEMat wird zusätzlich berechnet. Es ist zu beachten, dass sich je nach gewähltem Verfahren nicht nur die berechnete Essential-Matrix unterscheidet, sondern auch die zugeordneten Punkte verschieden sein können.

Der Wert Error gibt die Qualität des Matchings an und ist der mittlere euklidische Abstand der Punkte zu ihren korrespondierenden Epipolarlinien gemessen in Pixeln.

Punktpaare, welche die Konsistenzbedingungen erfüllen, werden als Korrespondenzen akzeptiert. Points1 enthält die Indizes der zugeordneten Eingabepunkte im ersten Bild, Points2 die Indizes der dazu korrespondierenden Punkte im zweiten Bild.

Bei dem Operator match_essential_matrix_ransac ist folgender Spezialfall zu beachten: Liegen alle zugeordneten Raumpunkte in einer einzigen Ebene und zusätzlich alle näher zu einer der beiden Kameras, so gibt es insgesamt zwei Lösungen. Das heißt, dass in diesem Fall das Problem der Berechnung der Essential-Matrix nicht eindeutig lösbar ist. Es werden daher auch beide Lösungen ausgegeben. Das bedeutet, dass die Ausgabeparameter EMatrix, CovEMat und Error von doppelter Länge sind, wobei die Werte der zweiten Lösung an die Werte der ersten Lösung hinten angehängt sind.

Der Parameter RandSeed kann benutzt werden, um das randomisierte Verhalten des RANSAC-Verfahrens zu kontrollieren und somit reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Wird RandSeed auf einen positiven Wert gesetzt, so liefert der Operator bei jedem Aufruf mit denselben Parametern auch dasselbe Resultat, da der intern verwendete Zufallsgenerator mit RandSeed initialisiert wird. Ist RandSeed $= 0$, so wird der Zufallsgenerator mit der aktuellen Zeit initialisiert. Daher sind in diesem Fall die Ergebnisse unter Umständen nicht reproduzierbar. Welcher Wert für den HALCON Systemparameter *'seed_rand'* (siehe set_system) gesetzt ist hat keinen Einfluss auf das Ergebnis von match_essential_matrix_ransac.

Parameter

▷ **Image1** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild 1.

▷ **Image2** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild 2.

▷ **Rows1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 1.
Restriktion: length(Rows1) >= 6 || length(Rows1) >= 3

▷ **Cols1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 1.
Restriktion: length(Cols1) == length(Rows1)

▷ **Rows2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 2.
Restriktion: length(Rows2) >= 6 || length(Rows2) >= 3

▷ **Cols2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 2.
Restriktion: length(Cols2) == length(Rows2)

▷ **CamMat1** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real* / integer
Kameramatrix der 1. Kamera.

▷ **CamMat2** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real* / integer
Kameramatrix der 2. Kamera.

▷ **GrayMatchMethod** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Metrik für den Vergleich der Grauwerte.
Default: 'ssd'
Werteliste: `GrayMatchMethod` ∈ {'ssd', 'sad', 'ncc'}

▷ **MaskSize** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Größe der Grauwertmaske.
Default: 10
Wertevorschläge: `MaskSize` ∈ {3, 7, 15}
Wertebereich: 1 ≤ MaskSize

▷ **RowMove** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Mittlere Zeilenverschiebung.
Default: 0
Wertebereich: 0 ≤ `RowMove` ≤ 200

▷ **ColMove** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Mittlere Spaltenverschiebung.
Default: 0
Wertebereich: 0 ≤ `ColMove` ≤ 200

▷ **RowTolerance** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Halbe Höhe des Suchfensters für das Punktmatching.
Default: 200
Wertebereich: 1 ≤ RowTolerance

▷ **ColTolerance** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Halbe Breite des Suchfensters für das Punktmatching.
Default: 200
Wertebereich: 1 ≤ ColTolerance

▷ **Rotation** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
Drehwinkelbereich.
Default: 0.0
Wertevorschläge: `Rotation` ∈ {0.0, 0.1, -0.1, 0.7854, 1.571, 3.142}

▷ **MatchThreshold** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer* / real
Schwellenwert für Grauwertkorrespondenzen.
Default: 10
Wertevorschläge: `MatchThreshold` ∈ {10, 20, 50, 100, 0.9, 0.7}

▷ **EstimationMethod** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Algorithmus zur Berechnung der Essential-Matrix und zur Auswahl spezieller relativer Orientierungen.
Default: 'normalized_dlt'
Werteliste: `EstimationMethod` ∈ {'normalized_dlt', 'gold_standard', 'trans_normalized_dlt', 'trans_gold_standard'}

▷ **DistanceThreshold** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Maximale Abweichung eines Punktes von seiner Epipolarlinie.
Default: 1
Wertebereich: 0.5 ≤ `DistanceThreshold` ≤ 5
Restriktion: DistanceThreshold > 0

▷ **RandSeed** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Startwert für den Zufallszahlengenerator.
Default: 0

▷ **EMatrix** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Berechnete Essential-Matrix.

▷ **CovEMat** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
9 × 9 Kovarianzmatrix der Essential-Matrix.

▷ **Error** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Mittlerer, quadratischer Epipolar Abstand.

▷ **Points1** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Indizes der zugeordneten Eingabepunkte aus Bild 1.

▷ **Points2** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Indizes der zugeordneten Eingabepunkte aus Bild 2.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`points_foerstner`, `points_harris`

Nachfolger

`vector_to_essential_matrix`

Siehe auch

`match_fundamental_matrix_ransac`, `match_rel_pose_ransac`, `stationary_camera_self_calibration`

Literatur

Richard Hartley, Andrew Zisserman: „Multiple View Geometry in Computer Vision“; Cambridge University Press, Cambridge; 2003.

Olivier Faugeras, Quang-Tuan Luong: „The Geometry of Multiple Images: The Laws That Govern the Formation of Multiple Images of a Scene and Some of Their Applications“; MIT Press, Cambridge, MA; 2001.

Modul

3D Metrology

match_fundamental_matrix_distortion_ransac (Image1, Image2 : : Rows1, Cols1, Rows2, Cols2, GrayMatchMethod, MaskSize, RowMove, ColMove, RowTolerance, ColTolerance, Rotation, MatchThreshold, EstimationMethod, DistanceThreshold, RandSeed : FMatrix, Kappa, Error, Points1, Points2)

Automatische Bestimmung der Fundamental-Matrix und des radialen Verzeichnungskoeffizienten für ein Stereo-Bildpaar durch Zuordnung von Bildpunkten.

Ausgehend von einer Menge charakteristischer Punkte (`Rows1`, `Cols1`) und (`Rows2`, `Cols2`) in den beiden Eingabebildern `Image1` und `Image2`, welche dieselbe Größe besitzen müssen, bestimmt `match_fundamental_matrix_distortion_ransac` automatisch die Korrespondenz der Punkte, die Fundamental-Matrix `FMatrix` und den radialen Verzeichnungskoeffizienten `Kappa` (κ), welche die Epipolargleichung

$$\begin{pmatrix} c_2 \\ r_2 \\ 1 \end{pmatrix}^T \cdot \texttt{FMatrix} \cdot \begin{pmatrix} c_1 \\ r_1 \\ 1 \end{pmatrix} = 0 \ .$$

am besten erfüllen. Hierbei sind (r_1, c_1) und (r_2, c_2) Bildpunkte, die durch Entzerrung der Eingabebildpunkte mit dem Divisionsmodell entstehen (siehe Kalibrierung):

$$r = \frac{\tilde{r}}{1 + \kappa(\tilde{r}^2 + \tilde{c}^2)} \qquad c = \frac{\tilde{c}}{1 + \kappa(\tilde{r}^2 + \tilde{c}^2)}$$

Hierbei bezeichnen $(\tilde{r}_1, \tilde{c}_1) = (\texttt{Rows1} - 0.5(h-1), \texttt{Cols1} - 0.5(w-1))$
und $(\tilde{r}_2, \tilde{c}_2) = (\texttt{Rows2} - 0.5(h-1), \texttt{Cols2} - 0.5(w-1))$

die verzerrten Bildpunkte relativ zum Bildmittelpunkt und w und h die Breite und Höhe der Eingabebilder. match_fundamental_matrix_distortion_ransac nimmt also an, dass der Hauptpunkt, d.h. das Zentrum der radialen Verzeichnungen, im Bildmittelpunkt liegt.

Das zurückgelieferte Kappa kann dazu verwendet werden, Kameraparameter zu konstruieren, die zur Entzerrung von Bildern oder Bildpunkten verwendet werden können (siehe change_radial_distortion_cam_par, change_radial_distortion_image und change_radial_distortion_points):

$$\begin{aligned} \texttt{CamPar} \quad = \quad & [\text{'}area_scan_telecentric_division\text{'}, 0.0, \texttt{Kappa}, 1.0, 1.0, \\ & 0.5(w-1), 0.5(h-1), w, h] \end{aligned}$$

Zu beachten bei den obigen Formeln ist die Position von Spalte bzw. Zeile in den Punktkoordinaten. Da die Fundamental-Matrix die projektive Beziehung zweier Stereobilder im 3D Raum wiedergibt, muss die X/Y Notation mit dem Kamerakoordinatensystem konform sein. (X,Y) Koordinaten entsprechen daher einem (Column,Row) Paar.

Das Matchingverfahren beruht auf charakteristischen Punkten, welche mit Punktoperatoren, wie z.B. points_foerstner oder points_harris, extrahiert wurden. Die Bestimmung der Korrespondenzen erfolgt in 2 Schritten: Zuerst werden die Grauwertkorrelationen der Umgebungen der Eingabepunkte im ersten und zweiten Bild bestimmt und anhand dieser ein initiales Matching zwischen den Punkten ermittelt. Dann wird das RANSAC-Verfahren angewendet, um die Fundamental-Matrix und den radialen Verzeichnungskoeffizienten zu finden, welche die Anzahl der korrespondierenden Punktpaare unter Erfüllung der Epipolarbedingung maximieren.

Die Größe der Grauwertfenster, die für das Matching verwendet werden, beträgt MaskSize $\times$ MaskSize. Es können drei Metriken für die Korrelation gewählt werden. Hat GrayMatchMethod den Wert *'ssd'*, so wird das Quadrat der Grauwertdifferenzen verwendet, *'sad'* entspricht dem Betrag der Grauwertdifferenzen und *'ncc'* ist die normierte Kreuzkorrelation (siehe auch binocular_disparity). Diese Metrik wird über alle Punktpaare minimiert (*'ssd'*, *'sad'*) bzw. maximiert (*'ncc'*), eine so gefundene Korrespondenz wird aber nur akzeptiert, falls der Wert der Metrik unter dem Wert von MatchThreshold (*'ssd'*, *'sad'*) bzw. über demselben (*'ncc'*) liegt.

Zur Geschwindigkeitssteigerung kann der Suchbereich für die Match-Kandidaten auf ein Rechteck, das durch Größe und Verschiebung spezifiziert wird, eingeschränkt werden. Nur Punkte innerhalb eines $2 \cdot$ RowTolerance $\times 2 \cdot$ ColTolerance Punkte großen Fensters werden betrachtet. Die Verschiebung des Mittelpunkts dieses Fensters im zweiten Bild gegenüber der Position des aktuellen Punktes im ersten Bild wird durch die Parameter RowMove und ColMove bestimmt.

Falls die Kameras nicht nur verschoben sind, sondern die zweite Kamera gegenüber der ersten um die optische Achse gedreht worden ist, kann im Parameter Rotation eine Schätzung des Drehwinkels bzw. ein Winkelintervall im Bogenmaß übergeben werden. Eine gute Schätzung des Winkels erhöht die Qualität des Grauwertwertmatchings. Falls sich die tatsächliche Rotation zu stark von der angegebenen Schätzung unterscheidet, schlägt das Matching typischerweise fehl. In diesem Fall sollte ein Winkelintervall angegeben werden. Je größer das angegebene Winkelintervall, desto langsamer läuft der Operator, denn für alle relevanten (automatisch bestimmten) Winkel innerhalb des Intervalls wird das Verfahren komplett durchlaufen.

Ist das initiale Punktmatching bestimmt, wird es anschließend durch einen randomisierten Auswahlalgorithmus (RANSAC) zur Bestimmung der Fundamental-Matrix FMatrix und des radialen Verzeichnungskoeffizienten Kappa benutzt. Dabei wird versucht, diese Parameter so zu wählen, dass sie bezüglich der Schranke DistanceThreshold zu möglichst vielen Punktpaaren konsistent ist.

Der Parameter EstimationMethod gibt an, ob die Kameras sich in einer besonderen relativen Orientierung zueinander befinden, und bestimmt auch das Berechnungsverfahren. Für *'linear'* und *'gold_standard'* kann die relative Lage der Kameras zueinander beliebig sein. *'trans_linear'* oder *'trans_gold_standard'* ist zu wählen, wenn die relative Lage der beiden Kameras eine reine Translation ist und die linke und rechte Kamera identisch sind. Für eine eindeutige Korrespondenzfindung ist die minimale Anzahl an notwendigen Punktkorrespondenzen im allgemeinen Fall neun und im speziellen Fall der reinen Translation vier.

Wird EstimationMethod auf *'linear'* oder *'trans_linear'* gesetzt, so ist das Berechnungsverfahren ein lineares Verfahren. Dieses Verfahren ist sehr schnell. Für den Fall der reinen Translation (EstimationMethod = *'trans_linear'*) liefert das lineare Verfahren genaue Ergebnisse für geringes bis mittleres Rauschen der Punktkoordinaten und für die meisten Verzeichnungen (außer sehr kleinen Verzeichnungen). Für eine beliebige Lage der Kameras (EstimationMethod = *'linear'*) liefert das lineare Verfahren nur für sehr geringes Rauschen der Punktkoordinaten und hinreichend große Verzeichnungen genaue Ergebnisse. Für EstimationMethod gleich

'gold_standard' bzw. *'trans_gold_standard'* wird eine mathematisch optimale, dafür aber langsamere, Optimierung durchgeführt, die den geometrischen Reprojektionsfehler von rekonstruierten projektiven 3D Punkten minimiert. Für eine beliebige Lage der Kameras sollte im allgemeinen `EstimationMethod` = *'gold_standard'* gewählt werden.

Der Wert `Error` gibt die Qualität des Matchings an und ist der mittlere symmetrische euklidische Abstand der Punkte zu ihren korrespondierenden Epipolarlinien, gemessen in Pixeln.

Punktpaare, welche die Konsistenzbedingungen erfüllen, werden als Korrespondenzen akzeptiert. `Points1` enthält die Indizes der zugeordneten Eingabepunkte im ersten Bild, `Points2` die Indizes der dazu korrespondierenden Punkte im zweiten Bild.

Der Parameter `RandSeed` kann benutzt werden, um das randomisierte Verhalten des RANSAC-Verfahrens zu kontrollieren und somit reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Wird `RandSeed` auf einen positiven Wert gesetzt, so liefert der Operator bei jedem Aufruf mit denselben Parametern auch dasselbe Resultat, da der intern verwendete Zufallsgenerator mit `RandSeed` initialisiert wird. Ist `RandSeed` = *0*, so wird der Zufallsgenerator mit der aktuellen Zeit initialisiert. Daher sind in diesem Fall die Ergebnisse unter Umständen nicht reproduzierbar. Welcher Wert für den HALCON Systemparameter *'seed_rand'* (siehe `set_system`) gesetzt ist hat keinen Einfluss auf das Ergebnis von `match_fundamental_matrix_distortion_ransac`.

Parameter

- ▷ **`Image1`** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild 1.
- ▷ **`Image2`** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild 2.
- ▷ **`Rows1`** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 1 (Zeilenkoordinate).
  Restriktion: length(Rows1) >= 9 || length(Rows1) >= 4
- ▷ **`Cols1`** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 1 (Spaltenkoordinate).
  Restriktion: length(Cols1) == length(Rows1)
- ▷ **`Rows2`** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 2 (Zeilenkoordinate).
  Restriktion: length(Rows2) >= 9 || length(Rows2) >= 4
- ▷ **`Cols2`** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 2 (Spaltenkoordinate).
  Restriktion: length(Cols2) == length(Rows2)
- ▷ **`GrayMatchMethod`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Metrik für den Vergleich der Grauwerte.
  Default: 'ncc'
  Werteliste: `GrayMatchMethod` ∈ {'ncc', 'ssd', 'sad'}
- ▷ **`MaskSize`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Größe der Grauwertmasken.
  Default: 10
  Wertevorschläge: `MaskSize` ∈ {3, 7, 15}
  Wertebereich: 1 ≤ MaskSize
- ▷ **`RowMove`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Mittlere Zeilenverschiebung.
  Default: 0
- ▷ **`ColMove`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Mittlere Spaltenverschiebung.
  Default: 0
- ▷ **`RowTolerance`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Halbe Höhe des Suchfensters für das Punktmatching.
  Default: 200
  Restriktion: RowTolerance >= 1
- ▷ **`ColTolerance`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Halbe Breite des Suchfensters für das Punktmatching.
  Default: 200
  Restriktion: ColTolerance >= 1

▷ **Rotation** (input_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
Schätzung für die Rotation des zweiten Bildes relativ zum ersten Bild.
Default: 0.0
Wertevorschläge: `Rotation` ∈ {0.0, 0.1, -0.1, 0.7854, 1.571, 3.142}

▷ **MatchThreshold** (input_control) ..... number ⇝ *integer* / real
Schwellenwert für Grauwertkorrespondenzen.
Default: 0.7
Wertevorschläge: `MatchThreshold` ∈ {0.9, 0.7, 0.5, 10, 20, 50, 100}

▷ **EstimationMethod** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Algorithmus zur Berechnung der Fundamental-Matrix und zur Auswahl spezieller relativer Orientierungen.
Default: 'gold_standard'
Werteliste: `EstimationMethod` ∈ {'linear', 'gold_standard', 'trans_linear', 'trans_gold_standard'}

▷ **DistanceThreshold** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Maximale Abweichung eines Punktes von seiner Epipolarlinie.
Default: 1
Restriktion: DistanceThreshold > 0

▷ **RandSeed** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Startwert für den Zufallszahlengenerator.
Default: 0

▷ **FMatrix** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Berechnete Fundamental-Matrix.

▷ **Kappa** (output_control) ..... real ⇝ *real*
Berechneter Verzeichnungskoeffizient.

▷ **Error** (output_control) ..... real ⇝ *real*
Mittlerer quadratischer Epipolarabstand.

▷ **Points1** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Indizes der zugeordneten Eingabepunkte aus Bild 1.

▷ **Points2** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Indizes der zugeordneten Eingabepunkte aus Bild 2.

Beispiel

```
points_foerstner (Image1, 1, 2, 3, 200, 0.1, 'gauss', 'true', \
                  Rows1, Cols1, _, _, _, _, _, _, _, _)
points_foerstner (Image2, 1, 2, 3, 200, 0.1, 'gauss', 'true', \
                  Rows2, Cols2, _, _, _, _, _, _, _, _)
match_fundamental_matrix_distortion_ransac (Image1, Image2, \
                                            Rows1, Cols1, Rows2, \
                                            Cols2, 'ncc', 10, 0, 0, \
                                            100, 200, 0, 0.5, \
                                            'trans_gold_standard', \
                                            1, 42, FMatrix, Kappa, \
                                            Error, Points1, Points2)
get_image_size (Image1, Width, Height)
CamParDist := ['area_scan_division',0.0,Kappa,1.0,1.0,\
               0.5*(Width-1),0.5*Height-1,Width,Height]
change_radial_distortion_cam_par ('fixed', CamParDist, 0, CamPar)
change_radial_distortion_image (Image1, Image1, Image1Rect, \
                                CamParDist, CamPar)
change_radial_distortion_image (Image2, Image2, Image2Rect, \
                                CamParDist, CamPar)
gen_binocular_proj_rectification (Map1, Map2, FMatrix, [], Width, \
                                  Height, Width, Height, 1, \
                                  'bilinear_map', _, H1, H2)
map_image (Image1Rect, Map1, Image1Mapped)
map_image (Image2Rect, Map2, Image2Mapped)
binocular_disparity_mg (Image1Mapped, Image2Mapped, Disparity, \
                        Score, 1, 30, 8, 0, 'false', \
                        'default_parameters', 'fast_accurate')
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

points_foerstner, points_harris

Nachfolger

vector_to_fundamental_matrix_distortion, change_radial_distortion_cam_par, change_radial_distortion_image, change_radial_distortion_points, gen_binocular_proj_rectification

Siehe auch

match_fundamental_matrix_ransac, match_essential_matrix_ransac, match_rel_pose_ransac, proj_match_points_ransac, calibrate_cameras

Literatur

Richard Hartley, Andrew Zisserman: „Multiple View Geometry in Computer Vision“; Cambridge University Press, Cambridge; 2003.

Olivier Faugeras, Quang-Tuan Luong: „The Geometry of Multiple Images: The Laws That Govern the Formation of Multiple Images of a Scene and Some of Their Applications“; MIT Press, Cambridge, MA; 2001.

Modul

3D Metrology

match_fundamental_matrix_ransac (Image1, Image2 : : Rows1, Cols1, Rows2, Cols2, GrayMatchMethod, MaskSize, RowMove, ColMove, RowTolerance, ColTolerance, Rotation, MatchThreshold, EstimationMethod, DistanceThreshold, RandSeed : FMatrix, CovFMat, Error, Points1, Points2)

Automatische Bestimmung der Fundamental-Matrix für ein Stereo-Bildpaar durch Zuordnung von Bildpunkten.

Ausgehend von einer Menge charakteristischer Punkte (Rows1, Cols1) und (Rows2, Cols2) in den beiden Eingabebildern Image1 und Image2 bestimmt match_fundamental_matrix_ransac automatisch die Korrespondenz der Punkte und die Fundamental-Matrix FMatrix, welche die Epipolargleichung erfüllen:

$$\begin{pmatrix} \mathtt{Cols2} \\ \mathtt{Rows2} \\ 1 \end{pmatrix}^T \cdot \mathtt{FMatrix} \cdot \begin{pmatrix} \mathtt{Cols1} \\ \mathtt{Rows1} \\ 1 \end{pmatrix} = 0 \quad .$$

Zu beachten ist hier die Position von Spalte bzw. Zeile in den Punktkoordinaten. Da die Fundamental-Matrix die projektive Beziehung zweier Stereobilder im 3D Raum wiedergibt, muss die X/Y Notation mit dem Kamerakoordinatensystem konform sein. (X,Y) Koordinaten entsprechen daher einem (Column,Row) Paar.

Das Matchingverfahren beruht auf charakteristischen Punkten, welche mit Punktoperatoren, wie z.B. points_foerstner oder points_harris, extrahiert wurden. Die Bestimmung der Fundamental-Matrix und der Korrespondenzen erfolgt in 2 Schritten: Zuerst werden die Grauwertkorrelationen von Umgebungen der Eingabepunkte im ersten und zweiten Bild bestimmt und anhand dieser ein initiales Matching zwischen den Punkten ermittelt. Dann wird das RANSAC-Verfahren angewendet, um diejenige Fundamental-Matrix zu finden, welche die Anzahl der korrespondierenden Punktpaare unter Erfüllung der Epipolarbedingung maximiert.

Die Größe der Grauwertfenster beträgt MaskSize × MaskSize. Es können drei Metriken für die Korrelation gewählt werden. Hat GrayMatchMethod den Wert *'ssd'*, so wird das Quadrat der Grauwertdifferenzen verwendet, *'sad'* entspricht dem Betrag der Grauwertdifferenzen und *'ncc'* ist die normierte Kreuzkorrelation (siehe auch binocular_disparity). Diese Metrik wird über alle Punktpaare minimiert (*'ssd'*, *'sad'*) bzw. maximiert (*'ncc'*), ein so gefundenes Matching wird aber nur akzeptiert, falls der Wert der Metrik unter dem Wert von MatchThreshold (*'ssd'*, *'sad'*) bzw. über demselben (*'ncc'*) liegt.

Zur Geschwindigkeitssteigerung kann der Suchbereich für das Matching eingeschränkt werden. Nur Punkte innerhalb eines $2 \cdot$ RowTolerance $\times 2 \cdot$ ColTolerance Punkte großen Fensters werden betrachtet. Die Verschiebung des Mittelpunkts dieses Fensters im zweiten Bild gegenüber der Position des aktuellen Punktes im ersten Bild wird durch die Parameter RowMove und ColMove bestimmt.

Falls die Kameras nicht nur verschoben sind, sondern die zweite Kamera gegenüber der ersten um die optische Achse gedreht worden ist, kann im Parameter Rotation eine Schätzung des Drehwinkels bzw. ein Winkelintervall im Bogenmaß übergeben werden. Eine gute Schätzung des Winkels erhöht die Qualität des Grauwertwertmatchings. Falls sich die tatsächliche Rotation zu stark von der angegebenen Schätzung unterscheidet, schlägt das Matching typischerweise fehl. In diesem Fall sollte ein Winkelintervall angegeben werden. Je größer das angegebene Winkelintervall, desto langsamer läuft der Operator, denn für alle relevanten (endlich vielen) Winkel innerhalb des Intervalls wird das Verfahren komplett durchlaufen.

Ist das initiale Punktmatching bestimmt, wird es anschließend durch einen randomisierten Auswahlalgorithmus (RANSAC) zur Bestimmung der Fundamental-Matrix FMatrix benutzt. Dabei wird versucht die Matrix so zu wählen, dass sie bezüglich der Schranke DistanceThreshold zu möglichst vielen Punktpaaren konsistent ist.

Der Parameter EstimationMethod gibt an, ob die Kameras sich in einer besonderen relativen Orientierung zueinander befinden, und bestimmt auch das Berechnungsverfahren. Für *'normalized_dlt'* und *'gold_standard'* kann die relative Lage der Kameras zueinander beliebig sein. *'trans_normalized_dlt'* oder *'trans_gold_standard'* ist zu wählen, wenn die relative Lage der beiden Kameras eine reine Translation ist, und linke und rechte Kamera identisch sind. Für eine eindeutige Korrespondenzfindung ist die minimale Anzahl an notwendigen Punktkorrespondenzen im allgemeinen Fall acht und im speziellen Fall der reinen Translation drei.

Wird *'normalized_dlt'* oder *'trans_normalized_dlt'* gewählt, so ist das Berechnungsverfahren ein lineares Verfahren. Wird *'gold_standard'* oder *'trans_gold_standard'* gewählt, so ist das Berechnungsverfahren im statistischen Sinne optimal, und die Kovarianz der Fundamental-Matrix CovFMat wird zusätzlich berechnet.

Der Wert Error gibt die Qualität des Matchings an und ist der mittlere euklidische Abstand der Punkte zu ihren korrespondierenden Epipolarlinien gemessen in Pixeln.

Punktpaare, welche die Konsistenzbedingungen erfüllen, werden als Korrespondenzen akzeptiert. Points1 enthält die Indizes der zugeordneten Eingabepunkte im ersten Bild, Points2 die Indizes der dazu korrespondierenden Punkte im zweiten Bild.

Der Parameter RandSeed kann benutzt werden, um das randomisierte Verhalten des RANSAC-Verfahrens zu kontrollieren und somit reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Wird RandSeed auf einen positiven Wert gesetzt, so liefert der Operator bei jedem Aufruf mit denselben Parametern auch dasselbe Resultat, da der intern verwendete Zufallsgenerator mit RandSeed initialisiert wird. Ist RandSeed $= 0$, so wird der Zufallsgenerator mit der aktuellen Zeit initialisiert. Daher sind in diesem Fall die Ergebnisse unter Umständen nicht reproduzierbar. Welcher Wert für den HALCON Systemparameter *'seed_rand'* (siehe set_system) gesetzt ist hat keinen Einfluss auf das Ergebnis von match_fundamental_matrix_ransac.

Parameter

- ▷ **Image1** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild 1.
- ▷ **Image2** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild 2.
- ▷ **Rows1** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 1.
  Restriktion: length(Rows1) >= 8 || length(Rows1) >= 3
- ▷ **Cols1** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 1.
  Restriktion: length(Cols1) == length(Rows1)
- ▷ **Rows2** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 2.
  Restriktion: length(Rows2) >= 8 || length(Rows2) >= 3
- ▷ **Cols2** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 2.
  Restriktion: length(Cols2) == length(Rows2)
- ▷ **GrayMatchMethod** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Metrik für den Vergleich der Grauwerte.
  Default: 'ssd'
  Werteliste: GrayMatchMethod ∈ {'ssd', 'sad', 'ncc'}

▷ **MaskSize** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Größe der Grauwertmaske.
Default: 10
Wertevorschläge: `MaskSize` ∈ {3, 7, 15}
Wertebereich: 1 ≤ MaskSize

▷ **RowMove** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Mittlere Zeilenverschiebung.
Default: 0
Wertebereich: 0 ≤ `RowMove` ≤ 200

▷ **ColMove** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Mittlere Spaltenverschiebung.
Default: 0
Wertebereich: 0 ≤ `ColMove` ≤ 200

▷ **RowTolerance** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Halbe Höhe des Suchfensters für das Punktmatching.
Default: 200
Wertebereich: 1 ≤ RowTolerance

▷ **ColTolerance** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Halbe Breite des Suchfensters für das Punktmatching.
Default: 200
Wertebereich: 1 ≤ ColTolerance

▷ **Rotation** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
Drehwinkelbereich.
Default: 0.0
Wertevorschläge: `Rotation` ∈ {0.0, 0.1, -0.1, 0.7854, 1.571, 3.142}

▷ **MatchThreshold** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer* / real
Schwellenwert für Grauwertkorrespondenzen.
Default: 10
Wertevorschläge: `MatchThreshold` ∈ {10, 20, 50, 100, 0.9, 0.7}

▷ **EstimationMethod** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Algorithmus zur Berechnung der Fundamental-Matrix und zur Auswahl spezieller relativer Orientierungen.
Default: 'normalized_dlt'
Werteliste: `EstimationMethod` ∈ {'normalized_dlt', 'gold_standard', 'trans_normalized_dlt', 'trans_gold_standard'}

▷ **DistanceThreshold** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Maximale Abweichung eines Punktes von seiner Epipolarlinie.
Default: 1
Wertebereich: 0.5 ≤ `DistanceThreshold` ≤ 5
Restriktion: DistanceThreshold > 0

▷ **RandSeed** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Startwert für den Zufallszahlengenerator.
Default: 0

▷ **FMatrix** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Berechnete Fundamental-Matrix.

▷ **CovFMat** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
9×9 Kovarianzmatrix der Fundamental-Matrix.

▷ **Error** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
Mittlerer Epipolar-Abstands-Fehler.

▷ **Points1** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Indizes der zugeordneten Eingabepunkte aus Bild 1.

▷ **Points2** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Indizes der zugeordneten Eingabepunkte aus Bild 2.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

points_foerstner, points_harris

Nachfolger

vector_to_fundamental_matrix, gen_binocular_proj_rectification

Siehe auch

match_essential_matrix_ransac, match_rel_pose_ransac, proj_match_points_ransac

Literatur

Richard Hartley, Andrew Zisserman: „Multiple View Geometry in Computer Vision“; Cambridge University Press, Cambridge; 2003.

Olivier Faugeras, Quang-Tuan Luong: „The Geometry of Multiple Images: The Laws That Govern the Formation of Multiple Images of a Scene and Some of Their Applications“; MIT Press, Cambridge, MA; 2001.

Modul

3D Metrology

match_rel_pose_ransac (Image1, Image2 : : Rows1, Cols1, Rows2, Cols2, CamPar1, CamPar2, GrayMatchMethod, MaskSize, RowMove, ColMove, RowTolerance, ColTolerance, Rotation, MatchThreshold, EstimationMethod, DistanceThreshold, RandSeed : RelPose, CovRelPose, Error, Points1, Points2)

Automatische Bestimmung der relativen Orientierung zweier Kameras durch Zuordnung von Bildpunkten.

Ausgehend von einer Menge charakteristischer Punkte (Rows1, Cols1) und (Rows2, Cols2) in den beiden Eingabebildern Image1, Image2 und bekannten Kameraparametern CamPar1, CamPar2 bestimmt match_rel_pose_ransac automatisch die Geometrie der Stereokonfiguration und findet die Korrespondenzen zwischen den Bildpunkten. Die Stereogeometrie ist durch die relative Orientierung RelPose, auch relative Lage genannt, der Kameras zueinander gegeben, und alle Korrespondenzen müssen die Epipolargleichung erfüllen. RelPose gibt die Orientierung der Kamera 1 relative zur Kamera 2 an (Siehe create_pose für weitere Information über die Beschreibung von Orientierungen.). Dies steht in Übereinstimmung mit der expliziten Kalibrierung einer Stereokonfiguration mit dem Operator calibrate_cameras. Sei R, t die Rotation beziehungsweise Translation der relativen Orientierung. Die Essential-Matrix E ist dann durch $E = ([t]_\times R)^T$ definiert, wobei $[t]_\times$ eine 3×3 schiefsymmetrische Matrix ist, welche das Kreuzprodukt mit dem Vektor t beschreibt. Die gesuchte Lage kann mittels der Epipolar-Gleichungen bestimmt werden:

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ 1 \end{pmatrix}^T \cdot ([t]_\times R)^T \cdot \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ 1 \end{pmatrix} = 0 \quad \text{mit} \quad [t]_\times = \begin{pmatrix} 0 & -t_z & t_y \\ t_z & 0 & -t_x \\ -t_y & t_x & 0 \end{pmatrix} \quad .$$

Beachte, dass die Essential-Matrix eine homogene Größe ist, d.h. sie ist bis auf einen Skalierungsfaktor bestimmt. Somit kann der Translationsvektor der relativen Orientierung auch nur bis auf eine Skalierung berechnet werden. Der Operator wird diesen Vektor auf die Länge eins normiert berechnen. Als Konsequenz ergibt sich, dass eine anschließende Rekonstruktion der betrachteten Szene, z.B. mittels des Operators vector_to_rel_pose, auch nur bis auf einen globalen Skalierungsfaktor durchgeführt werden kann.

Der Operator match_rel_pose_ransac ist für ein nichtlineares Kameramodell konzipiert und beschreibt somit auch radiale Linsenverzeichnungen. Dies steht im Gegensatz zum Operator match_essential_matrix_ransac, welcher nur Geraden erhaltene, d.h. lineare, Kameras beschreibt. Kameraparameter werden mit den Argumenten CamPar1 und CamPar2 übergeben. Die 3D Richtungsvektoren $(X_1, Y_1, 1)$ und $(X_2, Y_2, 1)$ werden aus den Punktkoordinaten (Rows1,Cols1) und (Rows2,Cols2) durch Invertierung der Kameraprojektion berechnet (siehe Kalibrierung).

Das Matchingverfahren beruht auf charakteristischen Punkten, welche mit Punktoperatoren wie z.B. mit points_foerstner oder points_harris extrahiert wurden. Die Bestimmung der relativen Lage und der Korrespondenzen erfolgt in 2 Schritten: Zuerst werden die Grauwertkorrelationen von Umgebungen der Eingabepunkte im ersten und zweiten Bild bestimmt und anhand dieser ein initiales Matching zwischen den Punkten

ermittelt. Dann wird das RANSAC-Verfahren angewendet, um diejenige relativen Lage zu finden, welche die Anzahl der korrespondierenden Punktpaare unter Erfüllung der Epipolarbedingung maximiert.

Die Größe der Grauwertfenster beträgt `MaskSize` × `MaskSize`. Es können drei Metriken für die Korrelation gewählt werden. Hat `GrayMatchMethod` den Wert *'ssd'*, so wird das Quadrat der Grauwertdifferenzen verwendet, *'sad'* entspricht dem Betrag der Grauwertdifferenzen und *'ncc'* ist die normierte Kreuzkorrelation (siehe auch `binocular_disparity`). Diese Metrik wird über alle Punktpaare minimiert (*'ssd'*, *'sad'*) bzw. maximiert (*'ncc'*), ein so gefundenes Matching wird aber nur akzeptiert, falls der Wert der Metrik unter dem Wert von `MatchThreshold` (*'ssd'*, *'sad'*) bzw. über demselben (*'ncc'*) liegt.

Zur Geschwindigkeitssteigerung kann der Suchbereich für das Matching eingeschränkt werden. Nur Punkte innerhalb eines $2 \cdot$`RowTolerance` $\times 2 \cdot$`ColTolerance` Punkte großen Fensters werden betrachtet. Die Verschiebung des Mittelpunkts dieses Fensters im zweiten Bild gegenüber der Position des aktuellen Punktes im ersten Bild wird durch die Parameter `RowMove` und `ColMove` bestimmt.

Falls die Kameras nicht nur verschoben sind, sondern die zweite Kamera gegenüber der ersten um die optische Achse gedreht worden ist, kann im Parameter `Rotation` eine Schätzung des Drehwinkels bzw. ein Winkelintervall im Bogenmaß übergeben werden. Eine gute Schätzung des Winkels erhöht die Qualität des Grauwertwertmatchings. Falls sich die tatsächliche Rotation zu stark von der angegebenen Schätzung unterscheidet, schlägt das Matching typischerweise fehl. In diesem Fall sollte ein Winkelintervall angegeben werden. Je größer das angegebene Winkelintervall, desto langsamer läuft der Operator, denn für alle relevanten (endlich vielen) Winkel innerhalb des Intervalls wird das Verfahren komplett durchlaufen.

Ist das initiale Punktmatching bestimmt, wird es anschließend durch einen randomisierten Auswahlalgorithmus (RANSAC) zur Bestimmung der relativen Lage `RelPose` benutzt. Dabei wird diejenige relative Lage bestimmt, welche mit einer maximalen Anzahl an Korrespondenzen konsistent ist. Damit ein Punktpaar als Korrespondenz akzeptiert wird, darf der Abstand der Punkte von der korrespondierenden Epipolarlinie nicht größer als `DistanceThreshold` werden.

Der Parameter `EstimationMethod` gibt an, ob die Kameras sich in einer besonderen relativen Orientierung zueinander befinden, und bestimmt auch das Berechnungsverfahren. Für *'normalized_dlt'* und *'gold_standard'* kann die relative Lage der Kameras zueinander beliebig sein. Für *'trans_normalized_dlt'* und *'trans_gold_standard'* ist die relative Lage eine reine Translation. Für eine eindeutige Korrespondenzfindung ist die minimale Anzahl an notwendigen Punktkorrespondenzen im allgemeinen Fall sechs und im speziellen Fall der reinen Translation drei.

Wird *'normalized_dlt'* oder *'trans_normalized_dlt'* gewählt, so ist das Berechnungsverfahren ein lineares Verfahren. Wird *'gold_standard'* oder *'trans_gold_standard'* gewählt, so ist das Berechnungsverfahren im statistischen Sinne optimal, und die Kovarianz der relativen Lage `CovRelPose` wird zusätzlich berechnet. Es ist zu beachten, dass sich je nach gewähltem Verfahren nicht nur die berechnete Lage unterscheidet, sondern auch die zugeordneten Punkte verschieden sein können.

Der Wert `Error` gibt die Qualität des Matchings an und ist der mittlere euklidische Abstand der Punkte zu ihren korrespondierenden Epipolarlinien gemessen in Pixeln.

Punktpaare, welche die Konsistenzbedingungen erfüllen, werden als Korrespondenzen akzeptiert. `Points1` enthält die Indizes der zugeordneten Eingabepunkte im ersten Bild, `Points2` die Indizes der dazu korrespondierenden Punkte im zweiten Bild.

Bei dem Operator `match_rel_pose_ransac` ist folgender Spezialfall zu beachten: Liegen alle zugeordneten Raumpunkte in einer einzigen Ebene und zusätzlich alle näher zu einer der beiden Kameras, so gibt es insgesamt zwei Lösungen. Das heißt, dass in diesem Fall das Problem der Berechnung der relativen Lage nicht eindeutig lösbar ist. Es werden daher auch beide Lösungen ausgegeben. Das bedeutet, dass die Ausgabeparameter `RelPose`, `CovRelPose` und `Error` von doppelter Länge sind, wobei die Werte der zweiten Lösung an die Werte der ersten Lösung hinten angehängt sind.

Der Parameter `RandSeed` kann benutzt werden, um das randomisierte Verhalten des RANSAC-Verfahrens zu kontrollieren und somit reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Wird `RandSeed` auf einen positiven Wert gesetzt, so liefert der Operator bei jedem Aufruf mit denselben Parametern auch dasselbe Resultat, da der intern verwendete Zufallsgenerator mit `RandSeed` initialisiert wird. Ist `RandSeed` $= 0$, so wird der Zufallsgenerator mit der aktuellen Zeit initialisiert. Daher sind in diesem Fall die Ergebnisse unter Umständen nicht reproduzierbar. Welcher Wert für den HALCON Systemparameter *'seed_rand'* (siehe `set_system`) gesetzt ist hat keinen Einfluss auf das Ergebnis von `match_rel_pose_ransac`.

Parameter

▷ **Image1** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild 1.

▷ **Image2** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild 2.

▷ **Rows1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 1.
Restriktion: length(Rows1) >= 6 || length(Rows1) >= 3

▷ **Cols1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 1.
Restriktion: length(Cols1) == length(Rows1)

▷ **Rows2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 2.
Restriktion: length(Rows2) >= 6 || length(Rows2) >= 3

▷ **Cols2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 2.
Restriktion: length(Cols2) == length(Rows2)

▷ **CamPar1** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
Kameraparameter der 1. Kamera.

▷ **CamPar2** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
Kameraparameter der 2. Kamera.

▷ **GrayMatchMethod** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Metrik für den Vergleich der Grauwerte.
Default: 'ssd'
Werteliste: `GrayMatchMethod` ∈ {'ssd', 'sad', 'ncc'}

▷ **MaskSize** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Größe der Grauwertmaske.
Default: 10
Wertevorschläge: `MaskSize` ∈ {3, 7, 15}
Wertebereich: 1 ≤ MaskSize

▷ **RowMove** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Mittlere Zeilenverschiebung.
Default: 0
Wertebereich: 0 ≤ `RowMove` ≤ 200

▷ **ColMove** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Mittlere Spaltenverschiebung.
Default: 0
Wertebereich: 0 ≤ `ColMove` ≤ 200

▷ **RowTolerance** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Halbe Höhe des Suchfensters für das Punktmatching.
Default: 200
Wertebereich: 1 ≤ RowTolerance

▷ **ColTolerance** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Halbe Breite des Suchfensters für das Punktmatching.
Default: 200
Wertebereich: 1 ≤ ColTolerance

▷ **Rotation** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
Drehwinkelbereich.
Default: 0.0
Wertevorschläge: `Rotation` ∈ {0.0, 0.1, -0.1, 0.7854, 1.571, 3.142}

▷ **MatchThreshold** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer* / real
Schwellenwert für Grauwertkorrespondenzen.
Default: 10
Wertevorschläge: `MatchThreshold` ∈ {10, 20, 50, 100, 0.9, 0.7}

▷ **EstimationMethod** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Algorithmus zur Berechnung der relativen Lage und zur Auswahl spezieller relativer Lagen.
Default: 'normalized_dlt'
Werteliste: `EstimationMethod` ∈ {'normalized_dlt', 'gold_standard', 'trans_normalized_dlt', 'trans_gold_standard'}

▷ **DistanceThreshold** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Maximale Abweichung eines Punktes von seiner Epipolarlinie.
Default: 1
Wertebereich: 0.5 ≤ `DistanceThreshold` ≤ 5
Restriktion: DistanceThreshold > 0

▷ **RandSeed** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Startwert für den Zufallszahlengenerator.
Default: 0

▷ **RelPose** (output_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Berechnete relative Orientierung/Lage der Kameras zueinander (3D-Lage).

▷ **CovRelPose** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
6 × 6 Kovarianzmatrix der relativen Orientierung.

▷ **Error** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Mittlerer, quadratischer Epipolar Abstand.

▷ **Points1** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Indizes der zugeordneten Eingabepunkte aus Bild 1.

▷ **Points2** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Indizes der zugeordneten Eingabepunkte aus Bild 2.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`points_foerstner`, `points_harris`

Nachfolger

`vector_to_rel_pose`, `gen_binocular_rectification_map`

Siehe auch

`binocular_calibration`, `match_fundamental_matrix_ransac`, `match_essential_matrix_ransac`, `create_pose`

Literatur

Richard Hartley, Andrew Zisserman: „Multiple View Geometry in Computer Vision“; Cambridge University Press, Cambridge; 2003.

Olivier Faugeras, Quang-Tuan Luong: „The Geometry of Multiple Images: The Laws That Govern the Formation of Multiple Images of a Scene and Some of Their Applications“; MIT Press, Cambridge, MA; 2001.

Modul

3D Metrology

reconst3d_from_fundamental_matrix (: : Rows1, Cols1, Rows2, Cols2, CovRR1, CovRC1, CovCC1, CovRR2, CovRC2, CovCC2, FMatrix, CovFMat : X, Y, Z, W, CovXYZW)

Berechnung der projektiven 3D Rekonstruktion von Punkten für eine gegebene Fundamental-Matrix.

Ein Bildpaar wird schwach kalibriert genannt, wenn die Fundamental-Matrix bekannt ist. Sei eine solche Fundamental-Matrix `FMatrix` und eine Menge von korrespondierenden Punkten (`Rows1`,`Cols1`) und (`Rows2`,`Cols2`) gegeben, so bestimmt der Operator `reconst3d_from_fundamental_matrix` die Raumpunkte, welche auf die entsprechenden Bildpunkte abgebildet werden. Diese dreidimensionale Rekonstruktion ist

rein projektiv, und die projektiven Koordinaten werden in dem Vektor (X,Y,Z,W) zurückgegeben. Diese Art der Rekonstruktion wird auch projektive Triangulierung genannt. Sind zusätzlich die Kovarianzen CovRR1, CovRC1, CovCC1 und CovRR2, CovRC2, CovCC2 der Bildpunkte bekannt, so werden auch die Kovarianzen CovXYZW der rekonstruierten Punkte berechnet. Ist n die Anzahl der Korrespondenzen, so werden die Kovarianzen in einem $9 \times n$ langen Tupel aneinandergehängt. Die Berechnung der Kovarianzen wird noch genauer, wenn weiterhin die Kovarianz der Fundamental-Matrix CovFMat als Eingabe zu Verfügung steht.

Der Operator reconst3d_from_fundamental_matrix wird typischerweise nach match_fundamental_matrix_ransac aufgerufen, wenn eine 3D Rekonstruktion gewünscht ist. Dies spart Rechenzeit gegenüber der Verwendung des Operators vector_to_fundamental_matrix.

reconst3d_from_fundamental_matrix ist das projektive Pendant zur euklidischen Rekonstruktion mittels des Operators intersect_lines_of_sight.

Parameter

- ▷ **Rows1** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 1 (Zeilenkoordinate).
- ▷ **Cols1** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 1 (Spaltenkoordinate).
- ▷ **Rows2** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 2 (Zeilenkoordinate).
- ▷ **Cols2** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 2 (Spaltenkoordinate).
- ▷ **CovRR1** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Varianz in Zeilenrichtung der Punkte in Bild 1.
  Default: []
- ▷ **CovRC1** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Kovarianz der Punkte in Bild 1.
  Default: []
- ▷ **CovCC1** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Varianz in Spaltenrichtung der Punkte in Bild 1.
  Default: []
- ▷ **CovRR2** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Varianz in Zeilenrichtung der Punkte in Bild 2.
  Default: []
- ▷ **CovRC2** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Kovarianz der Punkte in Bild 2.
  Default: []
- ▷ **CovCC2** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Varianz in Spaltenrichtung der Punkte in Bild 2.
  Default: []
- ▷ **FMatrix** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Fundamental-Matrix.
- ▷ **CovFMat** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
  9×9 Kovarianzmatrix der Fundamental-Matrix.
  Default: []
- ▷ **X** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  X-Koordinaten der rekonstruierten Punkte im projektiven Raum.
- ▷ **Y** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Y-Koordinaten der rekonstruierten Punkte im projektiven Raum.
- ▷ **Z** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Z-Koordinaten der rekonstruierten Punkte im projektiven Raum.
- ▷ **W** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  W-Koordinaten der rekonstruierten Punkte im projektiven Raum.
- ▷ **CovXYZW** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Kovarianzmatrizen der rekonstruierten Punkte.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

match_fundamental_matrix_ransac

Alternativen

vector_to_fundamental_matrix, intersect_lines_of_sight

Literatur

Richard Hartley, Andrew Zisserman: „Multiple View Geometry in Computer Vision“; Cambridge University Press, Cambridge; 2000.

Modul

3D Metrology

rel_pose_to_fundamental_matrix (: : RelPose, CovRelPose, CamPar1, CamPar2 : FMatrix, CovFMat)

Berechnung der Fundamental-Matrix aus der relativen Orientierung zweier Kameras.

Kameras mit Linsenverzeichnungen werden durch den folgenden Parametersatz beschrieben: Der Brennweite f, den beiden Skalierungsfaktoren s_x, s_y, den Koordinaten des Bildhauptpunktes (c_x, c_y) und dem Verzeichnungskoeffizienten κ. Für eine detailliertere Beschreibung siehe das Kapitel Kalibrierung. Nur Kameras mit einem Verzeichnungskoeffizienten gleich null bilden gerade Linien in Raum auf gerade Linien im Bild ab. Dies trifft auch auf Kameras mit telezentrischen Objektiven und mit Schwenkobjektiven zu. rel_pose_to_fundamental_matrix behandelt telezentrische Objektive und Schwenkobjektive korrekt. Diese Objektivtypen werden jedoch zur Vereinfachung in den untenstehenden Formeln ignoriert. Ist der Verzeichnungskoeffizient gleich null, dann ist die Projektion eine lineare Abbildung, und die internen Kameraparameter können in einer Kameramatrix $CamMat$ zusammengefasst werden:

$$CamMat = \begin{pmatrix} f/s_x & 0 & c_x \\ 0 & f/s_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} .$$

Ein lineares Kameramodell ist eine Approximation der realen, nichtlinearen Kamera. Für ein Vielzahl von Kameraobjektiven, besonders Teleobjektiven, ist der Fehler, welcher durch die lineare Approximation entsteht, vernachlässigbar. Gemäß der Formel $E = ([t]_\times R)^T$ wird die Essential-Matrix aus der Translation t und Rotation R der relativen Orientierung RelPose abgeleitet (siehe auch Operator vector_to_rel_pose). In Rahmen der linearen Approximation ist dann die Fundamental-Matrix gemäß der Formel präsentiert unter essential_to_fundamental_matrix aus der relativen Lage zu berechnen:

$$\texttt{FMatrix} = CamMat2^{-T} \cdot ([t]_\times R)^T \cdot CamMat1^{-1} .$$

Die Transformation geht einher mit einer Fortpflanzung der Kovarianzmatrizen von CovRelPose zu CovFMat. Sollte CovRelPose leer sein, so wird CovFMat ebenfalls leer sein.

Der Konvertierungsoperator rel_pose_to_fundamental_matrix wird besonders zur Visualisierung der Epipolarlinienstruktur mittels der Fundamental-Matrix verwendet, was die zu Grunde liegende Stereogeometrie verdeutlicht.

Parameter

▷ **RelPose** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Relative Orientierung der Kameras (3D-Lage).

▷ **CovRelPose** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
6×6 Kovarianzmatrix der relativen Orientierung.
Default: []

▷ **CamPar1** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
Parameter der 1. Kamera.

▷ **CamPar2** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
Parameter der 2. Kamera.

▷ **FMatrix** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Berechnete Fundamental-Matrix.

▷ **CovFMat** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
9×9 Kovarianzmatrix der Fundamental-Matrix.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

vector_to_rel_pose

Alternativen

essential_to_fundamental_matrix

Siehe auch

calibrate_cameras

Modul

3D Metrology

vector_to_essential_matrix (: : Rows1, Cols1, Rows2, Cols2, CovRR1, CovRC1, CovCC1, CovRR2, CovRC2, CovCC2, CamMat1, CamMat2, Method : EMatrix, CovEMat, Error, X, Y, Z, CovXYZ)

Bestimmung der Essential-Matrix unter Verwendung vorgegebener Punktkorrespondenzen und bekannter Kameramatrizen sowie Rekonstruktion der 3D Raumpunkte.

vector_to_essential_matrix ermittelt aus im allgemeinen mindestens sechs vorgegebenen Punktkorrespondenzen (Rows1,Cols1), (Rows2,Cols2) diejenige Essential-Matrix EMatrix, welche die Epipolargleichung

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ 1 \end{pmatrix}^T \cdot EMatrix \cdot \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ 1 \end{pmatrix} = 0$$

am besten erfüllt. Der Operator vector_to_essential_matrix ist für ein lineares Kameramodell konzipiert. Die internen Kameraparameter werden durch die Argumente CamMat1, CamMat2 übergeben, welche 3×3 obere Dreiecksmatrizen sind und eine affine Transformation beschreiben. Die Beziehung zwischen einem 3D Richtungsvektor (X,Y,1) und dessen (projektiven) 2D Bildkoordinaten (col,row,1) ist:

$$\begin{pmatrix} col \\ row \\ 1 \end{pmatrix} = CamMat \cdot \begin{pmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{pmatrix} \quad \text{mit} \quad CamMat = \begin{pmatrix} f/s_x & s & c_x \\ 0 & f/s_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} .$$

Zu beachten ist hier die Reihenfolge (Spalte/Zeile), welche mit der (x,y) Notation im Kamerakoordinatensystem konform gehen muss. Die Brennweite ist mit f bezeichnet, s_x, s_y sind Skalierungsfaktoren, s beschreibt eine Scherung und (c_x, c_y) gibt den Bildhauptpunkt an. Hauptsächlich sind dies die Elemente aus den Kameraparametern, wie sie z.B. in calibrate_cameras verwendet werden. Alternativ kann eine Kameramatrix auch durch andere Elemente beschrieben werden, siehe z.B. stationary_camera_self_calibration. Multipliziert man die (projektiven) Bildkoordinaten mit der invertierten Kameramatrix, so erhält man die 3D Richtungsvektoren für die Epipolargleichung.

Der Parameter Method gibt an, ob die Kameras sich in einer besonderen relativen Orientierung zueinander befinden, und bestimmt auch das Berechnungsverfahren. Für *'normalized_dlt'* und *'gold_standard'* kann die relative Lage der Kameras zueinander beliebig sein. Für *'trans_normalized_dlt'* und *'trans_gold_standard'* ist die relative

Lage eine reine Translation. In diesem speziellen Fall ist die minimale Anzahl an notwendigen Punktkorrespondenzen nicht sechs, sondern nur zwei.

Wird *'normalized_dlt'* oder *'trans_normalized_dlt'* gewählt, so ist das Berechnungsverfahren ein lineares Verfahren. Wird *'gold_standard'* oder *'trans_gold_standard'* gewählt, so ist das Berechnungsverfahren im statistischen Sinne optimal. Beide Verfahren liefern die Koordinaten (`X`,`Y`,`Z`) der rekonstruierten Raumpunkte. Die optimalen Verfahren berechnen zusätzlich die 3×3 Kovarianzmatrizen `CovXYZ` der Raumpunkte. Ist n die Anzahl der Korrespondenzen, so werden diese Kovarianzen in einem $9 \times n$ Tupel aneinandergehängt. Weiterhin geben die optimalen Verfahren die Kovarianz der Essential-Matrix `CovEMat` an, welche eine 9×9 Matrix ist.

Falls die Bildpunkte mit einem Operator wie `points_foerstner`, der die Kovarianzmatrix für jeden Punkt zurückliefert, extrahiert wurden, kann dies in der Berechnung berücksichtigt werden, indem die Kovarianzen in `CovRR1`, `CovRC1`, `CovCC1` für die Punkte des ersten Bildes und in `CovRR2`, `CovRC2`, `CovCC2` für die Punkte des zweiten Bildes übergeben werden. Die Kovarianzmatrizen sind symmetrische 2×2 Matrizen. `CovRR1`/`CovRR2` und `CovCC1`/`CovCC2` sind dabei die Diagonalelemente der Matrizen, während `CovRC1`/`CovRC2` die beiden nicht diagonalen Elemente angeben. Sind die Kovarianzen unbekannt, so werden zur Berechnung intern Einheits-Kovarianzmatrizen angenommen, und in den Kovarianzparametern können leere Tupel übergeben werden.

Die Größe `Error` ist ein Gütemaß für die Berechnung der Essential-Matrix und gibt den mittleren euklidischen Abstand in Pixeln zwischen den Punkten und ihren korrespondierenden Epipolarlinien an.

Bei dem Operator `vector_to_essential_matrix` ist folgender Spezialfall zu beachten: Liegen alle abgebildeten Raumpunkte in einer einzigen Ebene und liegen zusätzlich alle Raumpunkte näher zu einer der beiden Kameras, so gibt es insgesamt zwei Lösungen. Das heißt, dass in diesem Fall das Problem der Berechnung der Essential-Matrix nicht eindeutig lösbar ist. Es werden daher auch beide Lösungen ausgegeben. Das bedeutet, dass alle Ausgabeparameter von doppelter Länge sind, wobei die Werte der zweiten Lösung an die Werte der ersten Lösung hinten angehängt sind.

Sind die Korrespondenzen zwischen den Punkten noch nicht bekannt, so ist `match_essential_matrix_ransac` zur Bestimmung der Korrespondenzen sowie der Stereo-Geometrie zu verwenden.

Parameter

▷ **`Rows1`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Eingabepunkte in Bild 1 (Zeilenkoordinate).
Restriktion: length(Rows1) >= 6 || length(Rows1) >= 2

▷ **`Cols1`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Eingabepunkte in Bild 1 (Spaltenkoordinate).
Restriktion: length(Cols1) == length(Rows1)

▷ **`Rows2`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Eingabepunkte in Bild 2 (Zeilenkoordinate).
Restriktion: length(Rows2) == length(Rows1)

▷ **`Cols2`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Eingabepunkte in Bild 2 (Spaltenkoordinate).
Restriktion: length(Cols2) == length(Rows1)

▷ **`CovRR1`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Varianz in Zeilenrichtung der Punkte in Bild 1.
Default: []

▷ **`CovRC1`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Kovarianz der Punkte in Bild 1.
Default: []

▷ **`CovCC1`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Varianz in Spaltenrichtung der Punkte in Bild 1.
Default: []

▷ **`CovRR2`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Varianz in Zeilenrichtung der Punkte in Bild 2.
Default: []

▷ **`CovRC2`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Kovarianz der Punkte in Bild 2.
Default: []

▷ **CovCC2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Varianz in Spaltenrichtung der Punkte in Bild 2.
Default: []

▷ **CamMat1** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real* / integer
Kameramatrix der 1. Kamera.

▷ **CamMat2** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real* / integer
Kameramatrix der 2. Kamera.

▷ **Method** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Algorithmus zur Berechnung der Essential-Matrix und zur Auswahl spezieller relativer Orientierungen.
Default: 'normalized_dlt'
Werteliste: `Method` ∈ {'normalized_dlt', 'gold_standard', 'trans_normalized_dlt', 'trans_gold_standard'}

▷ **EMatrix** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Berechnete Essential-Matrix.

▷ **CovEMat** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
9×9 Kovarianzmatrix der Essential-Matrix.

▷ **Error** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Mittlerer, quadratischer Epipolar Abstand.

▷ **X** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
X-Koordinaten der rekonstruierten Punkte.

▷ **Y** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Y-Koordinaten der rekonstruierten Punkte.

▷ **Z** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Z-Koordinaten der rekonstruierten Punkte.

▷ **CovXYZ** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Kovarianzmatrizen der rekonstruierten 3D Punkte.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`match_essential_matrix_ransac`

Nachfolger

`essential_to_fundamental_matrix`

Alternativen

`vector_to_rel_pose`, `vector_to_fundamental_matrix`

Siehe auch

`stationary_camera_self_calibration`

Literatur

Richard Hartley, Andrew Zisserman: „Multiple View Geometry in Computer Vision“; Cambridge University Press, Cambridge; 2003.

J.Chris McGlone (editor): „Manual of Photogrammetry“; American Society for Photogrammetry and Remote Sensing ; 2004.

Modul

3D Metrology

vector_to_fundamental_matrix (: : Rows1, Cols1, Rows2, Cols2,
CovRR1, CovRC1, CovCC1, CovRR2, CovRC2, CovCC2,
Method : FMatrix, CovFMat, Error, X, Y, Z, W, CovXYZW)

Bestimmung der Fundamental-Matrix unter Verwendung vorgegebener Punktkorrespondenzen sowie Rekonstruktion der 3D Raumpunkte.

vector_to_fundamental_matrix ermittelt aus im allgemeinen mindestens acht vorgegebenen Punktkorrespondenzen (Rows1,Cols1), (Rows2,Cols2) diejenige Fundamental-Matrix FMatrix, welche die Epipolargleichung

$$\begin{pmatrix} \texttt{Cols2} \\ \texttt{Rows2} \\ 1 \end{pmatrix}^T \cdot \texttt{FMatrix} \cdot \begin{pmatrix} \texttt{Cols1} \\ \texttt{Rows1} \\ 1 \end{pmatrix} = 0 \quad .$$

am besten erfüllt. Zu beachten ist hier die Position von Spalte bzw. Zeile in den Punktkoordinaten. Da die Fundamental-Matrix die projektive Beziehung zweier Stereobilder im 3D Raum wiedergibt, muss die X/Y Notation mit dem Kamera-Koordinaten-System konform sein. (X,Y) Koordinaten entsprechen daher einem (Column,Row) Paar.

Für eine beliebige relative Lage der Kameras zueinander ist die minimale Anzahl an Punktkorrespondenzen acht. Method ist dann gleich *'normalized_dlt'* oder *'gold_standard'* zu wählen. Sind linke und rechte Kamera identisch und ist zusätzlich die relative Lage zwischen den Kameras eine reine Translation, so ist Method gleich *'trans_normalized_dlt'* oder *'trans_gold_standard'* zu wählen. In diesem speziellen Fall ist die minimale Anzahl an korrespondierenden Punkte nur zwei.

Die Fundamental-Matrix wird so berechnet, dass ein Fehlermaß minimiert wird. Um dieses Ergebnis zu erreichen, sind verschiedene Algorithmen verfügbar. Welches Verfahren verwendet werden soll, kann ebenfalls mittels des Parameters Method gesteuert werden. Für Method gleich *'normalized_dlt'* bzw. *'trans_normalized_dlt'* wird ein lineares Verfahren verwendet, das einen algebraischen Fehler basierend auf obigen Epipolargleichungen minimiert. Dieses Verfahren bietet im allgemeinen einen guten Kompromiss zwischen Geschwindigkeit und Genauigkeit. Für Method gleich *'gold_standard'* bzw. *'trans_gold_standard'* wird eine mathematisch optimale, dafür aber langsamere, Optimierung durchgeführt, die den geometrischen Projektionsfehler von rekonstruierten projektiven 3D Punkten minimiert. In diesem Fall werden neben der Kovarianz-Matrix CovFMat der Fundamental-Matrix auch die projektiven Koordinaten (X,Y,Z,W) der rekonstruierten Punkte inklusive ihrer Kovarianzen CovXYZW zurückgegeben. Sei n die Anzahl der Punkte, dann werden die aneinandergehängten Kovarianzen in einem $16 \times n$ Tuple übergeben.

Die Größe Error ist ein Gütemaß für die Schätzung der Fundamental- Matrix und gibt den mittleren euklidischen Abstand in Pixeln zwischen den Punkten und ihren korrespondierenden Epipolarlinien an.

Falls die Methode *'gold_standard'* bzw. *'trans_gold_standard'* verwendet wird und die Punkte mit einem Operator wie points_foerstner, der die Kovarianzmatrix für jeden Punkt zurückliefert, extrahiert wurden, kann dies in der Berechnung berücksichtigt werden, indem die Kovarianzen in CovRR1, CovRC1, CovCC1 für die Punkte des ersten Bildes und in CovRR2, CovRC2, CovCC2 für die Punkte des zweiten Bildes übergeben werden. Die Kovarianzmatrizen sind symmetrische 2×2 Matrizen. CovRR1/CovRR2 und CovCC1/CovCC2 sind dabei die Diagonalelemente der Matrizen, während CovRC1/CovRC2 die beiden nicht diagonalen Elemente angeben. Sind die Kovarianzen unbekannt und wird die *'gold_standard'* bzw. *'trans_gold_standard'* Methode verwendet, so werden zur Berechnung intern Einheits-Kovarianzmatrixen angenommen. Falls *'normalized_dlt'* bzw. *'trans_normalized_dlt'* verwendet wird oder die Kovarianzen unbekannt sind, können in den Kovarianzparametern leere Tupel übergeben werden.

Sind die Korrespondenzen zwischen den Punkten noch nicht bekannt, so ist match_fundamental_matrix_ransac zur Bestimmung der Korrespondenzen sowie der Stereo-Geometrie zu verwenden.

Parameter

▷ **Rows1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Eingabepunkte in Bild 1 (Zeilenkoordinate).
Restriktion: length(Rows1) >= 8 || length(Rows1) >= 2

▷ **Cols1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Eingabepunkte in Bild 1 (Spaltenkoordinate).
Restriktion: length(Cols1) == length(Rows1)

▷ **Rows2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Eingabepunkte in Bild 2 (Zeilenkoordinate).
Restriktion: length(Rows2) == length(Rows1)

▷ **Cols2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Eingabepunkte in Bild 2 (Spaltenkoordinate).
Restriktion: length(Cols2) == length(Rows1)

▷ **CovRR1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Varianz in Zeilenrichtung der Punkte in Bild 1.
Default: []

▷ **CovRC1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Kovarianz der Punkte in Bild 1.
Default: []

▷ **CovCC1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Varianz in Spaltenrichtung der Punkte in Bild 1.
Default: []

▷ **CovRR2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Varianz in Zeilenrichtung der Punkte in Bild 2.
Default: []

▷ **CovRC2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Kovarianz der Punkte in Bild 2.
Default: []

▷ **CovCC2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Varianz in Spaltenrichtung der Punkte in Bild 2.
Default: []

▷ **Method** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Schätzalgorithmus.
Default: 'normalized_dlt'
Werteliste: `Method` ∈ {'normalized_dlt', 'gold_standard', 'trans_normalized_dlt', 'trans_gold_standard'}

▷ **FMatrix** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Berechnete Fundamental-Matrix.

▷ **CovFMat** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
9×9 Kovarianzmatrix der Fundamental-Matrix.

▷ **Error** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
Mittlerer, quadratischer Epipolar Abstand.

▷ **X** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
X-Koordinaten der rekonstruierten Punkte im projektiven Raum.

▷ **Y** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Y-Koordinaten der rekonstruierten Punkte im projektiven Raum.

▷ **Z** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Z-Koordinaten der rekonstruierten Punkte im projektiven Raum.

▷ **W** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
W-Koordinaten der rekonstruierten Punkte im projektiven Raum.

▷ **CovXYZW** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Kovarianzmatrizen der rekonstruierten 3D Punkte.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`match_fundamental_matrix_ransac`

Nachfolger

`gen_binocular_proj_rectification`

Alternativen

`vector_to_essential_matrix`, `vector_to_rel_pose`

Literatur

Richard Hartley, Andrew Zisserman: „Multiple View Geometry in Computer Vision“; Cambridge University Press, Cambridge; 2000.

Olivier Faugeras, Quang-Tuan Luong: „The Geometry of Multiple Images: The Laws That Govern the Formation of Multiple Images of a Scene and Some of Their Applications“; MIT Press, Cambridge, MA; 2001.

Modul

3D Metrology

vector_to_fundamental_matrix_distortion (: : Rows1, Cols1, Rows2, Cols2, CovRR1, CovRC1, CovCC1, CovRR2, CovRC2, CovCC2, ImageWidth, ImageHeight, Method : FMatrix, Kappa, Error, X, Y, Z, W)

Bestimmung der Fundamental-Matrix und des radialen Verzeichnungskoeffizienten unter Verwendung vorgegebener Punktkorrespondenzen sowie Rekonstruktion der 3D Raumpunkte.

vector_to_fundamental_matrix_distortion ermittelt aus vorgegebenen Punktkorrespondenzen (Rows1,Cols1), (Rows2,Cols2) die Fundamental-Matrix FMatrix und den radialen Verzeichnungskoeffizienten Kappa (κ), welche die Epipolargleichung

$$\begin{pmatrix} c_2 \\ r_2 \\ 1 \end{pmatrix}^T \cdot \texttt{FMatrix} \cdot \begin{pmatrix} c_1 \\ r_1 \\ 1 \end{pmatrix} = 0 \ .$$

am besten erfüllen. Hierbei sind (r_1, c_1) und (r_2, c_2) Bildpunkte, die durch Entzerrung der Eingabebildpunkte mit dem Divisionsmodell entstehen (siehe Kalibrierung):

$$r = \frac{\tilde{r}}{1 + \kappa(\tilde{r}^2 + \tilde{c}^2)} \qquad c = \frac{\tilde{c}}{1 + \kappa(\tilde{r}^2 + \tilde{c}^2)}$$

Hierbei bezeichnen $(\tilde{r}_1, \tilde{c}_1) = (\texttt{Rows1} - 0.5(\texttt{ImageHeight} - 1), \texttt{Cols1} - 0.5(\texttt{ImageWidth} - 1))$
und $(\tilde{r}_2, \tilde{c}_2) = (\texttt{Rows2} - 0.5(\texttt{ImageHeight} - 1), \texttt{Cols2} - 0.5(\texttt{ImageWidth} - 1))$
die verzerrten Bildpunkte relativ zum Bildmittelpunkt. vector_to_fundamental_matrix_distortion nimmt also an, dass der Hauptpunkt, d.h. das Zentrum der radialen Verzeichnungen, im Bildmittelpunkt liegt.

Das zurückgelieferte Kappa kann dazu verwendet werden, Kameraparameter zu konstruieren, die zur Entzerrung von Bildern oder Bildpunkten verwendet werden können (siehe change_radial_distortion_cam_par, change_radial_distortion_image und change_radial_distortion_points):

$$\begin{aligned} \texttt{CamPar} \ = \ & [\text{'}\textit{area_scan_telecentric_division}\text{'}, 0.0, \texttt{Kappa}, 1.0, 1.0, 0.5(\texttt{ImageWidth} - 1), \\ & 0.5(\texttt{ImageHeight} - 1), \texttt{ImageWidth}, \texttt{ImageHeight}] \end{aligned}$$

Zu beachten bei den obigen Formeln ist die Position von Spalte bzw. Zeile in den Punktkoordinaten. Da die Fundamental-Matrix die projektive Beziehung zweier Stereobilder im 3D Raum wiedergibt, muss die X/Y Notation mit dem Kamerakoordinatensystem konform sein. (X,Y) Koordinaten entsprechen daher einem (Column,Row) Paar.

Für eine beliebige relative Lage der Kameras zueinander ist die minimale Anzahl an Punktkorrespondenzen neun. Method ist dann gleich *'linear'* oder *'gold_standard'* zu wählen. Sind die linke und rechte Kamera identisch und ist zusätzlich die relative Lage zwischen den Kameras eine reine Translation, so ist Method gleich *'trans_linear'* oder *'trans_gold_standard'* zu wählen. In diesem speziellen Fall ist die minimale Anzahl an korrespondierenden Punkten nur vier.

Die Fundamental-Matrix wird so berechnet, dass ein Fehlermaß minimiert wird. Um dieses Ergebnis zu erreichen, sind verschiedene Algorithmen verfügbar. Welches Verfahren verwendet werden soll, kann ebenfalls mittels des Parameters Method gesteuert werden. Für Method gleich *'linear'* bzw. *'trans_linear'* wird ein lineares Verfahren verwendet, das einen algebraischen Fehler basierend auf obigen Epipolargleichungen minimiert. Dieses Verfahren ist sehr schnell. Für den Fall der reinen Translation (Method = *'trans_linear'*) liefert das lineare Verfahren genaue Ergebnisse für geringes bis mittleres Rauschen der Punktkoordinaten und für die meisten Verzeichnungen (außer sehr kleinen Verzeichnungen). Für eine beliebige Lage der Kameras (Method = *'linear'*) liefert das lineare Verfahren nur für sehr geringes Rauschen der Punktkoordinaten und hinreichend große Verzeichnungen genaue Ergebnisse. Für Method gleich *'gold_standard'* bzw. *'trans_gold_standard'* wird eine mathematisch optimale, dafür aber langsamere, Optimierung durchgeführt, die den geometrischen Reprojektionsfehler von rekonstruierten

projektiven 3D Punkten minimiert. In diesem Fall werden neben der Fundamental-Matrix und dem radialen Verzeichnungskoeffizienten auch die projektiven Koordinaten (X,Y,Z,W) der rekonstruierten Punkte zurückgegeben. Für beliebige Lage der Kameras sollte im allgemeinen Method = *'gold_standard'* gewählt werden.

Falls die Methode *'gold_standard'* bzw. *'trans_gold_standard'* verwendet wird und die Punkte mit einem Operator wie points_foerstner, der die Kovarianzmatrix für jeden Punkt zurückliefert, extrahiert wurden, kann dies in der Berechnung berücksichtigt werden, indem die Kovarianzen in CovRR1, CovRC1, CovCC1 für die Punkte des ersten Bildes und in CovRR2, CovRC2, CovCC2 für die Punkte des zweiten Bildes übergeben werden. Sind die Kovarianzen unbekannt und wird die Methode *'gold_standard'* bzw. *'trans_gold_standard'* verwendet, so werden zur Berechnung intern Einheits-Kovarianzmatrizen angenommen. Falls *'linear'* bzw. *'trans_linear'* verwendet wird oder die Kovarianzen unbekannt sind, können in den Kovarianzparametern leere Tupel übergeben werden.

Die Größe Error ist ein Gütemaß für die Schätzung der Fundamental-Matrix und gibt den mittleren symmetrischen euklidischen Abstand in Pixeln zwischen den Punkten und ihren korrespondierenden Epipolarlinien an.

Sind die Korrespondenzen zwischen den Punkten noch nicht bekannt, so ist match_fundamental_matrix_distortion_ransac zur Bestimmung der Korrespondenzen sowie der Stereo-Geometrie zu verwenden.

Parameter

- ▷ **Rows1** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 1 (Zeilenkoordinate).
  Restriktion: length(Rows1) >= 9 || length(Rows1) >= 4
- ▷ **Cols1** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 1 (Spaltenkoordinate).
  Restriktion: length(Cols1) == length(Rows1)
- ▷ **Rows2** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 2 (Zeilenkoordinate).
  Restriktion: length(Rows2) == length(Rows1)
- ▷ **Cols2** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 2 (Spaltenkoordinate).
  Restriktion: length(Cols2) == length(Rows1)
- ▷ **CovRR1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Varianz in Zeilenrichtung der Punkte in Bild 1.
  Default: []
- ▷ **CovRC1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Kovarianz der Punkte in Bild 1.
  Default: []
- ▷ **CovCC1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Varianz in Spaltenrichtung der Punkte in Bild 1.
  Default: []
- ▷ **CovRR2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Varianz in Zeilenrichtung der Punkte in Bild 2.
  Default: []
- ▷ **CovRC2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Kovarianz der Punkte in Bild 2.
  Default: []
- ▷ **CovCC2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Varianz in Spaltenrichtung der Punkte in Bild 2.
  Default: []
- ▷ **ImageWidth** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Breite der Bilder, aus denen die Punkte extrahiert wurden.
  Restriktion: ImageWidth > 0
- ▷ **ImageHeight** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Höhe der Bilder, aus denen die Punkte extrahiert wurden.
  Restriktion: ImageHeight > 0
- ▷ **Method** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Schätzalgorithmus.
  Default: 'gold_standard'
  Werteliste: Method ∈ {'linear', 'gold_standard', 'trans_linear', 'trans_gold_standard'}

▷ **FMatrix** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Berechnete Fundamental-Matrix.

▷ **Kappa** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
Berechneter Verzeichnungskoeffizient.

▷ **Error** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
Mittlerer quadratischer Epipolarabstand.

▷ **X** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
X-Koordinaten der rekonstruierten Punkte im projektiven Raum.

▷ **Y** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Y-Koordinaten der rekonstruierten Punkte im projektiven Raum.

▷ **Z** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Z-Koordinaten der rekonstruierten Punkte im projektiven Raum.

▷ **W** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
W-Koordinaten der rekonstruierten Punkte im projektiven Raum.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

match_fundamental_matrix_distortion_ransac

Nachfolger

change_radial_distortion_cam_par, change_radial_distortion_image, change_radial_distortion_points, gen_binocular_proj_rectification

Alternativen

vector_to_fundamental_matrix, vector_to_essential_matrix, vector_to_rel_pose

Siehe auch

calibrate_cameras

Literatur

Richard Hartley, Andrew Zisserman: „Multiple View Geometry in Computer Vision“; Cambridge University Press, Cambridge; 2003.

Olivier Faugeras, Quang-Tuan Luong: „The Geometry of Multiple Images: The Laws That Govern the Formation of Multiple Images of a Scene and Some of Their Applications“; MIT Press, Cambridge, MA; 2001.

Modul

3D Metrology

```
vector_to_rel_pose ( : : Rows1, Cols1, Rows2, Cols2, CovRR1,
    CovRC1, CovCC1, CovRR2, CovRC2, CovCC2, CamPar1, CamPar2,
    Method : RelPose, CovRelPose, Error, X, Y, Z, CovXYZ )
```

Bestimmung der relativen Orientierung zweier Kameras unter Verwendung vorgegebener Punktkorrespondenzen und bekannter Kameraparameter sowie Rekonstruktion der 3D Raumpunkte.

vector_to_rel_pose ermittelt aus im allgemeinen mindestens sechs vorgegebenen Punktkorrespondenzen eines Stereobildpaares die relative Orientierung der beiden Kameras zueinander. RelPose gibt die Orientierung der Kamera 1 relative zur Kamera 2 an (Siehe create_pose für weitere Information über die Beschreibung von Orientierungen.). Dies steht in Übereinstimmung mit der expliziten Kalibrierung einer Stereokonfiguration mit dem Operator calibrate_cameras. Sei R, t die Rotation beziehungsweise Translation der relativen Orientierung. Die Essential-Matrix E ist dann durch $E = ([t]_\times R)^T$ definiert, wobei $[t]_\times$ eine 3×3 schiefsymmetrische Matrix ist, welche das Kreuzprodukt mit dem Vektor t beschreibt. Die gesuchte Orientierung kann mittels der Epipolar-Gleichungen bestimmt werden:

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ 1 \end{pmatrix}^T \cdot ([t]_\times R)^T \cdot \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ 1 \end{pmatrix} = 0 \quad \text{mit} \quad [t]_\times = \begin{pmatrix} 0 & -t_z & t_y \\ t_z & 0 & -t_x \\ -t_y & t_x & 0 \end{pmatrix} \quad .$$

Zu beachten ist, dass die Essential-Matrix eine homogene Größe ist, d.h. sie ist bis auf einen Skalierungsfaktor bestimmt. Somit kann der Translationsvektor der relativen Orientierung auch nur bis auf eine Skalierung berechnet werden. Der Operator wird diesen Vektor auf die Länge eins normiert berechnen. Als Konsequenz ergibt sich, dass die Rekonstruktion der betrachteten Szene, hier in Form der Punkte gegeben durch deren 3D Koordinaten (X,Y,Z), auch nur bis auf einen globalen Skalierungsfaktor durchgeführt werden kann. Sollen die absoluten 3D Koordinaten der Szenenpunkte rekonstruiert werden, so ist es notwendig in beiden Bildern einen bekannten Maßstab zu sehen. In der Praxis kann dieser Maßstab z.B. durch den Abstand zweier beliebiger Punkte gegeben sein.

Der Operator `vector_to_rel_pose` ist für ein nichtlineares Kameramodell konzipiert und beschreibt somit auch radiale Linsenverzeichnungen. Dies steht im Gegensatz zum Operator `vector_to_essential_matrix`, welcher nur Geraden erhaltende, d.h. lineare, Kameras beschreibt. Kameraparameter werden mit den Argumenten `CamPar1` und `CamPar2` übergeben. Die 3D Richtungsvektoren $(X_1, Y_1, 1)$ und $(X_2, Y_2, 1)$ werden aus den Punktkoordinaten (`Rows1`,`Cols1`) und (`Rows2`,`Cols2`) durch Invertierung der Kameraprojektion berechnet (siehe Kalibrierung).

Der Parameter `Method` gibt an, ob die Kameras sich in einer besonderen relativen Orientierung zueinander befinden, und bestimmt auch das Berechnungsverfahren. Für *'normalized_dlt'* und *'gold_standard'* kann die relative Lage der Kameras zueinander beliebig sein. Für *'trans_normalized_dlt'* und *'trans_gold_standard'* ist die relative Lage eine reine Translation. In diesem speziellen Fall ist die minimale Anzahl an notwendigen Punktkorrespondenzen nicht sechs, sondern nur zwei.

Wird *'normalized_dlt'* oder *'trans_normalized_dlt'* gewählt, so ist das Berechnungsverfahren ein lineares Verfahren. Wird *'gold_standard'* oder *'trans_gold_standard'* gewählt, so ist das Berechnungsverfahren im statistischen Sinne optimal. Beide Verfahren liefern die Koordinaten (X,Y,Z) der rekonstruierten Raumpunkte. Die optimalen Verfahren berechnen zusätzlich die 3×3 Kovarianzmatrizen `CovXYZ` der Raumpunkte. Ist n die Anzahl der Korrespondenzen, so werden diese Kovarianzen in einem $9 \times n$ Tupel aneinandergehängt. Weiterhin geben die optimalen Verfahren auch die Kovarianz der relativen Lage `CovRelPose` an, welche eine 6×6 Matrix ist.

Falls die Bildpunkte mit einem Operator wie `points_foerstner`, der die Kovarianzmatrix für jeden Punkt zurückliefert, extrahiert wurden, kann dies in der Berechnung berücksichtigt werden, indem die Kovarianzen in `CovRR1`, `CovRC1`, `CovCC1` für die Punkte des ersten Bildes und in `CovRR2`, `CovRC2`, `CovCC2` für die Punkte des zweiten Bildes übergeben werden. Die Kovarianzmatrizen sind symmetrische 2×2 Matrizen. `CovRR1`/`CovRR2` und `CovCC1`/`CovCC2` sind dabei die Diagonalelemente der Matrizen, während `CovRC1`/`CovRC2` die beiden nicht diagonalen Elemente angeben. Sind die Kovarianzen unbekannt, so werden zur Berechnung intern Einheits-Kovarianzmatrizen angenommen, und in den Kovarianzparametern können leere Tupel übergeben werden.

Die Größe `Error` ist ein Gütemaß für die Berechnung der relativen Lage und gibt den mittleren euklidischen Abstand in Pixeln zwischen den Punkten und ihren korrespondierenden Epipolarlinien an.

Bei dem Operator `vector_to_rel_pose` ist folgender Spezialfall zu beachten: Liegen alle abgebildeten Raumpunkte in einer einzigen Ebene und liegen zusätzlich alle Raumpunkte näher zu einer der beiden Kameras, so gibt es insgesamt zwei Lösungen. Das heißt, dass in diesem Fall das Problem der Berechnung der relativen Lage nicht eindeutig lösbar ist. Es werden daher auch beide Lösungen ausgegeben. Das bedeutet, dass alle Ausgabeparameter von doppelter Länge sind, wobei die Werte der zweiten Lösung an die Werte der ersten Lösung hinten angehängt sind.

Sind die Korrespondenzen zwischen den Punkten noch nicht bekannt, so ist `match_rel_pose_ransac` zur Bestimmung der Korrespondenzen sowie der Stereo-Geometrie zu verwenden.

Parameter

▷ **`Rows1`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Eingabepunkte in Bild 1 (Zeilenkoordinate).
Restriktion: length(Rows1) >= 6 || length(Rows1) >= 2

▷ **`Cols1`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Eingabepunkte in Bild 1 (Spaltenkoordinate).
Restriktion: length(Cols1) == length(Rows1)

▷ **Rows2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Eingabepunkte in Bild 2 (Zeilenkoordinate).
Restriktion: length(Rows2) == length(Rows1)

▷ **Cols2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Eingabepunkte in Bild 2 (Spaltenkoordinate).
Restriktion: length(Cols2) == length(Rows1)

▷ **CovRR1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Varianz in Zeilenrichtung der Punkte in Bild 1.
Default: []

▷ **CovRC1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Kovarianz der Punkte in Bild 1.
Default: []

▷ **CovCC1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Varianz in Spaltenrichtung der Punkte in Bild 1.
Default: []

▷ **CovRR2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Varianz in Zeilenrichtung der Punkte in Bild 2.
Default: []

▷ **CovRC2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Kovarianz der Punkte in Bild 2.
Default: []

▷ **CovCC2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Varianz in Spaltenrichtung der Punkte in Bild 2.
Default: []

▷ **CamPar1** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
Kameraparameter der 1. Kamera.

▷ **CamPar2** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
Kameraparameter der 2. Kamera.

▷ **Method** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Algorithmus zur Berechnung der relativen Lage und zur Auswahl spezieller relativer Lagen.
Default: 'normalized_dlt'
Werteliste: `Method` ∈ {'normalized_dlt', 'gold_standard', 'trans_normalized_dlt', 'trans_gold_standard'}

▷ **RelPose** (output_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Berechnete relative Lage der Kameras zueinander (3D-Lage).

▷ **CovRelPose** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
6×6 Kovarianzmatrix der relativen Lage.

▷ **Error** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Mittlerer, quadratischer Epipolar Abstand.

▷ **X** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
X-Koordinaten der rekonstruierten Punkte.

▷ **Y** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Y-Koordinaten der rekonstruierten Punkte.

▷ **Z** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Z-Koordinaten der rekonstruierten Punkte.

▷ **CovXYZ** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Kovarianzmatrizen der rekonstruierten 3D Punkte.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`match_rel_pose_ransac`

Nachfolger

`gen_binocular_rectification_map`, `rel_pose_to_fundamental_matrix`

Alternativen

vector_to_essential_matrix, vector_to_fundamental_matrix, binocular_calibration

Siehe auch

camera_calibration

Literatur

Richard Hartley, Andrew Zisserman: „Multiple View Geometry in Computer Vision“; Cambridge University Press, Cambridge; 2003.

J.Chris McGlone (editor): „Manual of Photogrammetry“; American Society for Photogrammetry and Remote Sensing ; 2004.

Modul

3D Metrology

5.2 Depth From Focus

depth_from_focus (MultiFocusImage : Depth, Confidence : Filter, Selection :)

Bestimmung der Tiefe aus mehreren Fokusebenen.

depth_from_focus bestimmt aus mehreren Bildern einer Fokusserie die Tiefe. Die Bilder der Fokusserie werden dabei als ein mehrkanaliges Bild in MultiFocusImage übergeben. Die Tiefe für jeden Bildpunkt wird als die Nummer des Kanals in Depth zurückgeben. Der Parameter Confidence gibt die Sicherheit an, mit der die Tiefe für die Bildpunkte geschätzt werden konnte. Große Werte bedeuten dabei eine große Zuverlässigkeit der Schätzung.

Es wird dasjenige Pixel einer Fokusebene ausgewählt, das lokal am schärfsten ist. Das verwendete Verfahren wird über die Parameter Filter und Selection festgelegt.

Dem Parameter Filter können die Werte *'highpass'* und *'bandpass'* übergeben werden. Um die Schärfe im Bild zu bestimmen, kann entweder ein Highpassfilter oder ein Bandpassfilter verwendet werden. Je größer der resultierende Wert ist, desto schärfer ist das Bild an dieser Stelle. Beim Bandpassfilter werden - im Vergleich zum Highpassfilter - die ganz hohen Frequenzen unterdrückt. Dies ist z.B. bei stark verrauschten Bildern nützlich.

Das gefilterte Bild kann optional noch mit dem Mittelwertfilter geglättet werden, indem man zwei zusätzliche Integer-Werte für die Maskengröße im Parameter Filter übergibt (z.B. [*'highpass'*, *7*, *7*]). Dadurch wird die Schärfeinformation über die benachbarten Pixel "verschmiert", so dass texturlose Bereiche im Bild überbrückt werde können. Bitte beachten Sie, dass diese Glättung kein Rauschen in den Originalbildern unterdrückt, da sie erst nach der High- oder Bandpassfilterung angewendet wird.

Der Parameter Selection bestimmt, wie die optimale Fokusebene ausgewählt wird. Wenn der Wert *'next_maximum'* übergeben wird, wird das nächstliegende Schärfemaximum in der Umgebung jedes Pixels verwendet. Bei *'local'* werden dagegen die für das Pixel ermittelten Schärfewerte aller Fokusebenen verwendet. Mit *'next_maximum'* erhält man i.d.R. ein etwas robusteres und leicht geglättetes Ergebnis.

Eine solche zusätzliche Glättung ist nützlich, wenn zur Aufnahme der Fokussequenz keine telezentrische Optik verwendet wird. In diesem Fall verändert sich die Position eines Punktes innerhalb der Sequenz leicht. Durch geeignete Wahl einer zusätzlichen Glättung kann dieser Effekt teilweise kompensiert werden.

Achtung

Besteht die Fokusserie MultiFocusImage aus mehr als 255 Fokusebenen (Kanälen) so wird die Tiefe für Werte über 255 abgeschnitten, d.h. Tiefenwerte größer als 255 werden ignoriert.

Werden für die Filtermaske von Filter gerade statt ungerade Werte übergeben, verwendet die Routine an ihrer Stelle die nächstgrößeren ungeraden Werte (damit ist der Schwerpunkt der Filtermaske immer eindeutig bestimmt).

Wird Selection auf *'local'* gesetzt und als Filter *'highpass'* oder *'bandpass'* gewählt, kann depth_from_focus auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Wird die zusätzliche Glättung aktiviert, gelten die selben Einschränkungen und Voraussetzungen wie für mean_image.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **MultiFocusImage** (input_object) . . . . . multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte
  Mehrkanaliges Graubild bestehend aus mehreren Fokusebenen.
- ▷ **Depth** (output_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
  Tiefenbild.
- ▷ **Confidence** (output_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
  Sicherheit der Tiefenschätzung.
- ▷ **Filter** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer
  Filter, um scharfe Pixel zu finden.
  Default: 'highpass'
  Wertevorschläge: `Filter` ∈ {'highpass', 'bandpass', 3, 5, 7, 9}
- ▷ **Selection** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Methode scharfe Pixel zu finden.
  Default: 'next_maximum'
  Werteliste: `Selection` ∈ {'next_maximum', 'local'}

Beispiel

```
compose3(Focus0,Focus1,Focus2,&MultiFocus);
depth_from_focus(MultiFocus,&Depth,&Confidence,'highpass','next_maximum');
mean_image(Depth,&Smooth,15,15);
select_grayvalues_from_channels(MultiChannel,Smooth,SharpImage);
threshold(Confidence,HighConfidence,10,255);
reduce_domain(SharpImage,HighConfidence,ConfidentSharp);
```

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`compose2`, `compose3`, `compose4`, `add_channels`, `read_image`, `read_sequence`

Nachfolger

`select_grayvalues_from_channels`, `mean_image`, `binomial_filter`, `gauss_filter`, `threshold`

Siehe auch

`count_channels`

Modul

3D Metrology

select_grayvalues_from_channels (MultichannelImage, IndexImage : Selected : :)

Auswahl von Grauwerten eines mehrkanaligen Bildes mit Hilfe eines Indexbildes.

`select_grayvalues_from_channels` wählt aus einem mehrkanaligen Bild `MultichannelImage` Grauwerte aus verschiedenen Kanälen aus. Die Pixelwerte im Bild `IndexImage` geben dabei an, aus welchem Kanal der Grauwert selektiert werden soll. Es gilt zu beachten, dass `IndexImage` aus Gründen der der Rückwärtskompatibilität eine beliebige Anzahl Kanäle haben darf, es wird jedoch stets nur der erste Kanal berücksichtigt.

Parameter

▷ **MultichannelImage** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
Mehrkanaliges Grauwertbild.

▷ **IndexImage** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
Bild, bei dem die Pixelwerte als Index interpretiert werden.
Parameteranzahl: IndexImage == MultichannelImage || IndexImage == 1

▷ **Selected** (output_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
Ergebnisbild.

Beispiel

```
compose3(Focus0,Focus1,Focus2,&MultiFocus);
depth_from_focus(MultiFocus,&Depth,&Confidence,'highpass','next_maximum');
mean_image(Depth,&Smooth,15,15);
select_grayvalues_from_channels(MultiChannel,Smooth,SharpImage);
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`depth_from_focus`, `mean_image`

Nachfolger

`disp_image`

Siehe auch

`count_channels`

Modul

Foundation

5.3 Mehrbild-Stereo

Diese Kapitel enthält Operatoren für die Mehrbild-Stereo 3D-Rekonstruktion.

Konzept der Mehrbild-Stereo 3D-Rekonstruktion

Mit der Mehrbild-Stereo 3D-Rekonstruktion ist es möglich, aus 2D-Bildern von mehreren Kameras 3D-Objekte zu generieren. Es kann entweder die komplette 3D-Oberfläche eines Objekts rekonstruiert werden, oder es können auch nur einzelne 3D-Punkte rekonstruiert werden.

Im Folgenden werden kurz die notwendigen Schritte beschrieben, um 3D-Oberflächen oder 3D-Punkte zu rekonstruieren. Beachten Sie, dass ein gut kalibriertes Kamerasetup die Grundvoraussetzung für eine präzise 3D-Rekonstruktion ist; siehe dazu Kalibrierung für mehr Details. Außerdem wird in dem HDevelop Beispiel `reconstruct_surface_mixed_camera_types.hdev` der typische Ablauf einer Kalibrierung nachvollzogen (vom Kalibrierdatenmodell über das Kameraaufbaumodell hin zum Stereomodell).

Erstellen des Stereomodells: Zuerst muss das Stereomodell erstellt werden. Dies geschieht mit dem Operator

- `create_stereo_model`.

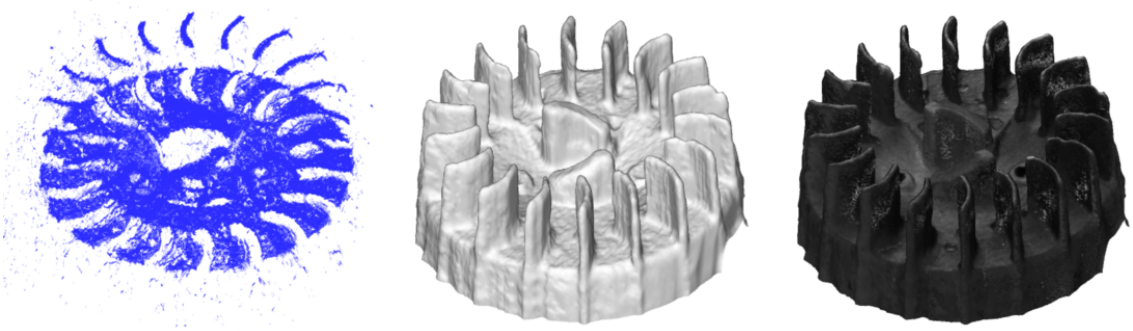
Falls 3D-Punkte rekonstruiert werden sollen, wählen Sie die Methode *'points_3d'*.

3D-Punktrekonstruktion mit *'points_3d'*.

Für die Rekonstruktion von Oberflächen stehen zwei Methoden zur Auswahl: *'surface_pairwise'* und *'surface_fusion'*. Detaillierte Informationen zu beiden Methoden können in der Referenz von `reconstruct_surface_stereo` nachgelesen werden.

(1) (2) (3)

Diese drei 3D-Bilder werden für die Oberflächenrekonstruktion verwendet, deren Ergebnisse in den Bildern unten zu sehen sind.



(1) (2) (3)

(1) Oberflächenrekonstruktion mit *'surface_pairwise'*. (2) Oberflächenrekonstruktion mit *'surface_fusion'*. (3) Oberflächenrekonstruktion mit *'surface_fusion'*, wobei die Farbinformationen aus den verwendeten 2D-Bildern extrahiert wurden. In dem HDevelop Beispiel `reconstruct_surface_mixed_camera_types.hdev` kann die hier gezeigte 3D-Rekonstruktion nachvollzogen werden.

Setzen der Bildpaare (nur für Oberflächenrekonstruktion): Bei der 3D-Rekonstruktion von Oberflächen werden mehrere binokulare Stereorekonstruktionen ausgeführt und dann kombiniert. Für diese binokulare Rekonstruktion müssen Bildpaare spezifiziert werden. Beispielsweise könnten die Bildpaare für die Bilder oben `[0,1]` und `[1,2]` sein. Die Bildpaare können mit

- `set_stereo_model_image_pairs`

spezifiziert, und mit

- get_stereo_model_image_pairs

abgefragt werden.

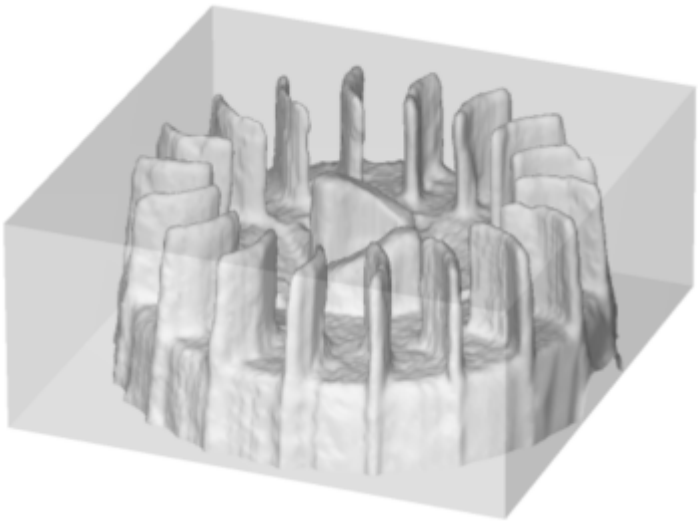
Mehr Informationen können in den Referenzen von reconstruct_surface_stereo und den oben genannten Operatoren nachgelesen werden.

Modifizieren der Stereomodell-Parameter: Mit

- set_stereo_model_param

können die Einstellungen der 3D-Rekonstruktion für das jeweils individuelle Setup optimiert werden.

Bei der Rekonstruktion von Oberflächen ist es sehr empfehlenswert, die 3D-Rekonstruktion mit einem umschließenden Quader (einer *'bounding box'*) einzuschränken. Diese sollte das zu rekonstruierende Objekt so eng wie möglich umschließen.



Der umschließende Quader, der mit set_stereo_model_param spezifiziert wurde, schränkt den Bereich ein, in welchem das Objekt rekonstruiert wird. So kann die Laufzeit stark reduziert werden.

Wenn die Methode *'surface_fusion'* in create_stereo_model verwendet wird, sollten dennoch zuerst die Parameter der *'surface_pairwise'*-Methode optimiert werden, da deren Ergebnis als Grundlage hergenommen wird. Die einzelnen Parameter werden in den Beispielen reconstruct_surface_stereo_pairwise_workflow.hdev und reconstruct_surface_stereo_fusion_workflow.hdev näher betrachtet.

Die Parameter können mit

- get_stereo_model_param

abgefragt werden.

Ausführen der 3D-Rekonstruktion: Um dann die eigentliche Rekonstruktion auszuführen, stehen

- reconstruct_points_stereo oder
- reconstruct_surface_stereo

zur Verfügung.

Erhalten von Zwischenergebnissen (nur für Oberflächenrekonstruktion): Es ist zu beachten, dass die Zwischenergebnisse nur abgerufen werden können, wenn der *'persistence'*-Modus mit set_stereo_model_param aktiviert wurde.

Mit

- get_stereo_model_object

können die Zwischenergebnisse der Oberflächenrekonstruktion von reconstruct_surface_stereo abgerufen und inspiziert werden. Diese Bilder können benutzt werden, wenn ein Problem in der Rekonstruktion zurückverfolgt werden muss.

Mit

- get_stereo_model_object_model_3d

kann das 3D-Objektmodell abgerufen werden, dass als Zwischenergebnis mit reconstruct_surface_stereo unter Verwendung der Methode *'surface_fusion'* abgespeichert wurde.

clear_stereo_model (: : StereoModelID :)

Freigeben des vom Stereomodell angelegten Speichers.

clear_stereo_model gibt den Speicher eines Stereomodells wieder frei, das mit create_stereo_model angelegt wurde. Das Modell kann nach dem Aufruf nicht mehr verwendet werden. Der Handle StereoModelID ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **StereoModelID** (input_control) ..... stereo_model ⇝ *handle*
Handle des Stereomodells.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- StereoModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Modul

3D Metrology

create_stereo_model (: : CameraSetupModelID, Method, GenParamName, GenParamValue : StereoModelID)

Anlegen eines HALCON-Stereomodells.

Der Operator create_stereo_model erstellt ein HALCON-Stereomodell und gibt einen Handle in StereoModelID zurück. Das Modell bietet Funktionalität zur Stereorekonstruktion von 3D-Punkten oder Oberflächen mit dem kalibrierten Mehrbild-Kamerasetup, der im Parameter CameraSetupModelID übergeben wird (siehe Kalibrierung / Mehrbild für weitere Information übers Kalibrieren von Mehrkamerasetups).

Mit Method=*'points_3d'* wird ein Stereomodell erstellt, das, nachdem es konfiguriert wurde, dem Operator reconstruct_points_stereo übergeben werden kann. Dieser Operator rekonstruiert 3D-Punkte, indem er die Sichtlinien schneidet, die von Punktkorrespondenzen aus den mehreren Bildern entstehen (siehe reconstruct_points_stereo für weitere Information).

Mit Method=*'surface_pairwise'* oder Method=*'surface_fusion'* wird ein Stereomodell erstellt, das, nachdem es konfiguriert wurde, dem Operator reconstruct_surface_stereo übergeben werden kann. Dieser Operator berechnet Disparitätsbilder für Bildpaare aus einem kalibrierten Mehrbild-Kameraaufbau und fusioniert die so erhaltene 3D-Information in eine Oberflächenrekonstruktion (siehe reconstruct_surface_stereo für weitere Information).

Die Parameter GenParamName und GenParamValue können benutzt werden, um generische Modellparameter einzustellen. Alternativ können diese Parameter im Nachhinein mit dem Operator

set_stereo_model_param eingestellt werden, bevor der betroffene Rekonstruktionsoperator aufgerufen wird (siehe set_stereo_model_param für eine detaillierte Beschreibung der möglichen Parameter).

Parameter

▷ **CameraSetupModelID** (input_control) . . . . . camera_setup_model ⇝ *handle*
Handle des kalibrierten Kamerasetupmodells.

▷ **Method** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Generische Rekonstruktionsmethode.
Default: 'surface_pairwise'
Werteliste: Method ∈ {'surface_pairwise', 'surface_fusion', 'points_3d'}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Modellparameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'bounding_box', 'persistence', 'sub_sampling_step', 'rectif_interpolation', 'rectif_method', 'disparity_method', 'binocular_method', 'binocular_num_levels', 'binocular_mask_width', 'binocular_mask_height', 'binocular_texture_thresh', 'binocular_score_thresh', 'binocular_filter', 'binocular_sub_disparity', 'binocular_mg_gray_constancy', 'binocular_mg_gradient_constancy', 'binocular_mg_smoothness', 'binocular_mg_initial_guess', 'binocular_mg_default_parameters', 'binocular_mg_solver', 'binocular_mg_cycle_type', 'binocular_mg_pre_relax', 'binocular_mg_post_relax', 'binocular_mg_initial_level', 'binocular_mg_iterations', 'binocular_mg_pyramid_factor', 'binocular_ms_surface_smoothing', 'binocular_ms_edge_smoothing', 'binocular_ms_consistency_check', 'binocular_ms_similarity_measure', 'binocular_ms_sub_disparity', 'point_meshing', 'resolution', 'surface_tolerance', 'min_thickness', 'smoothing', 'color', 'color_invisible', 'min_disparity', 'max_disparity'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string
Werte der generischen Modellparameter.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {-1, -2, -5, 0, 0.3, 0.5, 0.9, 1, 2, 3, 'census_dense', 'census_sparse', 'binocular', 'ncc', 'none', 'sad', 'ssd', 'bilinear', 'viewing_direction', 'geometric', 'false', 'very_accurate', 'accurate', 'fast_accurate', 'fast', 'v', 'w', 'none', 'gauss_seidel', 'multigrid', 'true', 'poisson', 'isosurface', 'interpolation', 'left_right_check', 'full_multigrid', 'binocular_mg', 'binocular_ms', 'smallest_distance', 'mean_by_distance', 'line_of_sight', 'mean_by_line_of_sight', 'median'}

▷ **StereoModelID** (output_control) . . . . . stereo_model ⇝ *handle*
Handle des Stereomodells.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

set_stereo_model_param, set_stereo_model_image_pairs, reconstruct_surface_stereo, reconstruct_points_stereo

Modul

3D Metrology

get_stereo_model_image_pairs (: : StereoModelID : From, To)

Liste der im Stereomodell gesetzten Bildpaare zurückgeben.

Der Operator get_stereo_model_image_pairs gibt die Liste der im Stereomodell gespeicherten Bildpaare zurück. Die Kameraindizes der *from*- und *to*-Kameras werden in den Parametern From bzw. To zurückgegeben

(die Begriffe "from"und "to"bedeuten, dass bei der Rekonstruktion die Disparität *von* einem *zu* dem anderem Bild des Paars berechnet wird). Die Indizes bezeichnen Kameras aus dem Kamerasetupmodell, das an das Stereomodell während seiner Erstellung angehängt worden ist (siehe create_stereo_model).

Parameter

▷ **StereoModelID** (input_control) ..... stereo_model ⇝ *handle*
Handle des Stereomodells.

▷ **From** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Indizes der *from* - Kameras der Bildpaare.

▷ **To** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Indizes der *to* - Kameras der Bildpaare.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

set_stereo_model_image_pairs

Nachfolger

reconstruct_surface_stereo

Siehe auch

set_stereo_model_image_pairs

Modul

3D Metrology

get_stereo_model_object (: Object : StereoModelID, PairIndex, ObjectName :)

Ikonische Zwischenergebnisse der Stereorekonstruktion abfragen.

Mit dem Operator get_stereo_model_object können ikonische Zwischenergebnisse der Oberflächenrekonstruktion, welche vom Operator reconstruct_surface_stereo fürs Stereomodell StereoModelID durchgeführt wird, abgefragt werden. Diese Ergebnisse können insbesondere dann nützlich sein, wenn ein Problem in der Rekonstruktion zurückverfolgt werden muss. Es ist zu beachten, dass die ikonische Zwischenergebnisse erst im *'persistence'*-Modus im Stereomodell gespeichert werden. Dieser Modus muss *vor* dem Rekonstruktionsoperator eingeschaltet werden (siehe set_stereo_model_param). Die ikonische Ergebnisse werden einzelnen Bildpaaren zugeordnet (siehe get_stereo_model_image_pairs).

Die Kameraindizes [From, To] des gewünschten Bildpaares werden im Parameter PairIndex übergeben. Je nach Auswahl in ObjectName werden die folgenden ikonische Ergebnisse im Object zurückgegeben:

'from_image_rect', *'to_image_rect'*: Rektifizierte Bilder, die den Kameras *from* bzw. *to* entsprechen. Diese Bilder können genauer untersucht werden, um die Qualität der binokularen Stereobildrektifizierung zu inspizieren.

'disparity_image': Das Disparitätsbild für dieses Paar. Die Disparitätsqualität hat einen direkten Einfluss auf die Oberflächenrekonstruktion.

'score_image': Maßbild der Zuverlässigkeit des Disparitätsbilds.

Eine Diskrepanz in den rektifizierten Bildern, d.h. wenn entsprechende Objektmerkmale in unterschiedlichen Zeilen beider Bilder erscheinen, oder Fehler im Disparitäts- oder Maßbild haben direkten Einfluss auf die Qualität der Oberflächenrekonstruktion. Es ist deswegen empfehlenswert, alle festgestellten Fehler durch Anpassen der Stereomodellparameter (siehe set_stereo_model_param) zu beseitigen, insbesondere diejenige, welche die internen Aufrufe zu gen_binocular_rectification_map und binocular_disparity bzw. binocular_disparity_mg oder binocular_disparity_ms steuern (siehe set_stereo_model_image_pairs und reconstruct_surface_stereo für weitere Information).

Parameter

▷ **Object** (output_object) . . . . . object(-array) ⇝ *object*
Ikonisches Ergebnis.

▷ **StereoModelID** (input_control) . . . . . stereo_model ⇝ *handle*
Handle des Stereomodells.

▷ **PairIndex** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / string / real
Kameraindizes des Bildpaars (`[From, To]`).
Wertevorschläge: `PairIndex` ∈ {0, 1, 2}

▷ **ObjectName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des ikonischen Ergebnisses.
Wertevorschläge: `ObjectName` ∈ {'from_image_rect', 'to_image_rect', 'disparity_image', 'score_image'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`reconstruct_surface_stereo`

Modul

3D Metrology

get_stereo_model_object_model_3d (: : StereoModelID, GenParamName : ObjectModel3D)

3D-Objektmodell als Zwischenergebnis der Stereorekonstruktion abfragen.

Mit dem Operator `get_stereo_model_object_model_3d` kann ein mit `reconstruct_surface_stereo` rekonstruiertes 3D Objektmodell `ObjectModel3D` abgefragt werden, das als Zwischenergebnis bei der Methode *'surface_fusion'* erzeugt wurde. Das zurückgegebene Objektmodell entspricht dem Ergebnis von `reconstruct_surface_stereo` unter Verwendung der Methode *'surface_pairwise'*.

Dazu muss beim Aufruf von `get_stereo_model_object_model_3d` der Parameter `GenParamName` auf den Wert *'m3d_pairwise'* gesetzt werden. Weiterhin ist zu beachten, dass das Modell nur mit eingeschaltetem persistence-Modus abgefragt werden kann. Dieser Modus muss *vor* dem Aufruf von `reconstruct_surface_stereo` mit Hilfe von `set_stereo_model_param` aktiviert werden. Weiterhin kann das Objektmodell nur abgefragt werden, wenn das Stereomodell mit der Methode Methode *'surface_fusion'* erzeugt wurde. Andernfalls wird ein Fehler zurückgegeben. Falls kein Objektmodell rekonstruiert wurde, so gibt der Operator den Wert -1 zurück.

Parameter

▷ **StereoModelID** (input_control) . . . . . stereo_model ⇝ *handle*
Handle des Stereomodells.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Namen der Modellparameter.
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'m3d_pairwise'}

▷ **ObjectModel3D** (output_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
Rekonstruiertes 3D-Objektmodell.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`reconstruct_surface_stereo`, `set_stereo_model_param`

Siehe auch

`set_stereo_model_param`

Modul

3D Metrology

get_stereo_model_param (: : StereoModelID, GenParamName : GenParamValue)

Stereomodellparameter abfragen

Der Operator `get_stereo_model_param` kann verwendet werden, um diverse Parameter des Stereomodells `StereoModelID` abzufragen. Der Name des gewünschten Parameters wird mit `GenParamName` übergeben und der entsprechende Parameterwert wird im `GenParamValue` zurückgegeben. Zwei Typen von Parametern werden unterschieden: generische Stereoparameter bzw. spezifische Parameter für die Oberflächenrekonstruktion. Es ist zu beachten, dass es keine spezifischen Parameter für die 3D-Punktrekonstruktion gibt.

Bis auf den Parameter *'binocular_mg_default_parameters'* können alle Parameter, die mit `set_stereo_model_param` gesetzt werden durch einen Aufruf von `get_stereo_model_param` abgefragt werden - siehe `set_stereo_model_param` für weitere Beschreibung einzelner Parameter. Die folgenden Parameter werden dagegen von anderen Operatoren gesetzt und können nicht mit `set_stereo_model_param` geändert, aber von `get_stereo_model_param` abgefragt werden:

Generische Parameter

'type': Typ des Stereomodells (zur Zeit entweder *'surface_pairwise'*, *'surface_fusion'* oder *'points_3d'*).

'camera_setup_model': Handle zu einer *Kopie* des dem Stereomodell zugeordneten Kamerasetupmodells. Änderungen in der Kopie ändern das Kamerasetupmodell im Stereomodell nicht.

'from_cam_param_rect N', *'to_cam_param_rect N'*: Kameraparameter der rektifizierten *from*- und *to*-Kameras des Kamerapaares N. Siehe `set_stereo_model_image_pairs` für weitere Informationen zu den Kamerapaaren.

'from_cam_pose_rect N', *'to_cam_pose_rect N'*: Punkttransformation von den rektifizierten *from*- und *to*-Kameras des Kamerapaares N zur jeweiligen unrektifizierten Kamera. Siehe `set_stereo_model_image_pairs` für weitere Informationen zu den Kamerapaaren.

'rel_pose_rect N': Punkttransformation von der rektifizierten *to*-Kamera zur rektifizierten *from*-Kamera des Kamerapaares N. Siehe `set_stereo_model_image_pairs` für weitere Informationen zu den Kamerapaaren.

Die Parameter *'type'* und *'camera_setup_model'* werden während des Erstellens des Modells von `create_stereo_model` gesetzt. Für die Parameter *'from_cam_param_rect N'*, *'to_cam_param_rect N'*, *'from_cam_pose_rect N'*, *'to_cam_pose_rect N'* und *'rel_pose_rect N'* ist zu beachten, dass sie erst *nach* dem Setzen der Bildpaare (siehe `set_stereo_model_image_pairs`) verfügbar sind.

Bemerkung über tupelwertige Modellparameter

Die meisten der Stereomodellparameter haben nur einen Wert, d.h. eine Liste (d.h. ein Tupel) kann als Parameternamen übergeben werden und eine Liste (auch Tupel) derselben Länge von Parameterwerten wird als Ausgabe zurückgegeben. Tupelwertige Parameter dagegen geben eine Liste von Werten für den einen Parameter zurück. Wenn so ein Parameter mit einwertigen Parametern zusammen abgefragt wird, kann nicht mehr unterschieden werden, welcher Wert zu welchem Parameternamen gehört. Deswegen müssen tupelwertige Parameter, wie z.B. *'bounding_box'*, *'min_disparity'* oder *'max_disparity'* immer einzeln mit `get_stereo_model_param` abgefragt werden.

Parameter

▷ **StereoModelID** (input_control) . . . . . stereo_model ⇝ *handle*
Handle des Stereomodells.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der Modellparameter.
Werteliste: GenParamName ∈ {'type', 'camera_setup_model', 'bounding_box', 'persistence', 'sub_sampling_step', 'rectif_interpolation', 'rectif_sub_sampling', 'rectif_method', 'disparity_method', 'binocular_method', 'binocular_num_levels', 'binocular_mask_width', 'binocular_mask_height', 'binocular_texture_thresh', 'binocular_score_thresh', 'binocular_filter', 'binocular_sub_disparity', 'binocular_mg_gray_constancy', 'binocular_mg_gradient_constancy', 'binocular_mg_smoothness', 'binocular_mg_initial_guess', 'binocular_mg_solver', 'binocular_mg_cycle_type', 'binocular_mg_pre_relax', 'binocular_mg_post_relax', 'binocular_mg_initial_level', 'binocular_mg_iterations', 'binocular_mg_pyramid_factor', 'binocular_ms_surface_smoothing', 'binocular_ms_edge_smoothing', 'binocular_ms_consistency_check', 'binocular_ms_similarity_measure', 'binocular_ms_sub_disparity', 'min_disparity', 'max_disparity', 'point_meshing', 'poisson_depth', 'poisson_solver_divide', 'poisson_samples_per_node', 'resolution', 'surface_tolerance', 'min_thickness', 'smoothing', 'color', 'color_invisible', 'from_cam_param_rect', 'to_cam_param_rect', 'from_cam_pose_rect', 'to_cam_pose_rect', 'rel_pose_rect'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string
Werte der Modellparameter.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_stereo_model, set_stereo_model_param

Nachfolger

reconstruct_surface_stereo, reconstruct_points_stereo

Siehe auch

set_stereo_model_param

Modul

3D Metrology

reconstruct_points_stereo (: : StereoModelID, Row, Column, CovIP, CameraIdx, PointIdx : X, Y, Z, CovWP, PointIdxOut)

3D-Punktrekonstruktion mit kalibriertem Mehrbild-Stereoaufbau.

Der Operator reconstruct_points_stereo rekonstruiert 3D-Punkte von Punktkorrespondenzen, die in einem vom kalibrierten Kamerasetup aufgenommenen Bildarray extrahiert worden sind. Das kalibrierte Kamerasetup wird an das Stereomodell StereoModelID während seines Erstellens angehängt (siehe create_stereo_model). Es ist zu beachten, dass das Stereomodell mit dem Typ *'points_3d'* erstellt werden muss, ansonsten gibt der Operator reconstruct_points_stereo einen Fehler zurück.

Die Punktkorrespondenzen werden in den Parametern Row, Column, CameraIdx und PointIdx in der Form vier gleich langer Tupel übergeben. Jede Menge (Row[I],Column[I],CameraIdx[I],PointIdx[I]) entspricht den Bildkoordinaten (Row, Column) eines 3D-Punktes (PointIdx) im Bild einer Kamera (CameraIdx).

Die rekonstruierten 3D-Punktkoordinaten werden in den drei gleich langen Ausgabetupeln X, Y und Z zurückgegeben. Die Koordinaten sind im Koordinatensystems des am Stereomodell angehängten Kamerasetups definiert (siehe create_camera_setup_model). Das Tupel PointIdxOut enthält die entsprechenden Punktindizes.

Der Rekonstruktionsalgorithmus funktioniert wie folgt: Erst werden die Punktkorrespondenzen eines 3D-Punkts gesucht, indem alle Eingabemengen mit demselben `PointIdx` aufgesammelt werden. Danach werden die Informationen `Row`, `Column`, und `CameraIdx` von den angesammelten Mengen benutzt, um Sichtlinien von der jeweiligen Kamera durch den entsprechenden Bildpunkt `[Row,Column]` zu projizieren. Wenn 2 oder mehr Sichtlinien für einen Punkt `PointIdx` gefunden werden, werden diese alle in der Welt geschnitten und der Schnittpunkt als Ausgabemenge `(X[J],Y[J],Z[J],PointIdxOut[J])` gespeichert. Der Schnittpunkt wird durch die Methode der kleinsten Quadrate berechnet, ohne potenzielle falsche Sichtlinien zu suchen und sie zu unterdrücken (z.B. wenn ein Bildpunkt fälschlicherweise einem 3D-Punkt zugeordnet wird).

Zur Berechnung der Kovarianzmatrizen der rekonstruierten 3D-Punkte müssen statistische Informationen über die extrahierten Bildkoordinaten (d.h. Kovarianzmatrizen der Bildpunkte; siehe z.B. `points_foerstner`) verfügbar sein und in dem Parameter `CovIP` übergeben werden. Falls jedoch keine Kovarianzmatrizen für die rekonstruierten 3D-Punkte benötigt werden oder keine Kovarianzmatrizen für die Bildpunkte verfügbar sind, kann ein leeres Tupel an `CovIP` übergeben werden. Somit wird dann keine Kovarianzmatrix für die 3D Punkte berechnet.

Die Kovarianzmatrix eines Bildpunktes ist:

$$\texttt{CovIP} = \begin{bmatrix} (sigma_r)^2 & sigma_rc \\ sigma_rc & (sigma_c)^2 \end{bmatrix}$$

Die Kovarianzmatrizen sind symmetrische `2x2` Matrizen, bei denen die Einträge der Hauptdiagonalen die Varianz der Bildpunkte in Zeilenrichtung bzw. Spaltenrichtung repräsentieren. Für jeden Bildpunkt muss im Parameter `CovIP` eine Kovarianzmatrix in Form eines Tupels mit 4 Elementen übergeben werden:

$$[(sigma_r)^2, sigma_rc, sigma_rc, (sigma_c)^2].$$

Somit ist `|CovIP|=4*|Row|` und `CovIP[I*4:I*4+3]` sind die 4 Kovarianzmatrixwerte des `I`. Bildpunktes.

Die berechnete Kovarianzmatrix für einen erfolgreich rekonstruierten 3D-Punkt ist durch eine symmetrische `3x3` Matrix definiert:

$$\texttt{CovWP} = \begin{bmatrix} (sigma_x)^2 & sigma_xy & sigma_xz \\ sigma_yx & (sigma_y)^2 & sigma_yz \\ sigma_zx & sigma_zy & (sigma_z)^2 \end{bmatrix}$$

Die Einträge der Hauptdiagonalen repräsentieren die Varianzen der rekonstruierten 3D-Punkte in Richtung der x-, y- und z-Achse. Die berechneten Matrizen werden im Parameter `CovWP` in Form von Tupeln, bestehend aus 9 Elementen, zurückgegeben:

$$[(sigma_x)^2, sigma_xy, sigma_xz, sigma_yx, (sigma_y)^2, sigma_yz, sigma_zx, sigma_zy, (sigma_z)^2].$$

Somit ist `|CovWP|=9*|X|` und `CovWP[J*9:J*9+8]` sind die 9 Kovarianzmatrixwerte des `J`. 3D-Punktes. Es ist zu beachten, dass, wenn der an dem Stereomodell angehängte Kamerasetup Kovarianzmatrizen für die internen Kameraparameter enthält, diese in der Berechnung der `CovWP` auch miteinbezogen werden.

Wenn im Stereomodell ein gültiger kleinster umschließender Quader definiert ist (siehe `set_stereo_model_param`), werden Ausgabe-3D-Punkte außerhalb des Quaders ausgeschnitten. Ist der Quader ungültig, wird er nicht berücksichtigt und alle Punkten zurückgegeben, die gefunden werden könnten.

Parameter

- ▷ **`StereoModelID`** (input_control) . . . . . stereo_model ⇝ *handle*
  Handle des Stereomodells.
- ▷ **`Row`** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinaten der extrahierten Bildmerkmale.
- ▷ **`Column`** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinaten der extrahierten Bildmerkmale.
- ▷ **`CovIP`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Kovarianzmatrizen der extrahierten Bildmerkmale.
  Default: []

▷ **CameraIdx** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Kameraindizes der Kameras, in welchen die Bildmerkmale extrahiert worden sind.
Wertevorschläge: `CameraIdx` ∈ {0, 1, 2}

▷ **PointIdx** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Zuordnung der extrahierten Bildmerkmale zu den beobachteten 3D-Punkten.
Wertevorschläge: `PointIdx` ∈ {0, 1, 2}

▷ **X** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
X-Koordinaten der rekonstruierten 3D-Punkte.

▷ **Y** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Y-Koordinaten der rekonstruierten 3D-Punkte.

▷ **Z** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Z-Koordinaten der rekonstruierten 3D-Punkte.

▷ **CovWP** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Kovarianzmatrizen der rekonstruierten 3D-Punkte.

▷ **PointIdxOut** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer*
Indizes der rekonstruierten 3D-Punkte.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`reconstruct_surface_stereo`, `intersect_lines_of_sight`

Modul

3D Metrology

reconstruct_surface_stereo (
`Images : : StereoModelID : ObjectModel3D`)

Oberflächenrekonstruktion mit kalibriertem Mehrbild-Stereoaufbau.

Der Operator `reconstruct_surface_stereo` rekonstruiert eine Oberfläche aus den Bildern `Images`, welche vom am Stereomodell `StereoModelID` angehängten kalibrierten Kamerasetup aufgenommen worden sind. Die rekonstruierte Oberfläche wird im HALCON-3D-Objektmodell `ObjectModel3D` zurückgegeben.

Vorbereitung und Voraussetzungen

Die Zusammenfassung der notwendigen Vorbereitungsschritte:

1. Kalibriertes Kamerasetup erstellen oder einlesen (mit `calibrate_cameras` kann beispielsweise ein Mehrkamerasystem kalibriert, mit `create_camera_setup_model` erstellt und konfiguriert werden).
2. Stereomodell mit `create_stereo_model` unter Angabe der Methode `Method`=*'surface_pairwise'* oder *'surface_fusion'* erstellen (siehe 'Rekonstruktionsalgorithmus').
3. Parameter für die Bildrektifizierung mit `set_stereo_model_param` setzen und anschließend die Bildpaare mit `set_stereo_model_image_pairs` auswählen.
4. Umschließenden Quader mit `set_stereo_model_param` konfigurieren (`GenParamName`=*'bounding_box'*).
5. Stereomodellparameter für paarweise Rekonstruktion mit `set_stereo_model_param` konfigurieren.
6. Für Modelle mit `Method`=*'surface_fusion'* die Parameter für den Fusionsalgorithmus mit `set_stereo_model_param` konfigurieren.
7. Bilder mit dem kalibrierten Kamerasetup aufnehmen und ins Bildarray `Images` packen.
8. Oberflächenrekonstruktion mit `reconstruct_surface_stereo` durchführen.
9. Zwischenergebnisse mit `get_stereo_model_object` und `get_stereo_model_object_model_3d` abfragen und analysieren.

10. Nachjustieren der Stereomodellparameter für Verbesserungen in Qualität und Laufzeit mit set_stereo_model_param.

Ein **Kamerasetupmodell** wird dem Stereomodell StereoModelID bei seinem Erstellen mit create_stereo_model angehängt. Das Kamerasetup muss *kalibrierte Information* über die Kameras enthalten, mit denen die Bilder in dem Bildarray Images aufgenommen worden sind: Das I. Bild des Arrays entspricht der Kamera mit Index I-1 des Kamerasetups; die Anzahl der Bilder muss mit der Anzahl von Kameras im Setup übereinstimmen. Die Bilder in Images müssen eine statische Szene darstellen oder alle gleichzeitig aufgenommen werden, ansonsten kann sich die Oberflächenrekonstruktion als unmöglich erweisen.

Ein gut kalibriertes Kamerasetup ist die wichtigste Voraussetzung für eine präzise Oberflächenrekonstruktion. Die Kamerakalibrierung für ein Mehrkamerasetup muss daher besonders sorgfältig durchgeführt werden. HALCON bietet Kalibrierung von Mehrkamerasystemen mit dem Operator calibrate_cameras an. Das resultierende kalibrierte Kamerasetup kann mit einem nachfolgenden Aufruf von get_calib_data gelesen werden. Sollten Kameraparameter und -posen über einen anderen Weg gewonnen worden sein, so kann alternativ ein Kamerasetup mit dem Operator create_camera_setup_model erstellt werden.

Ein gut ausgewählter Satz von **Bildpaaren** (siehe set_stereo_model_image_pairs) spielt eine wichtige Rolle für die allgemeine Qualität der Rekonstruktion. Einerseits werden Kamerapaare mit kleinerem Abstand zueinander bevorzugt, weil sie sich besser für binokulare Disparitätsalgorithmen eignen. Andererseits können mit Hilfe von Kamerapaaren mit größerem Abstand zueinander genauere Tiefeninformationen aus der Szene abgeleitet werden. Kamerapaare sollten möglichst unterschiedliche Blickwinkel der Szene liefern, sodass, wenn ein Paar einen bestimmten Bereich der Oberfläche nicht *sieht*, dieser von einem anderen Paar *abgedeckt* wird. Es ist außerdem zu beachten, dass die Laufzeit der paarweisen Rekonstruktion linear abhängig von der Anzahl der Bildpaare ist. Man soll deswegen so viele Bildpaare wie nötig und so wenig wie möglich auswählen, um einen Kompromiss zwischen Vollständigkeit der Oberfläche und Laufzeit des Operators finden zu können.

Dem Stereomodell wird ein **umschließender Quader** zugeordnet; ein gültiger Quader ist eine wichtige Voraussetzung für die Oberflächenrekonstruktion (siehe set_stereo_model_param für weitere Informationen). Der Rekonstruktionsalgorithmus braucht den umschließenden Quader aus drei Gründen:

- Erstens, falls die Werte für die Parameter *'min_disparity'* und *'max_disparity'* nicht über die Operatoren create_stereo_model oder set_stereo_model_param gesetzt wurden, wird die Projektion des Quaders in jedes Bild eines Bildpaares berechnet, um die Werte für die Parameter MinDisparity und MaxDisparity des internen Aufrufs von binocular_disparity bzw. binocular_disparity_ms zu schätzen. Für den Fall, dass als Methode binocular_disparity_mg ausgewählt wurde, wird aus den Disparitätswerten eine geeignete Schätzung für die Parameter InitialGuess und *'initial_level'* abgeleitet. Die automatische Schätzung wird für diese Methode nur dann verwendet, wenn sie mit den Standardwerten für diese beiden Parameter aufgerufen wird. Andernfalls werden die Werte benutzt, die der Nutzer mit set_stereo_model_param gesetzt hat.
- Zweitens werden die standardmäßig gesetzten Werte für die Parameter der Fusionsmethode basierend auf dem umschließenden Quader berechnet. Sie werden bei einer Anpassung des umschließenden Quaders ebenfalls umgesetzt. Des Weiteren sollte der umschließende Quader sehr eng um das zu rekonstruierende Objekt gesetzt werden, um eine unnötige und oft sehr deutliche Erhöhung der Laufzeit zu vermeiden.
- Drittens werden Oberflächenfragmente, welche außerhalb des Quaders liegen, am Ende des Algorithmus von der Rekonstruktion herausgeschnitten. Ein viel zu großer Quader kann dazu führen, dass MinDisparity und MaxDisparity zu weit voneinander geschätzt werden, und damit den internen Aufruf von binocular_disparity, binocular_disparity_ms bzw. binocular_disparity_mg und demzufolge von reconstruct_surface_stereo verlangsamen. Ein viel zu kleiner Quader kann dazu führen, dass auch erwünschte Punkte aus der Rekonstruktion herausgeschnitten werden.

Der Algorithmus wird versuchen, eine geschlossene Oberfläche zu rekonstruieren. Falls das Objekt nur von einer Seite aus betrachtet und rekonstruiert wird, legt normalerweise das entgegengesetzte Ende des umschließenden Quaders fest, wo das rekonstruierte Objekt abgeschnitten wird.

Die **Stereomodellparameter** der paarweisen Rekonstruktion vor den Fusionsparametern gut zu setzen ist essentiell, da die paarweise Rekonstruktion des Objekts als Input für den Fusionsalgorithmus dient. Die Parameter werden bei set_stereo_model_param genau beschrieben. Großen Einfluss hat die Wahl der *'disparity_method'*. Die Objekte in der beobachteten Szene sollen auch bestimmte Oberflächeneigenschaften aufweisen, um die Rekonstruktion zu ermöglichen. Erstens soll die Oberfläche Lambertsche Eigenschaften aufweisen, d.h. die Beleuchtung

der Oberfläche erscheint konstant unabhängig vom Blickwinkel. Zweitens sollte die Oberfläche ein ausreichendes Muster aufweisen, das möglichst keine wiederholenden Fragmente hat.

get_stereo_model_object liefert **Zwischenergebnisse** der Rekonstruktion, wie rektifizierte, Disparitäts- und Scorebilder. get_stereo_model_object_model_3d kann für Modelle mit Method='surface_fusion' benutzt werden, um das Ergebnis der paarweisen Rekonstruktion anzuzeigen. Der Absatz "Problembehandlung bei der Konfiguration des Stereomodells"erklärt, wie die Zwischenergebnisse benutzt werden können.

Rekonstruktionsalgorithmus

Der Operator reconstruct_surface_stereo führt mehrere paarweise Stereorekonstruktionen durch und fügt die Ergebnisse anschließend zusammen. Die Bildpaare dieser paarweisen Rekonstruktion sind in StereoModelID als Kamerapaare des zugehörigen kalibrierten Kamerasetups gesetzt.

Für jedes Bildpaar werden die Bilder zunächst rektifiziert, bevor intern einer der Operatoren binocular_disparity, binocular_disparity_mg oder binocular_disparity_ms aufgerufen wird. Die Disparitätsinformation wird weiter durch einen internen Aufruf von disparity_image_to_xyz in Punkte im Koordinatensystem der from-Kamera umgewandelt. Im nächsten Schritt werden die Punkte in das allgemeine Koordinatensystem des an StereoModelID angehängten Kamerasetups transformiert und in einer Punktwolke zusammen mit den rekonstruierten Punkten aus den anderen Bildpaaren gespeichert.

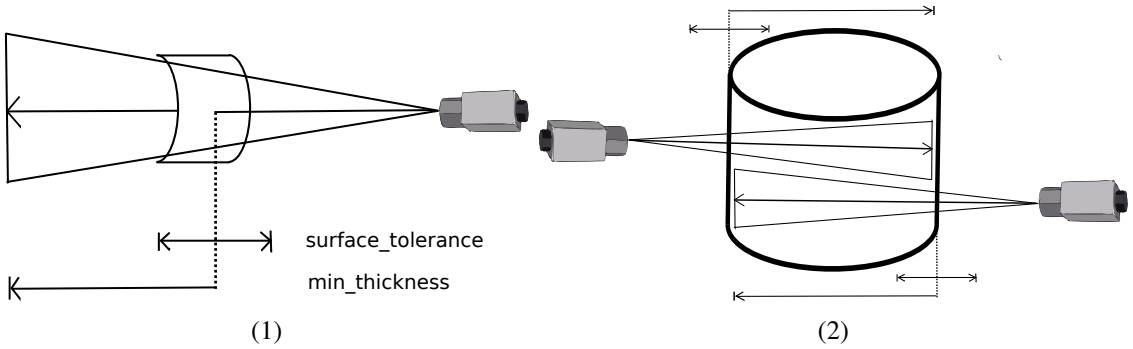
'surface_pairwise' Falls für das Stereomodell der Typ *'surface_pairwise'* gewählt wurde (siehe create_stereo_model), wird die so erhaltene Punktwolke direkt in ObjectModel3D zurückgegeben. Für jeden Punkt wird der Normalenvektor durch das Legen einer ausgleichenden Ebene durch die benachbarten 3D-Punkte berechnet. Im Gegensatz zu surface_normals_object_model_3d werden die benachbarten Punkte aber nicht in 3D, sondern einfach in 2D bestimmt, indem die in den X-, Y- und Z-Koordinatenbildern benachbarten Punkte verwendet werden. Der Normalenvektor jedes 3D-Punktes wird nun auf den Normalenvektor der entsprechenden Ebene gesetzt. Für jeden rekonstruierten 3D-Punkt wird das Qualitätsmaß seiner Disparität als erweitertes Attribut mit abgespeichert. Zusätzlich dazu ist ein Subsampling der transformierten Koordinatenbilder möglich. Wenn nur ein Bildpaar bearbeitet wird und keine Punktvermaschung stattfindet, speichert reconstruct_surface_stereo das Attribut 'xyz_mapping' im ObjectModel3D. Dieses Attribut liefert die Zuordnung einzelner rekonstruierter 3D-Punkte zu den Bildkoordinaten des ersten Bildes aus dem Paar und ist eine Voraussetzung, um Operatoren wie segment_object_model_3d oder object_model_3d_to_xyz (mit Type='from_xyz_map') aufzurufen. Es ist zu beachten, dass, wenn mehrere Bildpaare bearbeitet werden, das Attribut nicht mehr mitgeliefert wird. Dies liegt daran, dass einzelne 3D-Punkte aus unterschiedlichen Bildpaaren stammen. Damit ist die Zuordnung zu allgemeinen Bildkoordinaten nicht mehr möglich. Ob das Attribut im Objekt gespeichert wurde, kann mit get_object_model_3d_params mit GenParamName='has_xyz_mapping' abgefragt werden.

Die rekonstruierte Punktwolke ObjectModel3D kann in einem Nachverarbeitungsschritt vermascht werden. Für Stereomodelle vom Typ *'surface_pairwise'* wird nur der Poisson-basierte Vermaschungsalgorithmus unterstützt, der sich durch ein Setzen des Parameters *'point_meshing'* auf den Wert *'poisson'* einschalten lässt. Dieser Algorithmus generiert eine sogenannte wasserdichte Vermaschung, d.h. auch Regionen, welche keine Punktinformation enthalten, werden von der Vermaschung bedeckt.

'surface_fusion' Falls für das Stereomodell der Typ *'surface_fusion'* gewählt wurde, wird die resultierende Punktwolke der paarweisen Rekonstruktion noch weiter verarbeitet. Ziel ist es, eine möglichst glatte und trotzdem formtreue Oberfläche zu erhalten. Dazu wird der umschließende Quader gesampelt und jedem Sample-Punkt ein Distanzwert zu einer sogenannten Isosurface (bestehend aus Punkten mit Distanzwert 0) zugewiesen. Die endgültigen Distanzwerte (und somit die Isosurface) erhält man durch Minimierung einer Fehlerfunktion basierend auf den paarweise rekonstruierten Punkten. Dadurch erreicht man eine Fusion der paarweisen Einzel-Rekonstruktionen (siehe das an zweiter Stelle der Referenzen erwähnte Paper).

Die Berechnung der Isosurface kann in set_stereo_model_param mit den Parametern *'resolution'*, *'surface_tolerance'*, *'min_thickness'* und *'smoothing'* beeinflusst werden. Der Abstand zwischen Abtastpunkten im umschließenden Quader (in jeder Koordinatenrichtung) wird mit dem Parameter *'resolution'* eingestellt. Der Parameter *'smoothing'* reguliert die 'Unruhe' der Distanzfunktion, indem er die zwei Terme der Fehlerfunktion zueinander gewichtet: Datentreue gegenüber der ursprünglichen Punktwolke aus der paarweisen Rekonstruktion einerseits und Totalvariation der Distanzfunktion andererseits. Der gewünschte Wert des Parameters für einen bestimmten Datensatz muss durch Ausprobieren gefunden werden. Zu kleine Werte für diesen Parameter führen dazu, dass die Oberfläche viele Ausreißer enthält. Dies ist sogar dann der Fall, wenn die Oberfläche deswegen große Sprünge aufweist. Zu große Werte hingegen führen dazu, dass der Algorithmus sich nicht mehr auf die Eingangspunktwolke, welche durch die paarweise Rekonstruktion

erstellt wurde, stützt. Datentreue gegenüber der ursprünglichen Oberfläche aus der paarweisen Rekonstruktion wird nicht im gesamten umschließenden Quader betrachtet, sondern nur in Sichtkegeln von den Kameras zur paarweise rekonstruierten Oberfläche. Ein Abtastpunkt in einem solchen Kegel wird als sicher außerhalb des Objekts (vor der Oberfläche) oder sicher innerhalb des Objekts (hinter der Oberfläche) angesehen bezüglich dieser Kamera, wenn sein Abstand zur ursprünglichen Oberfläche einen bestimmten Wert übersteigt, der durch den Parameter *'surface_tolerance'* gesetzt werden kann. Die Länge des zu berücksichtigenden Sichtkegels einer Kamera hinter der mit der paarweisen Rekonstruktion erstellten Oberfläche kann durch den Parameter *'min_thickness'* gesetzt werden (siehe auch `set_stereo_model_param`). *'min_thickness'* darf nicht kleiner als *'surface_tolerance'* werden.



Die Parameter *'surface_tolerance'* und *'min_thickness'* regulieren die Datentreue gegenüber der ursprünglichen Punktwolke aus der paarweisen Rekonstruktion. Punkte im Sichtkegel einer Kamera werden als sicher außerhalb des Objekts (vor der Oberfläche) oder sicher innerhalb des Objekts (hinter der Oberfläche) angesehen bezüglich dieser Kamera, wenn ihr Abstand zur ursprünglichen Oberfläche *'surface_tolerance'* übersteigt. Punkte hinter der Oberfläche (von der gegebenen Kamera aus gesehen) werden nur als sicher innerhalb des Objekts angesehen, wenn ihr Abstand zur ursprünglichen Oberfläche *'min_thickness'* nicht übersteigt.

Die Punkte des in `ObjectModel3D` zurückgegebenen Objektmodells werden auf der Isofläche extrahiert, auf der die Distanzfunktion Null ist. Die Normalen werden aus dem Gradienten der Distanzfunktion berechnet. Für die Methode *'surface_fusion'* müssen zwar mehr Parameter eingestellt werden als für rein paarweise Rekonstruktion, die Nachbearbeitung der erzeugten Punktwolke wird aber meist stark vereinfacht. Besonders Ausreißerunterdrückung, Glättung, gleichmäßiges Subsampling und Füllen von Löchern kann mit dieser Methode in hoher Qualität erreicht werden. Dasselbe gilt für die mögliche Vermaschung der rekonstruierten Punktwolke, siehe den nächsten Absatz. Zu beachten ist auch, dass der Algorithmus versuchen wird, eine geschlossene Oberfläche zu rekonstruieren. Falls das Objekt nur von einer Seite aus betrachtet und rekonstruiert wird, legt normalerweise das entgegengesetzte Ende des umschließenden Quaders fest, wo das rekonstruierte Objekt abgeschnitten wird. Die Methode *'surface_fusion'* kann deutlich langsamer als einfache paarweise Rekonstruktion sein, was vor allem vom Parameter *'resolution'* beeinflusst wird.

Die rekonstruierte Punktwolke `ObjectModel3D` kann in einem Nachverarbeitungsschritt vermascht werden. Für Stereomodelle vom Typ *'surface_fusion'* wird der Algorithmus 'marching tetrahedra' verwendet, welcher durch ein Setzen des erwähnten Parameters auf den Wert *'isosurface'* aktiviert wird. Dabei ist zu beachten, dass das Objektmodell in `ObjectModel3D` bei eingeschalteter Vermaschung mehr Punkte aufweist also ohne diese Option. Dies ist auch bei gleichbleibender Auflösung der Fall.

Texturierung der Punktwolke

Es ist möglich, das mit `reconstruct_surface_stereo` rekonstruierte 3D-Objektmodell mit Farbinformationen aus den Eingabebildern zu versehen. Die Berechnung der Farbinformation erfolgt mit der in `set_stereo_model_param` gewählten Methode (siehe dortige Auflistung). Jeder 3D-Punkt erhält einen Farbwert bestehend aus einem Rot-, Grün-, und Blaukanal, die im ausgegebenen 3D-Objektmodell `ObjectModel3D` als Attribute mit den Namen *'red'*, *'green'* und *'blue'* gespeichert werden. Diese Attribute können zum Beispiel in der Prozedur `visualize_object_model_3d` mit `GenParamName` = *'red_channel_attrib'*, *'green_channel_attrib'* und *'blue_channel_attrib'* benützt werden. Die Attribute können auch mittels `get_object_model_3d_params` abgerufen werden oder mittels `select_points_object_model_3d` oder anderen Operatoren, die erweiterte Attribute verwenden, weiterverarbeitet werden. Für den Fall, dass zur Rekonstruktion Grauwertbilder verwendet werden, so wird der Farbwert in den drei Kanälen auf denselben Wert gesetzt. Falls Mehrkanalbilder verwendet werden, so wird für die Rekonstruktion des 3D-Objektmodells lediglich der erste Kanal verwendet. Die verbleibenden Kanäle werden ausschließlich zur Bestimmung der Farbinformation verwendet.

Falls bei der Rekonstruktion ein Stereomodell vom Typ *'surface_fusion'* verwendet wurde, so werden Punkte rekonstruiert, die keine direkte Korrespondenz zu Punkten im Bild haben. Diese Punkte sind somit unsichtbar, da sie von keiner Kamera aus gesehen werden. Diese 3D-Punkte erhalten ebenfalls Farbinformationen, indem ihnen der Farbwert ihres nächsten sichtbaren Nachbarn zugewiesen wird. Im Normalfall ist diese Berechnung nicht sehr zeitaufwändig und kann aktiviert bleiben. Es kann jedoch passieren, dass der Wert für den Parameter *'resolution'* viel zu fein für die vorliegende Bildauflösung eingestellt wurde. Dadurch werden sehr viele unsichtbare 3D-Punkte rekonstruiert. Dies führt dann zu einer sehr zeitaufwändigen Nachbarschaftssuche und damit zu einer stark erhöhten Laufzeit. In diesen Fällen sollte entweder der Parameters *'resolution'* angepasst werden oder die Bestimmung der Farbwerte für unsichtbare Punkte deaktiviert werden. Dies lässt sich realisieren, indem man den Wert des Parameters *'color_invisible'* über einen Aufruf von `set_stereo_model_param` auf *'false'* setzt. In diesem Fall werden die Farbwerte von unsichtbaren Punkten auf 255 gesetzt.

Problembehandlung bei der Konfiguration des Stereomodells

Eine richtige Vorbereitung eines Stereomodells ist nicht immer einfach. Bitte halten Sie sich an obenstehenden Ablauf. Wenn die Rekonstruktionsergebnisse nicht befriedigend sind, können die folgenden Verbesserungsmaßnahmen versucht werden:

persistence-Modus einschalten Wenn der *'persistence'*-Modus des Stereomodells eingeschaltet ist (Aufruf von `set_stereo_model_param` mit `GenParamName`=*'persistence'*), speichert der nachfolgende Aufruf von `reconstruct_surface_stereo` ikonische Zwischenergebnisse, welche zusätzliche Informationen zur Verfügung stellen. Diese Zwischenergebnisse können mit `get_stereo_model_object` und `get_stereo_model_object_model_3d` abgefragt werden.

Die Qualität der Kamerakalibrierung testen

- Wenn das Kamerasetup mit `calibrate_cameras` kalibriert worden ist, speichert dieser Operator auch Qualitätsinformationen, z.B. in Form von Standardabweichungen im Kamerasetupmodell ab. Das dem Stereomodell angehängte Kamerasetupmodell kann mit dem Operator `get_stereo_model_param` und `GenParamName`=*'camera_setup_model'* abgefragt werden, die Kameraparameter-Standardabweichungen danach mit dem Operator `get_camera_setup_param`. Ungewöhnlich hohe Werte der Standardabweichungen können auf eine schlechte Kamerakalibrierung hindeuten.
- Mit eingeschaltetem *'persistence'*-Modus lassen sich die rektifizierten Bilder jedes Bildpaares inspizieren. Sie werden vom Operator `get_stereo_model_object` mit dem entsprechenden Kameraindexpaar `[From, To]` im Parameter `PairIndex` und *'from_image_rect'* bzw. *'to_image_rect'* im `ObjectName` zurückgegeben. Die Bilder deuten auf eine gute Rektifizierung hin, wenn alle markanten Objektmerkmale in derselben Zeile beider Bilder erscheinen. Auch eine Diskrepanz in der Größenordnung von nur einigen Zeilen ist ein klarer Hinweis dafür, dass die Kalibrierung nicht optimal ist.

Den umschließenden Quader überprüfen Der umschließende Quader sollte sehr eng um das zu rekonstruierende Objekt bzw. das relevante Volumen gesetzt sein. Falls die Parameter *'min_disparity'* und *'max_disparity'* nicht über `create_stereo_model` oder `set_stereo_model_param` manuell gesetzt wurden, benutzt der Algorithmus die Projektion des Quaders in jedes Bild jedes Bildpaares, um die Werte für die Parameter `MinDisparity` und `MaxDisparity` des internen Aufrufs von `binocular_disparity` bzw. `binocular_disparity_ms` zu schätzen. Die Disparitätswerte können mit `get_stereo_model_param` abgefragt werden und anschließend gegebenenfalls mit `set_stereo_model_param` angepasst werden, wodurch der kleinste umschließende Quader dann nur noch dafür verwendet wird, um die rekonstruierten 3D Punkte einzuschränken. Für den Fall, dass als Methode `binocular_disparity_mg` ausgewählt wurde, wird aus den berechneten Werten eine geeignete Schätzung für die Parameter `InitialGuess` und *'initial_level'* abgeleitet. Diese können mit `set_stereo_model_param` aber auch überschrieben werden.

Die Qualität der Disparitätsbilder verbessern Mit eingeschaltetem *'persistence'*-Modus lassen sich das Disparitäts- und das Maßbild jedes Bildpaares inspizieren. Sie werden vom Operator `get_stereo_model_object` mit dem entsprechenden Kameraindexpaar `[From, To]` im Parameter `PairIndex` und *'disparity_image'* bzw. *'score_image'* im `ObjectName` zurückgegeben. Wenn beide Bilder erhebliche Mängel aufweisen (z.B. die tatsächliche Form der aufgenommenen Oberfläche lässt sich im Disparitätsbild gar nicht erkennen), müssen die Parameter, die den internen Aufruf des `binocular_disparity` steuern (d.h. alle Stereomodellparameter, die mit dem Präfix *'binocular_'* beginnen; siehe `set_stereo_model_param`), angepasst werden, bis eine Verbesserung erreicht wird.

Eine Alternative dazu stellt die Wahl einer alternativen Methode zur Berechnung der Disparitäten dar. HALCON stellt dabei neben dem bereits erwähnten internen Aufruf von `binocular_disparity` auch die die

beiden anderen Methoden binocular_disparity_mg und binocular_disparity_ms zur Verfügung. Diese Verfahren zeichnen sich beispielsweise durch eine Berechnung von Disparitäten in texturlosen Bereichen aus, sind aber in den meisten Fällen etwas langsamer als die auf Kreuzkorrelation basierende Methode. Allerdings kann es auch für diese beiden Verfahren nötig sein, eine an die Anwendung spezifische Anpassung der Parameter vorzunehmen. Je nach gewähltem Verfahren kann der Nutzer die Parameter mit dem Präfix *'binocular_mg_'* bzw. *'binocular_ms_'* setzen, bis eine Verbesserung erzielt wurde. Eine ausführliche Beschreibung der Methoden und ihrer Parameter findet sich in binocular_disparity bzw. binocular_disparity_mg oder binocular_disparity_ms.

Fusionsparameter Wenn das mit get_stereo_model_object_model_3d inspizierte Ergebnis der paarweisen Rekonstruktion nicht weiter verbessert werden kann, kann begonnen werden, die Fusionsparameter anzupassen. Für ihre Beschreibung siehe auch set_stereo_model_param. In manchen Fällen ist die paarweise Rekonstruktion des Objekts kaum erkennbar, kann aber vom Fusionsalgorithmus noch zu einem vernünftigen Ergebnis verarbeitet werden. In jedem Fall sollte die paarweise Rekonstruktion genug Punkte als Input für die Fusion erzeugen.

Laufzeit

Um die Laufzeit zu verbessern, können die folgenden Verbesserungsmaßnahmen ausprobiert werden:

Größe des umschließenden Quaders Der umschließende Quader sollte sehr eng um das zu rekonstruierende Objekt bzw. das relevante Volumen gesetzt sein. Andernfalls wird die Laufzeit unnötig und - für die Methode *'surface_fusion'* - drastisch erhöht.

Verkleinern des Definitionsbereichs der Eingabebilder Das Verkleinern des Definitionsbereichs der Eingabebilder (z.B mit reduce_domain) auf den für die Rekonstruktion relevanten Bereich kann den Algorithmus, vor allem für große Bilder, deutlich beschleunigen.

Abtastfaktor im Rektifikationsschritt Der Stereomodellparameter *'rectif_sub_sampling'* (siehe set_stereo_model_param) steuert den Abtastfaktor im Rektifikationsschritt. Ein Faktor > 1.0 mindert die Auflösung der rektifizierten Bilder im Vergleich zu den originalen Bildern. Damit wird der nachfolgende interne Aufruf der ausgewählten Disparitätsmethode wesentlich beschleunigt; allerdings sinkt die Bild- bzw. Rekonstruktionsauflösung. Der Parameter *'rectif_interpolation'* kann auch eine Rolle bezüglich der Geschwindigkeit im Rekonstruktionsschritt spielen, ist dabei aber eher weniger wichtig.

Disparitätsparameter Das Ziel ist ein Kompromiss zwischen der Vollständigkeit der Oberflächenrekonstruktion und der Laufzeit. Im Stereomodell können drei verschiedene Methoden zur Berechnung der Disparitätsbilder gesetzt werden. Je nachdem, welche dieser Methoden ausgewählt wurde, steht dem Stereomodell ein spezieller Parametersatz zur Verfügung, der ein präzises Anpassen der Methode an den verwendeten Datensatz ermöglicht. Ist die Methode binocular_disparity gewählt, so können nur die Parameter, deren Name mit dem Präfix *'binocular_'* beginnen, gesetzt werden. Für die Methode binocular_disparity_mg müssen die Parameter mit dem Präfix *'binocular_mg_'* und für die Methode binocular_disparity_ms die Parameter mit dem Präfix *'binocular_ms_'* verwendet werden.

Parameter bei Verwendung von binocular_disparity:

- NumLevels
- MaskWidth
- MaskHeight
- Filter
- SubDisparity

Jeder dieser Parameter von binocular_disparity hat einen entsprechenden Stereomodellparameter, dessen Name in „snake case“-Notation geschrieben wird und mit dem Präfix *'binocular_'* beginnt. Diese Parameter haben auch Einfluss auf die Laufzeit. Daher kann ein richtiges Anpassen dieser Parameter die Laufzeit des Operators verbessern.

Parameter bei Verwendung von binocular_disparity_mg:

- GrayConstancy
- GradientConstancy
- Smoothness
- InitialGuess
- *'mg_solver'*

- *'mg_cycle_type'*
- *'mg_pre_relax'*
- *'mg_post_relax'*
- *'initial_level'*
- *'iterations'*
- *'pyramid_factor'*

Jeder dieser Parameter von `binocular_disparity_mg` hat einen entsprechenden Stereomodellparameter, dessen Name in „snake case"-Notation geschrieben wird und Präfix *'binocular_mg_'* beginnt. Diese Parameter haben neben einer Auswirkung auf das Ergebnis auch Einfluss auf die Laufzeit. Daher kann eine richtige Anpassung dieser Parameter die Laufzeit des Operators beeinflussen.

Parameter bei Verwendung von `binocular_disparity_ms`:

- `SurfaceSmoothing`
- `EdgeSmoothing`
- *'consistency_check'*
- *'similarity_measure'*
- *'sub_disparity'*

Jeder dieser Parameter von `binocular_disparity_ms` hat einen entsprechenden Stereomodellparameter, dessen Name „snake case"-Notation geschrieben wird und mit dem Präfix *'binocular_ms_'* beginnt. Diese Parameter haben neben einer Auswirkung auf das Ergebnis auch Einfluss auf die Laufzeit. Daher kann eine richtige Anpassung dieser Parameter die Laufzeit des Operators beeinflussen.

Rekonstruktion von Punkten mit gutem Qualitätsmaß Neben der Anpassung des Abtastschrittes ist es auch möglich, Punkte aufgrund ihres berechneten Qualitätsmaßes von der 3D-Rekonstruktion auszuschließen. Dazu sollten zuerst mit Hilfe eines Aufrufs von `get_stereo_model_object` unter Verwendung von `GenParamName` = *'score_image'* die Maßbilder für die Disparitätswerte abgefragt werden. Der Nutzer kann anhand der Verteilung dieser Werte nun entscheiden, ob Disparitäten unterhalb einer bestimmten Schwelle von der Rekonstruktion ausgeschlossen werden sollen. Dies lässt sich über das Setzen des Parameters `GenParamName` = *'binocular_score_thresh'* im Operator `set_stereo_model_param` bewerkstelligen. Wenn Punkte aufgrund ihres Qualitätsmaßes von der Rekonstruktion ausgeschlossen werden, kann die Laufzeit leicht verbessert werden, da nicht mehr der komplette Datensatz weiterverarbeitet werden muss. Da, wie eingangs erwähnt, für jeden 3D-Punkt das berechnete Qualitätsmaß als zugehöriges Punktattribut mit abgespeichert wird, können auch nach dem Aufruf von `reconstruct_surface_stereo` noch Punkte aufgrund ihres Qualitätsmaßes von der Punktwolke entfernt werden. Dies hat den Vorteil, dass ein erneutes Aufrufen von `reconstruct_surface_stereo` nicht nötig ist. Allerdings muss die Punktwolke während der Rekonstruktion im Gesamten berechnet werden, was eine höhere Laufzeit zur Folge hat.

Abtastschritt der X-,Y-,Z-Daten Für die Methode *'surface_pairwise'* kann ein größerer Abtastschritt der X-,Y-,Z-Daten im letzten Rekonstruktionsschritt verwendet werden, indem `GenParamName`=*'sub_sampling_step'* mit `set_stereo_model_param` gesetzt wird. Damit werden die rekonstruierten Punktwolken deutlich dünner, was ihre Nachbearbeitung beschleunigt.

Fusionsparameter Die Methode *'surface_fusion'* kann durch Erhöhen des Parameters *'resolution'* deutlich beschleunigt werden.

Parameter

▷ **`Images`** (input_object) . . . . . singlechannelimage-array ⇝ *object :* byte
Bildarray, das von dem dem Stereomodell angehängten kalibrierten Kamerasetup aufgenommen wurden.

▷ **`StereoModelID`** (input_control) . . . . . stereo_model ⇝ *handle*
Handle des Stereomodells.

▷ **`ObjectModel3D`** (output_control) . . . . . object_model_3d ⇝ *handle*
Handle der rekonstruierten Oberfläche.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`create_stereo_model`, `get_calib_data`, `set_stereo_model_image_pairs`

Nachfolger

`get_stereo_model_object_model_3d`

Alternativen

`reconstruct_points_stereo`

Literatur

M. Kazhdan, M. Bolitho, and H. Hoppe: „Poisson Surface Reconstruction.“ Symposium on Geometry Processing (June 2006).,

C. Zach, T. Pock, and H. Bischof: „A globally optimal algorithm for robust TV-L1 range image integration.“ Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV 2007).

Modul

3D Metrology

set_stereo_model_image_pairs (: : StereoModelID, From, To :)

Definition der Bildpaare für Oberflächenrekonstruktion

Der Operator `set_stereo_model_image_pairs` speichert eine Liste von Bildpaaren ins Stereomodell `StereoModelID` des Typs *'surface_pairwise'* oder *'surface_fusion'*. Der Operator gibt einen Fehler zurück, falls er für ein Stereomodell von einem anderen Typ aufgerufen wird. Ein Stereomodell vom Typ *'surface_pairwise'* oder *'surface_fusion'* rekonstruiert Oberflächen anhand der Disparitätsbilder der definierten Bildpaare. Die Oberflächenrekonstruktion berechnet dann das Disparitätsbild vom Bild der Kamera mit dem Index `From[0]` zu den Kamera mit dem Index `To[0]`.

Die Kameraindizes müssen gültig für das dem Stereomodell angehängte Kamerasetupmodell sein (siehe `create_stereo_model`), ansonsten wird ein Fehler zurückgegeben. Falls im Modell bereits eine Liste von Bildpaaren definiert ist, wird sie durch die neue ersetzt.

Neben dem Speichern der Bildpaarliste bereitet der Operator `set_stereo_model_image_pairs` ein Paar von Rektifizierungs-Abbildungsvorschriften vor, welche danach wiederholt im Operator `reconstruct_surface_stereo` verwendet werden, um die entsprechende Bildpaare zu rektifizieren; siehe `gen_binocular_rectification_map` für weitere Information. Drei der `gen_binocular_rectification_map`-Parameter werden als Stereomodellparameter zugänglich gemacht und können mit `set_stereo_model_param` gesetzt bzw. mit `get_stereo_model_param` abgefragt werden:

'rectif_interpolation': Interpolationsmodus, entspricht dem Parameter `MapType` des Operators `gen_binocular_rectification_map`.

'rectif_sub_sampling': Abtastfaktor, entspricht dem Parameter `SubSampling` des Operators `gen_binocular_rectification_map`.

'rectif_method': Rektifizierungsmethode, entspricht dem Parameter `Method` des Operators `gen_binocular_rectification_map`.

Es ist zu beachten, dass nach Änderung eines von dieser Parameter, der Operator `set_stereo_model_image_pairs` erneut ausgeführt werden muss, damit die Änderungen eine Wirkung haben.

Die aktuelle Liste der Bildpaare kann mit dem Operator `get_stereo_model_image_pairs` abgefragt werden.

Parameter

▷ **StereoModelID** (input_control) ..... stereo_model ⇝ *handle*
Handle des Stereomodells.

▷ **From** (input_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Indizes der *from*-Kameras der Bildpaare.
Parameteranzahl: From > 0

▷ **To** (input_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Indizes der *to*-Kameras der Bildpaare.
Parameteranzahl: To == From

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- StereoModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_stereo_model`

Nachfolger

`reconstruct_surface_stereo`

Siehe auch

`set_stereo_model_param`, `get_stereo_model_image_pairs`

Modul

3D Metrology

set_stereo_model_param (: : StereoModelID, GenParamName, GenParamValue :)

Parameter eines Stereomodells setzen.

Mit dem Operator `set_stereo_model_param` können diverse Parameter im Stereomodell `StereoModelID` gesetzt werden. Dabei werden in Abhängigkeit des mit `create_stereo_model` gesetzten Typs des Stereomodells verschiedene Typen von Parametern zur Verfügung gestellt. Weiterhin ist zu beachten, dass keine spezifischen Parameter für die Methode *'points_3d'* zur Verfügung stehen.

Generische Parameter:

Je nach Auswahl im `GenParamName` können die folgenden generischen Modellparameter auf den Wert im Parameter `GenParamValue` gesetzt werden:

'bounding_box': Durch Übergabe des Tupels `[x1,y1,z1,x2,y2,z2]` können die zwei gegenüberliegenden Eckpunkte `P1=[x1,y1,z1]` bzw. `P2=[x2,y2,z2]` des kleinsten umschließenden Quaders für die Stereorekonstruktion übergeben werden. Dieser Quader ist achsenparallel im Koordinatensystem des Kamerasetups definiert (vorgegeben mit dem Handle `CameraSetupModelID` beim Erstellen des Stereomodells mit `create_stereo_model`). Der entsprechende Rekonstruktionsalgorithmus schneidet Rekonstruktionsergebnisse weg, welche außerhalb dieses Quaders liegen.

Falls der Disparitätsbereich nicht über die Operatoren `create_stereo_model` oder `set_stereo_model_param` gesetzt wurde, wird der umschließende Quader vom Operator `reconstruct_surface_stereo` benötigt, um den Disparitätsbereich einzelner Bildpaare bestimmen zu können (siehe `set_stereo_model_image_pairs` für weitere Informationen).

Weiterhin ist zu beachten, dass für Stereomodelle vom Typ *'surface_fusion'* die Werte für die Parameter beim Umsetzen des umschließenden Quaders auf den Standardwert zurückgesetzt werden.

Die Prozedur estimate_bounding_box_3d_reconstruction kann benutzt werden, um initiale Werte für den umschließenden Quader Ihrer 3D Rekonstruktion zu erhalten. Dieser umschließende Quader basiert dann auf der Pose einer Referenzkalibrierplatte und den Sichtkegeln der Kameras. Später sollte der umschließende Quader dann so eng wie möglich um das zu rekonstruierende Objekt eingestellt werden.

Außerdem können die Prozeduren gen_bounding_box_object_model_3d und gen_camera_setup_object_model_3d benutzt werden, um das Kamerasetup zu visualisieren.

Bei einem gültigen Quader liegt der Punkt P1 an der Ecke vorne links unten und der Punkt P2 hinten rechts oben; d.h. x1<x2, y1<y2 und z1<z2. Während die Oberflächenrekonstruktion (siehe reconstruct_surface_stereo) bei ungültigen Quadereinstellung abbricht und einen Fehler zurückgibt, wird der Punktrekonstruktionsalgorithmus (siehe reconstruct_points_stereo) einen ungültigen Quader einfach auslassen und wird alle Punkte rekonstruieren, die er kann. Daher kann das Abschneiden von 3D-Punkten ausgeschaltet werden, indem ein Tupel [0,0,0,0,0,-1] als kleinster umschließender Quader eingegeben wird.

Es ist zu beachten, dass *'bounding_box'* ein tupelwertiger Parameter ist und daher nicht zusammen mit anderen Parametern in einem Aufruf des Operators set_stereo_model_param gesetzt werden kann (siehe Paragraph "Bemerkung über tupelwertige Modellparameter").

Um das Einstellen des umschließenden Quaders zu erleichtern, stehen die Prozeduren gen_bounding_box_object_model_3d und gen_camera_setup_object_model_3d zur Verfügung. Mithilfe dieser Prozeduren kann man das Kamerasetup visualisieren und beispielsweise den umschließenden Quader anfänglich so einstellen, dass nur der Bereich rekonstruiert wird, in dem sich die Sichtkegel der Kameras überschneiden. Später sollte der umschließende Quader dann so eng wie möglich um das zu rekonstruierende Object eingestellt werden.

Tupelformat: [x1,y1,z1,x2,y2,z2].

'persistence': Schaltet den *'persistence'*-Modus des Stereomodells ein (GenParamValue=*1*) oder aus (GenParamValue=*0*). Im eingeschalteten Modus speichert das Modell Zwischenergebnisse des Rekonstruktionsverfahren (nur für reconstruct_surface_stereo), die im Nachhinein mit dem Operator get_stereo_model_object und get_stereo_model_object_model_3d abgefragt werden können.

Es ist zu beachten, dass das Modell in diesem Modus einen erheblichen Speicherbedarf aufweisen kann. Das kann die Leistung des Rekonstruktionsalgorithmus mindern oder sogar dazu führen, dass kein Speicher mehr angefordert werden kann. Das kann insbesondere der Fall sein bei Kamerasetups mit besonders vielen Kameras und/oder großen Bildern. Dementsprechend ist es empfehlenswert, den Modus nur zur Verifizierung der Ergebnisse einzuschalten.

Werteliste: *0*, *1*.

Default: *0*.

Parameter für die Oberflächenrekonstruktion unter Verwendung der Methoden 'surface_pairwise' und 'surface_fusion':

Je nach Auswahl in GenParamName können die folgenden Parameter der Oberflächenrekonstruktion (d.h. für Modelle des Typs *'surface_pairwise'* sowie *'surface_fusion'*) zusätzlich mit dem Parameter GenParamValue gesetzt werden:

'color': Legt fest, ob das rekonstruierte 3D-Objektmodell Farbinformationen aufweisen soll oder nicht (*'none'*). Für den Fall, dass Farbinformationen gewünscht werden, so muss zur Farbgebung eine der bereitgestellten Methoden (siehe Werteliste) ausgewählt werden. Siehe reconstruct_surface_stereo zum Zugriff auf die berechnete Farbinformation.

- *'median'* Der Farbwert eines 3D-Punktes wird über den Median der Farbwerte aller Kameras gebildet, in denen der 3D-Punkt sichtbar ist.
- *'smallest_distance'* Der Farbwert eines 3D-Punktes entspricht dem Farbwert der Kamera, die die kürzeste Distanz zu diesem Punkt aufweist.
- *'mean_weighted_distances'* Die Kameras werden gemäß ihres Abstandes zum rekonstruierten 3D-Punkt gewichtet. Dabei erhalten Kameras mit einem kürzeren Abstand ein höheres Gewicht als solche, die weiter weg sind. Der Farbwert eines 3D-Punktes wird dann über Mittelung der gewichteten Farbwerte bestimmt.
- *'line_of_sight'* Der Farbwert eines 3D-Punktes entspricht dem Farbwert der Kamera, die den kleinsten Winkel zwischen der Oberflächennormalen und dem Sichtstrahl aufweist.

'mean_weighted_lines_of_sight' Die Kameras werden gemäß ihres Winkels zwischen der Oberflächennormalen und dem Sichtstrahl gewichtet. Dabei erhalten Kameras mit einem kleineren Winkel ein höheres Gewicht. Der Farbwert eines 3D-Punktes wird dann über Mittelung der gewichteten Farbwerte bestimmt.

Werteliste: *'none'*, *'smallest_distance'*, *'mean_weighted_distances'*, *'line_of_sight'*, *'mean_weighted_lines_of_sight'*, *'median'*.

Default: *'none'*.

'color_invisible': Falls bei der Rekonstruktion ein Stereomodell vom Typ *'surface_fusion'* verwendet wurde, so werden Punkte rekonstruiert, die keine direkte Korrespondenz zu Punkten im Bild haben. Diese Punkte sind somit unsichtbar, da sie von keiner Kamera aus gesehen werden. Für diese Punkte wird Farbinformation anhand von Punkten in der Umgebung berechnet. Einfärben der unsichtbaren Punkte kann durch Setzen dieses Parameters auf *'false'* abgeschaltet werden. In diesem Fall werden die Farbwerte von unsichtbaren Punkten auf 255 gesetzt. Im Normalfall ist das Einfärben der unsichtbaren Punkte nicht sehr zeitaufwändig und kann aktiviert bleiben. Es kann jedoch passieren, dass der Wert für den Parameter *'resolution'* viel zu fein für die vorliegende Bildauflösung eingestellt wurde. In diesem Fall werden sehr viele unsichtbare 3D-Punkte rekonstruiert, was zu einer sehr zeitaufwändigen Nachbarschaftssuche führt. Um eine stark erhöhte Laufzeit zu vermeiden, sollte entweder der Parameter *'resolution'* angepasst werden oder die Bestimmung der Farbwerte für unsichtbare Punkte deaktiviert werden. Es ist zu beachten, dass das Setzen dieses Parameters keine Auswirkungen auf Stereomodelle des Typs *'surface_pairwise'* hat.

Werteliste: *'true'*,*'false'*.

Default: *'true'*.

'rectif_interpolation': Interpolationsmodus für die Bildpaarrektifizierung (siehe `set_stereo_model_image_pairs`). Es ist zu beachten, dass nach Änderung dieser Einstellung der Operator `set_stereo_model_image_pairs` erneut aufgerufen werden muss, um diese Einstellung wirksam werden zu lassen.

Werteliste: *'none'*, *'bilinear'*.

Default: *'bilinear'*.

'rectif_sub_sampling': Abtastfaktor für die Bildpaarrektifizierung (siehe `set_stereo_model_image_pairs`). Es ist zu beachten, dass, nach Änderung dieser Einstellung der Operator `set_stereo_model_image_pairs` erneut aufgerufen werden muss, um diese Einstellung wirksam werden zu lassen.

Wertevorschläge: *0.5*, *0.66*, *1.0*, *1.5*, *2.0*, *3.0*, *4.0*.

Default: *1.0*.

'rectif_method': Rektifizierungsmethode für die Bildpaarrektifizierung (siehe `set_stereo_model_image_pairs`). Es ist zu beachten, dass nach Änderung dieser Einstellung der Operator `set_stereo_model_image_pairs` erneut aufgerufen werden muss, um diese Einstellung wirksam werden zu lassen.

Werteliste: *'viewing_direction'*, *'geometric'*.

Default: *'viewing_direction'*.

'disparity_method': Methode zur Berechnung der Disparitätsbilder der Bildpaare (siehe `reconstruct_surface_stereo`). Zur Berechnung stehen die drei Methoden *'binocular'*, *'binocular_mg'* und *'binocular_ms'* zur Verfügung. Je nachdem welche der drei Methoden ausgewählt wurde, wird intern der entsprechende HALCON-Operator `binocular_disparity`, `binocular_disparity_mg` bzw. `binocular_disparity_ms` aufgerufen.

Werteliste: *'binocular'*, *'binocular_mg'*, *'binocular_ms'*.

Default: *'binocular'*.

'min_disparity', *'max_disparity'*: Minimale und maximale Disparitätswerte, welche den Suchbereich im Operator `reconstruct_surface_stereo` beschränken. Die Anzahl der minimalen und maximalen Disparitätswerte muss dabei mit der Anzahl der Bildpaare übereinstimmen. Falls *'min_disparity'* und *'max_disparity'* nicht über die Operatoren `create_stereo_model` oder `set_stereo_model_param` gesetzt wurden, werden die Disparitätswerte mit Hilfe des kleinsten umschließenden Quaders (siehe 'bounding_box') intern bestimmt. Es ist zu beachten, dass *'min_disparity'* und *'max_disparity'* tupelwertige Parameter sind und daher nicht zusammen mit anderen Parametern in einem Aufruf des Operators `set_stereo_model_param` gesetzt werden können (siehe Paragraph "Bemerkung über tupelwertige Modellparameter").

'binocular_score_thresh': Bei den Methoden 'binocular_mg' und 'binocular_ms' werden die Disparitäten deren Qualitätsmaß oberhalb der angegebenen Schwelle liegen von der Weiterverarbeitung ausgeschlossen und landen nicht in der rekonstruierten 3D-Punktwolke. Bei der Methode 'binocular' werden die Disparitäten unterhalb der angegebenen Schwelle ausgeschlossen.

Für Stereomodelle mit der Methode *'binocular'*: **Werteliste:** Positive und negative Integer- oder Float-Werte.
Default: *0.5*.

Für Stereomodelle mit der Methode *'binocular_mg'* **oder** *'binocular_ms'*: **Werteliste:** Integer- oder Float-Werte größer gleich 0.0.
Default: *-1*.

Je nachdem, welche Methode zur Berechnung der Disparitätsbilder ausgewählt wurde, stehen dem Benutzer zusätzliche Parameter zur Verfügung, die ein genaueres Anpassen an den verwendeten Datensatz erlauben. Eine genauere Beschreibung der Parameter kann in der jeweiligen Operator-Referenz von `binocular_disparity`, `binocular_disparity_mg` oder `binocular_disparity_ms` nachgelesen werden.

Parameter für Stereomodelle mit Methode = *'binocular_mg'*

'binocular_method': Setzt die gewünschte Matchingmethode.
Werteliste: *'ncc'*, *'sad'*, *'ssd'*.
Default: *'ncc'*.

'binocular_num_levels': Anzahl der verwendeten Bildpyramiden.
Werteliste: Integer-Wert größer gleich 1.
Default: *1*.

'binocular_mask_width': Breite des Korrelationsfensters.
Werteliste: Ungerade Integer-Werte größer gleich 3.
Default: *11*.

'binocular_mask_height': Höhe des Korrelationsfensters.
Werteliste: Ungerade Integer-Werte größer gleich 3.
Default: *11*.

'binocular_texture_thresh': Schwellenwert der Grauwertvarianz.
Werteliste: Integer- oder Float-Werte größer gleich 0.0.
Default: *0.0*.

'binocular_filter': Nachgelagerter Ergebnisfilter.
Werteliste: *'none'*, *'left_right_check'*.
Default: *'none'*.

'binocular_sub_disparity': Subpixel Interpolation der Disparitäten.
Werteliste: *'none'*, *'interpolation'*.
Default: *'none'*.

Parameter für Stereomodelle mit Methode = *'binocular_mg'*

'binocular_mg_gray_constancy': Gewicht der Grauwerterhaltung im Datenterm.
Werteliste: Integer- oder Float-Werte größer gleich 0.0.
Default: *1.0*.

'binocular_mg_gradient_constancy': Gewicht der Gradientenerhaltung im Datenterm.
Werteliste: Integer- oder Float-Werte größer gleich 0.0.
Default: *30.0*.

'binocular_mg_smoothness': Gewicht des Glattheitsterms bezüglich des Datenterms.
Werteliste: Integer- oder Float-Werte größer 0.0.
Default: *5.0*.

'binocular_mg_initial_guess': Startwert für die Disparität.
Werteliste: Integer- oder Float-Werte.
Default: *0.0*.

Die nachfolgenden Parameter steuern das Verhalten des verwendeten Mehrgitterverfahrens.

'binocular_mg_default_parameters': Setzt vordefinierte Parameterwerte für die Parameter des verwendeten Mehrgitterverfahren. *'binocular_mg_solver'*, *'binocular_mg_cycle_type'*, *'binocular_mg_pre_relax'*,

'binocular_mg_post_relax', *'binocular_mg_initial_level'*, *'binocular_mg_iterations'*, *'binocular_mg_pyramid_factor'*. Die genauen Werte der Parameter lassen sich der Operator-Referenz von `binocular_disparity_mg` entnehmen.
Werteliste: *'very_accurate'*, *'accurate'*, *'fast_accurate'*, *'fast'*.
Default: *'fast_accurate'*.

'binocular_mg_solver': Lösungsverfahren für die linearen Gleichungssysteme.
Werteliste: *'multigrid'*,*'full_multigrid'*, *'gauss_seidel'*.
Default: *'full_multigrid'*.

'binocular_mg_cycle_type': Wählt den Rekursionstyp des Mehrgitterverfahrens aus.
Werteliste: *'v'*,*'w'*, *'none'*.
Default: *'v'*.

'binocular_mg_pre_relax': Setzt für Mehrgitterverfahren die Anzahl der Gauß-Seidel-Iterationen beim Vorglätten, bzw. beim Gauß-Seidel-Verfahren die Anzahl an Iterationen beim Lösen des Gleichungssystems.
Werteliste: Integer- oder Float-Werte größer *0.0*.
Default: *1*.

'binocular_mg_post_relax': Setzt für Mehrgitterverfahren die Anzahl der Gauß-Seidel-Iterationen beim Nachglätten.
Werteliste: Integer- oder Float-Werte.
Default: *1*.

'binocular_mg_initial_level': Legt die gröbste zu verwendende Stufe der Bildpyramide beim Grob-zu-Fein-Verfahren fest.
Werteliste: Integer-Werte.
Default: *-2*.

'binocular_mg_iterations': Anzahl an Fixpunkt-Iterationen pro Ebene.
Werteliste: Integer- oder Float-Werte größer gleich *0*.
Default: *1*.

'binocular_mg_pyramid_factor': Skalierungsfaktor für die Bildpyramide des Grob-zu-Fein-Verfahrens.
Werteliste: Integer- oder Float-Werte im Bereich von *0.1* und *0.9*.
Default: *0.6*.

Parameter für Stereomodelle mit Methode = *'binocular_ms'*

'binocular_ms_surface_smoothing': Glättung von Oberflächen.
Werteliste: Integer-Werte größer gleich *0*.
Default: *50*

'binocular_ms_edge_smoothing': Glättung von Kanten.
Werteliste: Integer-Werte größer gleich *0*.
Default: *50*.

'binocular_ms_consistency_check': Steuert das Verhalten, ob nur noch diejenigen Disparitätswerte zurückgegeben werden, die bei einer Suche eines Referenzmusters in beiden Bildern übereinstimmend gefunden werden.
Werteliste: *'true'*, *'false'*.
Default: *'true'*.

'binocular_ms_similarity_measure': Legt die Methode des Ähnlichkeitsmaßes fest.
Werteliste: *'census_dense'*, *'census_sparse'*.
Default: *'census_dense'*.

'binocular_ms_sub_disparity': Sollen kontinuierliche Werte aus den bisher ganzzahligen Disparitätswerten geschätzt werden?
Werteliste: *'true'*, *'false'*.
Default: *'true'*.

'point_meshing': Schaltet den Schritt zur Nachbearbeitung der Vermaschung der Oberflächenrekonstruktion ein oder aus. Wird ein Stereomodell vom Typ *'surface_pairwise'* verwendet, wird ein Poisson-basierter Vermaschungsalgorithmus unterstützt. Für Stereomodelle vom Typ *'surface_fusion'* wird nur eine Vermaschung der Isofläche angeboten. (siehe `reconstruct_surface_stereo` für weitere Informationen).

Werteliste: *'none'*, *'poisson'*, *'isosurface'*.

Default: *'none'*.

Wenn die Poisson-basierte Vermaschung eingeschaltet ist, können die folgenden Parameter eingestellt werden:

- *'poisson_depth'*: Tiefe des Poisson-Octrees. Ein tieferer Octree führt zu höherer Vermaschungauflösung, aber auch zu erheblich höherem Zeit- und Speicherbedarf.
  Wertevorschläge: *6*, *8*, *10*.
  Default: *8*.
  Restriktion: *3 <= 'poisson_depth' <= 12*
- *'poisson_solver_divide'*: Tiefe des eingesetzten Block-Gauss-Seidel-Algorithmus, der zur Lösung des Poissongleichungen benutzt wird. Bei kleinem zusätzlichen Zeitbedarf schafft dieser Algorithmus erhebliche Speicherersparnisse. Die optimalen Werte für diesen Parameter sind um 0 bis 2 kleiner als die Tiefe des Octrees.
  Wertevorschläge: *6*, *8*, *10*.
  Default: *8*.
  Restriktion: *3 <= 'poisson_solver_divide' <= 'poisson_depth'*
- *'poisson_samples_per_node'*: Mindestanzahl von Punkten, welche in einem Octree-Blatt angesammelt werden. Dieser Parameter wird benutzt, um verrauschte Daten zu behandeln, d.h. rauschfreie Daten können auf mehrere Blätter verteilt werden, während verrauschte Daten eher auf weniger Blätter verteilt werden sollten, um das Rauschen kompensieren zu können. Ein Seiteneffekt ist, dass größere Werte dieses Parameters allgemein zu kleineren Octrees führen, was wiederum die Vermaschung beschleunigt, aber auch eine kleinere Rekonstruktionsauflösung nach sich zieht.
  Wertevorschläge: *1*, *5*, *10*, *30*, *40*.
  Default: *30*.

Alle Parameter bis auf *'binocular_mg_default_parameters'* können im Nachhinein mit dem Operator `get_stereo_model_param` abgefragt werden.

Parameter für ein Stereomodell der Methode 'surface_pairwise':

Unter Verwendung eines Stereomodells des Typs *'surface_pairwise'* kann durch das Setzen von `GenParamName` auf den folgenden Wert, die Oberflächenrekonstruktion gesteuert werden:

'sub_sampling_step': Abtastschritt für die X-, Y- und Z-Bilddaten, welche als Ergebnis der paarweisen Disparitätsberechnung entstehen, bevor diese Daten in die Oberflächenrekonstruktion einfließen (siehe `reconstruct_surface_stereo`).

Wertevorschläge: *1*, *2*, *3*.

Default: *2*.

Parameter für ein Stereomodell der Methode 'surface_fusion':

Unter Verwendung eines Stereomodells des Typs *'surface_fusion'* kann durch das Setzen von `GenParamName` auf einen der folgenden Werte, die Oberflächenrekonstruktion gesteuert werden:

'resolution': Legt die Distanz zwischen benachbarten Abtastpunkten in jede Koordinatenrichtung des diskretisierten umschließenden Quaders fest. *'resolution'* wird in [m] gesetzt. Siehe `reconstruct_surface_stereo` für weitere Details.

Zu kleine Werte erhöhen die Laufzeit der Rekonstruktion unnötigerweise. Zu große Werte haben eine Rekonstruktion mit fehlenden Details zur Folge. Standardmäßig wird die Auflösung in Abhängigkeit des umschließenden Quaders auf einen recht groben Wert gesetzt. Die Auflösung wird bei einem Umsetzen des umschließenden Quaders zurückgesetzt.

Eventuell muss *'smoothing'* angepasst werden, wenn *'resolution'* verändert wird.

Der Wert für den Parameter *'surface_tolerance'* sollte in jedem Fall etwas größer als der Wert für *'resolution'* sein, um Diskretisierungseffekte zu vermeiden.

Wertevorschläge: *0.001*, *0.01*.

'surface_tolerance': Legt fest, wie viel Rauschen um die Eingangspunktwolke zu einer Oberfläche zusammengefügt werden soll. Punkte im Sichtkegel einer Kamera werden als sicher außerhalb des Objekts (vor der Oberfläche) oder sicher innerhalb des Objekts (hinter der Oberfläche) angesehen bezüglich dieser Kamera, wenn ihr Abstand zur ursprünglichen Oberfläche *'surface_tolerance'* übersteigt. *'surface_tolerance'* wird in [m] gesetzt. Siehe `reconstruct_surface_stereo` für weitere Details und eine Abbildung.

Zu kleine Werte führen zu einer unebenen Oberfläche, während hingegen zu große Werte eigentlich getrennte Oberflächen zu einer verschmelzen lassen. Standardmäßig ist der Wert für *'surface_tolerance'* auf das dreifache der Auflösung gesetzt. Ein Umsetzen des umschließenden Quaders hat das Zurücksetzen des Parameters zur Folge.

Weiterhin sollte der Wert für *'surface_tolerance'* immer etwas größer als der Wert für die Auflösung sein, um Diskretisierungseffekte zu vermeiden. Zudem darf der Wert für *'min_thickness'* nie kleiner werden als der Wert für *'surface_tolerance'*. Wird *'min_thickness'* zu niedrig gesetzt, so wird *'surface_tolerance'* automatisch auf denselben Wert wie *'min_thickness'* gesetzt. Wird *'surface_tolerance'* zu hoch gesetzt, so wird ein Fehler zurückgegeben.

Wertevorschläge: *0.003*, *0.03*.

Restriktion: *'surface_tolerance'* < *'min_thickness'*

'min_thickness': Bestimmt die Länge des zu berücksichtigenden Sichtkegels einer Kamera hinter der mit der paarweisen Rekonstruktion erstellten Oberfläche. Punkte hinter der Oberfläche (von der gegebenen Kamera aus gesehen) werden nur als sicher innerhalb des Objekts angesehen, wenn ihr Abstand zur ursprünglichen Oberfläche *'min_thickness'* nicht übersteigt. *'min_thickness'* wird in [m] gesetzt. Siehe `reconstruct_surface_stereo` für weitere Details und eine Abbildung.

Falls davon ausgegangen werden kann, dass die Sichtstrahlen das zu rekonstruierende geschlossene Objekt nur ein einziges Mal durchschneiden (z.B. falls alle Kameras das Objekt nur von einer Seite aus betrachten), sollte der Parameter auf seinem Standardwert belassen werden. Falls davon ausgegangen werden kann, dass die Sichtstrahlen das zu rekonstruierende Objekt mehr als einmal durchschneiden (z.B. wenn die Kameras das Objekt von verschiedenen Seiten aus betrachten), so sollte nur das Innere des Objektes als hinter der Oberfläche liegend markiert werden. Der Parameter sollte dann zunächst auf einen Wert gesetzt werden, der kleiner ist als die Dicke des zu rekonstruierenden Objekts.

Die Methode *'surface_fusion'* versucht stets, geschlossene Oberflächen zu erzeugen. Werden mehrere verschiedene Objekte nur von einer Seite aus betrachtet, kann es sinnvoll sein, *'min_thickness'* zu verkleinern, um die Tiefe der rekonstruierten Objekte zu beschränken und damit zu verhindern, dass sie zu einer einzigen Oberfläche verschmelzen. Da in diesem Fall die Rückseite der Objekte nicht betrachtet wird, ist ihre Rekonstruktion wahrscheinlich nicht korrekt.

Wird der Parameters auf zu kleine Werte gesetzt, so weist die Punktwolke entweder Löcher oder doppelte Wände auf. Stellt man hingegen zu große Werte ein, so äußert sich das in einer verzerrten Punktwolke oder einem Aufblasen der Oberfläche in Richtung der Außenseite des Objekts. Wird die Oberfläche so stark aufgeblasen, dass sie außerhalb des umschließenden Quaders liegt, so werden keine Punkte rekonstruiert. Der Wert des Parameters wird bei einem Umsetzen des umschließenden Quaders ebenfalls zurückgesetzt.

Der Wert für *'min_thickness'* darf nie kleiner werden als der Wert für *'surface_tolerance'*. Wird *'min_thickness'* zu niedrig gesetzt, so wird *'surface_tolerance'* automatisch auf denselben Wert wie *'min_thickness'* gesetzt. Wird *'surface_tolerance'* zu hoch gesetzt, so wird ein Fehler zurückgegeben.

Wertevorschläge: *0.005*, *0.05*

'smoothing': Legt fest, wie wichtig eine kleine Totalvariation der Distanzfunktion gegenüber der Datentreue zur Eingabepunktwolke für den Algorithmus ist. Damit kann also die 'Unruhe' der rekonstruierten Oberfläche durch den Glättungsparameter *'smoothing'* gesteuert werden (siehe `reconstruct_surface_stereo` für weitere Details).

Der gewünschte Wert des Parameters für einen bestimmten Datensatz muss durch Ausprobieren gefunden werden. Zu kleine Werte für diesen Parameter führen dazu, dass die Oberfläche viele Ausreißer enthält. Dies ist sogar dann der Fall, wenn die Oberfläche deswegen große Sprünge aufweist. Zu große Werte hingegen führen dazu, dass der Algorithmus sich nicht mehr auf die Eingangspunktwolke, welche durch die paarweise Rekonstruktion erstellt wurde stützt. (Wie der Algorithmus die Distanzen zur Eingangspunktwolke behandelt hängt dabei stark von *'surface_tolerance'* und *'min_thickness'*) ab.

Der Wert des Parameters wird bei einem Umsetzen des umschließenden Quaders ebenfalls zurückgesetzt. Eventuell muss *'smoothing'* angepasst werden, wenn *'resolution'* verändert wird.

Wertevorschläge: *15.0*, *1.0*, *0.1*.

Default: *1.0*.

Bemerkung über tupelwertige Modellparameter

Die meisten der Stereomodellparameter haben nur einen Wert. In diesem Fall kann man eine Liste (d.h. ein Tupel) von Parameternamen und eine Liste (Tupel) derselben Länge von Parameterwerten übergeben. Tupelwertige Parameter dagegen brauchen eine Liste von Werten. Wenn so ein Parameter mit einwertigen Parametern gemeinsam

gesetzt wird, kann nicht mehr unterschieden werden, welcher Wert zu welchem Parameternamen gehört. Deswegen können tupelwertige Parameter wie *'bounding_box'*, *'min_disparity'* oder *'max_disparity'* immer nur einzeln mit `set_stereo_model_param` gesetzt werden.

Parameter

▷ **StereoModelID** (input_control) . . . . . stereo_model ⇝ *handle*
Handle des Stereomodells.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der Modellparameter.
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'bounding_box', 'persistence', 'sub_sampling_step', 'rectif_interpolation', 'rectif_sub_sampling', 'rectif_method', 'disparity_method', 'binocular_method', 'binocular_num_levels', 'binocular_mask_width', 'binocular_mask_height', 'binocular_texture_thresh', 'binocular_score_thresh', 'binocular_filter', 'binocular_sub_disparity', 'binocular_mg_gray_constancy', 'binocular_mg_gradient_constancy', 'binocular_mg_smoothness', 'binocular_mg_initial_guess', 'binocular_mg_default_parameters', 'binocular_mg_solver', 'binocular_mg_cycle_type', 'binocular_mg_pre_relax', 'binocular_mg_post_relax', 'binocular_mg_initial_level', 'binocular_mg_iterations', 'binocular_mg_pyramid_factor', 'binocular_ms_surface_smoothing', 'binocular_ms_edge_smoothing', 'binocular_ms_consistency_check', 'binocular_ms_similarity_measure', 'binocular_ms_sub_disparity', 'point_meshing', 'poisson_depth', 'poisson_solver_divide', 'poisson_samples_per_node', 'resolution', 'surface_tolerance', 'min_thickness', 'smoothing', 'color', 'color_invisible', 'min_disparity', 'max_disparity'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string
Werte der Modellparameter.
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {1, -2, -5, 0, 0.3, 0.5, 0.9, 1, 2, 3, 'census_dense', 'census_sparse', 'binocular', 'ncc', 'none', 'sad', 'ssd', 'bilinear', 'false', 'viewing_direction', 'geometric', 'very_accurate', 'accurate', 'fast_accurate', 'fast', 'v', 'w', 'none', 'gauss_seidel', 'multigrid', 'true', 'poisson', 'isosurface', 'interpolation', 'left_right_check', 'full_multigrid', 'binocular_mg', 'binocular_ms', 'smallest_distance', 'mean_weighted_distances', 'line_of_sight', 'mean_weighted_lines_of_sight', 'median'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- StereoModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_stereo_model`

Nachfolger

`reconstruct_surface_stereo`, `reconstruct_points_stereo`

Siehe auch

`get_stereo_model_param`, `set_stereo_model_image_pairs`

Modul

3D Metrology

5.4 Photometrisches Stereo

estimate_al_am (Image : : : Albedo, Ambient)

Berechnen des Reflexionskoeffizienten und der Stärke der indirekten Beleuchtung der Oberfläche.

Der Operator estimate_al_am berechnet aus dem Bild Image durch Maximum- und Minimumberechnung die Größe des Reflexionskoeffizienten, genannt Albedo, und die Stärke der indirekten Beleuchtung der Oberfläche, genannt Ambient.

Achtung

Es wird angenommen, dass im Bild mindestens ein Punkt enthalten ist, für die die Reflexionsfunktion ihr Minimum annimmt. Das sind z.B. Punkte, die in selbstbeschatteten Gebieten der Oberfläche liegen. Außerdem wird angenommen, dass ein Punkt im Bild vorkommt, für den die Reflexionsfunktion ihr Maximum annimmt. Ist dies nicht der Fall, wird ein falscher Wert geschätzt.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
  Das Bild, für das der Reflexionskoeffizient und die Hintergrundbeleuchtung geschätzt werden soll.
- ▷ **Albedo** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Größe des Reflexionskoeffizienten der Oberfläche.
- ▷ **Ambient** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Stärke der indirekten Beleuchtung der Oberfläche.

Ergebnis

estimate_al_am liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

sfs_mod_lr, sfs_orig_lr, sfs_pentland, photometric_stereo, shade_height_field

Modul

3D Metrology

estimate_sl_al_lr (Image : : : Slant, Albedo)

Berechnen des Slants der Lichtquelle und des Reflexionskoeffizienten der Oberfläche.

Der Operator estimate_sl_al_lr berechnet nach dem Algorithmus von Lee und Rosenfeld aus dem Bild Image den Slant der Lichtquelle, d.h. den Winkel, den die Richtung der Lichtquelle mit der positiven z-Achse bildet, und den Reflexionskoeffizienten Albedo der im Bild dargestellten Oberfläche, d.h. das Verhältnis von einfallender Strahlung zu austretender Strahlung.

Achtung

Der Reflexionskoeffizient Albedo wird für die gesamte im Bild dargestellte Oberfläche als konstant angenommen.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
  Das Bild, für das der Slant und der Reflexionskoeffizient geschätzt werden soll.
- ▷ **Slant** (output_control) ..... angle.deg(-array) ⇝ *real*
  Winkel zwischen der Richtung der Lichtquelle und der positiven z-Achse (im Gradmaß).
- ▷ **Albedo** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Anteil der Strahlung, der von der Oberfläche reflektiert wird.

Ergebnis

estimate_sl_al_lr liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

sfs_mod_lr, sfs_orig_lr, sfs_pentland, photometric_stereo, shade_height_field

Modul

3D Metrology

estimate_sl_al_zc (Image : : : Slant, Albedo)

Berechnen des Slants der Lichtquelle und des Reflexionskoeffizienten der Oberfläche.

Der Operator estimate_sl_al_zc berechnet nach dem Algorithmus von Zheng und Chellappa aus dem Bild Image den Slant der Lichtquelle, d.h. den Winkel, den die Richtung der Lichtquelle mit der positiven z-Achse bildet, und den Reflexionskoeffizienten Albedo der im Bild dargestellten Oberfläche, d.h. das Verhältnis von einfallender Strahlung zu austretender Strahlung.

Achtung

Der Reflexionskoeffizient Albedo wird für die gesamte im Bild dargestellte Oberfläche als konstant angenommen.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
  Das Bild, für das der Slant und der Reflexionskoeffizient geschätzt werden soll.
- ▷ **Slant** (output_control) ..... angle.deg(-array) ⇝ *real*
  Winkel zwischen der Richtung der Lichtquelle und der positiven z-Achse (im Gradmaß).
- ▷ **Albedo** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Anteil der Strahlung, der von der Oberfläche reflektiert wird.

Ergebnis

estimate_sl_al_zc liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

sfs_mod_lr, sfs_orig_lr, sfs_pentland, photometric_stereo, shade_height_field

Modul

3D Metrology

estimate_tilt_lr (Image : : : Tilt)

Berechnen des Tilts der Lichtquelle.

Der Operator estimate_tilt_lr berechnet nach dem Algorithmus von Lee und Rosenfeld aus dem Bild Image den Tilt der Lichtquelle, d.h. den Winkel, den die Richtung der Lichtquelle nach Projektion in die xy-Ebene mit der x-Achse bildet.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
  Das Bild, für das der Tilt geschätzt werden soll.
- ▷ **Tilt** (output_control) ..... angle.deg(-array) ⇝ *real*
  Winkel zwischen der Richtung der Lichtquelle nach Projektion in die xy-Ebene und der x-Achse (im Gradmaß).

Ergebnis

`estimate_tilt_lr` liefert immer den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

`sfs_mod_lr`, `sfs_orig_lr`, `sfs_pentland`, `photometric_stereo`, `shade_height_field`

Modul

3D Metrology

`estimate_tilt_zc` (`Image` : : : `Tilt`)

Berechnen des Tilts der Lichtquelle.

Der Operator `estimate_tilt_zc` berechnet nach dem Algorithmus von Zheng und Chellappa aus dem Bild `Image` den `Tilt` der Lichtquelle, d.h. den Winkel, den die Richtung der Lichtquelle nach Projektion in die xy-Ebene mit der x-Achse bildet.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
Das Bild, für das der Tilt geschätzt werden soll.

▷ **`Tilt`** (output_control) ..... angle.deg(-array) ⇝ *real*
Winkel zwischen der Richtung der Lichtquelle nach Projektion in die xy-Ebene und der x-Achse (im Gradmaß).

Ergebnis

`estimate_tilt_zc` liefert immer den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

`sfs_mod_lr`, `sfs_orig_lr`, `sfs_pentland`, `photometric_stereo`, `shade_height_field`

Modul

3D Metrology

`photometric_stereo` (`Images` : `HeightField`, `Gradient`,
`Albedo` : `Slants`, `Tilts`, `ResultType`, `ReconstructionMethod`,
`GenParamName`, `GenParamValue` :)

Rekonstruieren einer Oberfläche mittels photometrischer Stereomessung.

`photometric_stereo` kann dazu genutzt werden, die dreidimensionale Form eines Objekts von seiner zweidimensionalen Textur zu trennen, z.B. von seinem Druckbild. Der Operator benötigt mindestens drei Bilder des gleichen Objekts, aufgenommen mit unterschiedlichen bekannten Beleuchtungsrichtungen. Die Ausrichtung der Kamera zum Objekt muss für alle Bilder gleich sein.

Die dreidimensionale Form des Objekts wird in erster Linie in Form von lokalen Gradienten der dreidimensionalen Oberfläche berechnet. Diese Gradienten können weiter integriert werden, so dass ein Höhenmodell entsteht, d.h., ein Bild, in dem jeder Pixelwert einer relativen Höhe entspricht. Die zweidimensionale Textur wird als Albedo

bezeichnet und entspricht der lokalen Lichtabsorption und Reflexionscharakteristik der Oberfläche ohne Einfluss von Schatten.

Typische Anwendungen des photometrischen Stereoverfahrens

Typische Anwendungen des photometrischen Stereoverfahrens sind das Erkennen kleiner Inkonsistenzen in einer Oberfläche, z.B. Defekten, oder das Ausschließen des Einflusses der Beleuchtungsrichtung auf Bilder, die z.B. für die Druckbildinspektion von nicht flachen Zeichen genutzt werden. Photometrisches Stereo ist nicht geeignet für die Rekonstruktion absoluter Höhen, d.h., es ist keine Alternative zu typischen 3D Rekonstruktionsansätzen wie Depth from Focus oder das Lichtschnittverfahren.

Einschränkungen des photometrischen Stereoverfahrens

`photometric_stereo` basiert auf dem Algorithmus von Woodham und setzt daher zum einen eine orthoskopische Projektion der Kamera voraus, d.h., es muss eine telezentrische Linse oder eine Linse mit einer großen Brennweite benutzt werden. Zum anderen wird vorausgesetzt, dass jede der Lichtquellen parallele und gleichförmige Lichtstrahlen produziert, d.h., es müssen telezentrische Lichtquellen mit gleichförmiger Intensität oder, als Alternative, sehr weit entfernte Lichtquellen benutzt werden. Zusätzlich muss das Objekt Lambertsche Oberflächeneigenschaften aufweisen, d.h., es muss hereinkommendes Licht diffus reflektieren. Objekte oder Regionen eines Objekts, die spiegelnde Reflexionseigenschaften aufweisen (spiegelnde oder glänzende Oberflächen) können nicht korrekt verarbeitet werden und führen daher zu fehlerhaften Ergebnissen.

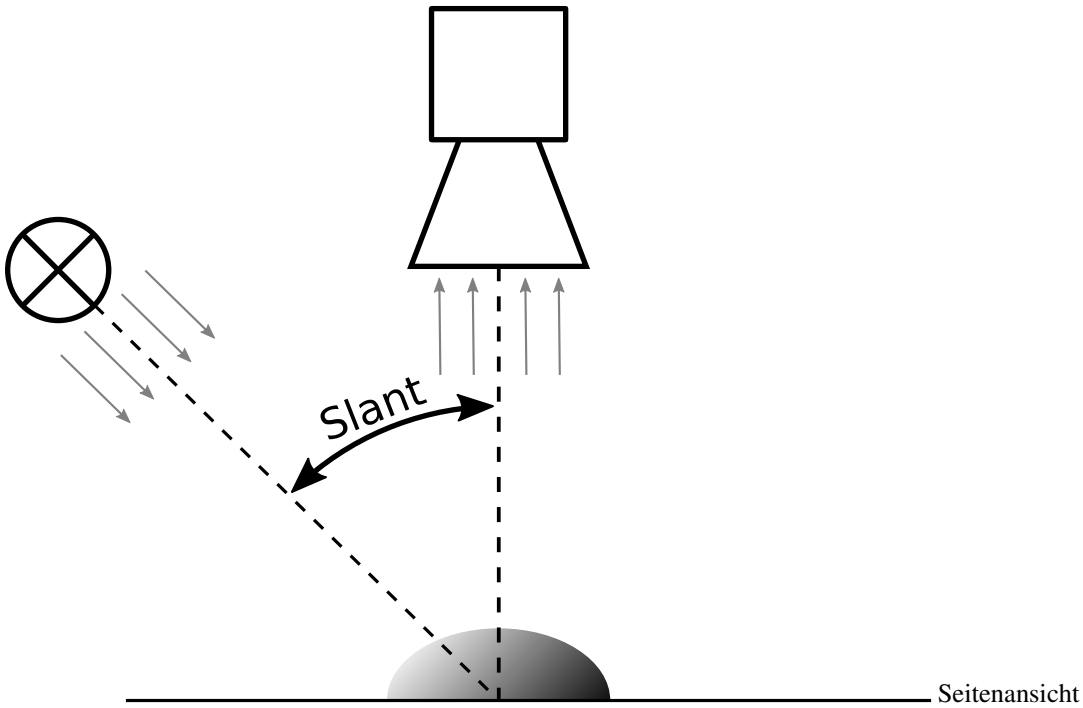
Der Aufbau

Die Kamera mit der telezentrischen Linse wird orthogonal, d.h., rechtwinklig, zu der zu konstruierenden Szene angebracht. Die Orientierung der Kamera in Bezug auf die Szene darf sich während der Bildaufnahme nicht verändern. Im Gegensatz dazu muss sich die Orientierung der Lichtquelle in Bezug auf die Kamera in mindestens drei Bildern ändern.

Spezifizieren der Beleuchtungsrichtungen

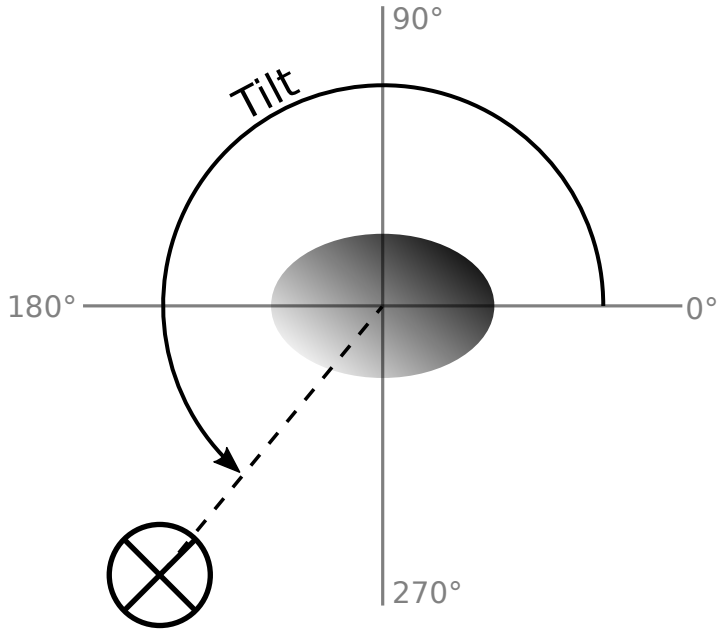
Für jedes Bild werden die Beleuchtungsrichtungen in Form von Winkeln innerhalb der Parameter `Slants` und `Tilts` angegeben. Diese beschreiben die Richtung der Beleuchtung in Bezug auf die Szene. Zum besseren Verständnis dieser Parameter ist zu bedenken, dass der Ansatz davon ausgeht, dass die Lichtquelle parallele Lichtstrahlen erzeugt, die Kamera eine telezentrische Linse hat und die Kamera orthogonal zu der zu konstruierenden Szene angeordnet ist:

`Slants` Der Neigungswinkel (`Slants`) ist der Winkel zwischen der optischen Achse der Kamera und der Beleuchtungsrichtung.



`Tilts` Der Winkel in `Tilts` wird innerhalb der Objektebene oder einer beliebigen parallelen Ebene, z.B. der Bildebene, gemessen. Insbesondere beschreibt er den Winkel zwischen der Richtung, die von der Mitte des

Bildes nach rechts zeigt, und der in das Bild projizierten Beleuchtungsrichtung. D.h., beim Blick auf das Bild (oder die korrespondierende Szene), entspricht eine Beleuchtung von rechts einem Winkel von 0°, eine Beleuchtung von oben einem Winkel von 90°, eine Beleuchtung von links einem Winkel von 180°, usw.



Draufsicht

Wie oben erwähnt benötigt das photometrische Stereoverfahren mindestens drei Bilder mit verschiedenen Beleuchtungsrichtungen. Allerdings führt die dreidimensionale Geometrie der Objekte typischerweise zu einem Schattenwurf. In den Schattenregionen ist die Anzahl der effektiv verfügbaren Beleuchtungsrichtungen reduziert, so dass Mehrdeutigkeiten entstehen. Um trotzdem ein robustes Ergebnis zu erhalten, ist Redundanz nötig. Deshalb sollten normalerweise mehr als drei Lichtquellen mit unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen gewählt werden. Eine steigende Anzahl von Beleuchtungsrichtungen führt aber auch zu einer höheren Anzahl von zu verarbeitenden Bildern und somit zu einer höheren Verarbeitungszeit. In den meisten Anwendungen ist eine Anzahl von vier bis sechs Beleuchtungsrichtungen sinnvoll. Als Faustregel sollten die Winkel in `Slants` zwischen 30° und 60° betragen. Die Winkel in `Tilts` sollten gleichmäßig rund um das zu vermessende Objekt angeordnet sein. Es ist zu beachten, dass die Beleuchtungsrichtungen so gewählt werden müssen, dass sie nicht in der gleichen Ebene liegen, d.h., sie müssen unabhängig sein. Ist dies nicht der Fall, wird eine Exception-Behandlung durchgeführt.

Eingabebilder und Domänen

Die Eingabebilder müssen als Bildarray in dem Parameter `Images` übergeben werden. Jedes Bild muss dabei, wie bereits erwähnt, mit unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen aufgenommen worden sein. Liegen die Bilder in einem Mehrkanalbild vor, können sie mit Hilfe von `image_to_channels` in einen Bildarray konvertiert werden. Alternativ kann ein Bildarray mittels `concat_obj` erzeugt werden.

`photometric_stereo` stützt sich auf die Auswertung "photometrischer Information", d.h., den Grauwerten, die in den Bildern gespeichert sind. Diese Information sollte möglichst unverzerrt und genau sein. Es sollte daher sicher gestellt sein, dass die für die Bildaufnahme verwendete Kamera eine lineare Charakteristik aufweist. Mit dem Operator `radiometric_self_calibration` kann die Charakteristik der Kamera bestimmt werden und mit `lut_trans` können die Grauwerte im Falle einer nicht-linearen Charakteristik korrigiert werden. Wenn genaue Messungen benötigt werden, sollte außerdem der volle Dynamikumfang der Kamera genutzt werden, da hierdurch genauere Grauwertinformationen erzielt werden. Aus dem selben Grund führen Bilder mit einer Bit-Tiefe von mehr als 8 (z.B. uint2 Bilder statt Byte Bilder) zu einer besseren Genauigkeit.

Die gewählte Domäne der Eingabebilder legt fest, welcher Algorithmus intern zur Verarbeitung der Bilder benutzt wird. Es stehen drei verschiedene Algorithmen zur Verfügung:

- Hat jedes Bild die volle Domäne, wird der schnellste Algorithmus verwendet. Dieser Fall ist der Standardfall und sollte für die meisten Anwendungen verwendet werden.
- Teilen sich die Bilder die gleiche aber reduzierte Domäne, werden nur die Pixel der entsprechenden Domäne verarbeitet. Dieser Fall dient dazu, Bereiche des Objekts für alle Bilder auszuschließen. Typischerweise werden Bereiche ausgeschlossen, die keine Lambertschen Reflexionseigenschaften aufweisen oder die nicht von weiterem Interesse sind, z.B. dunkle Löcher in der Oberfläche.

- Haben die Bilder unterschiedliche Domänen, werden nur die Grauwerte der entsprechenden Domänen verwendet. Dabei ist zu beachten, dass nur diejenigen Pixel verarbeitet werden, die in mindesten drei Bildern unabhängige Beleuchtungsrichtungen aufweisen. Dieser Fall dient dazu, Bereiche für einzelne Bilder auszuschließen. Dies können z.B. Bereiche des Objekts sein, die verfälschte photometrische Informationen enthalten, z.B. Schatten. Das Ausschließen dieser Regionen führt zu einer höheren Genauigkeit. Allerdings ist der hier benutzte Algorithmus signifikant langsamer als die Algorithmen, die bei voller Domäne oder einer identischen Domäne für alle Bilder verwendet werden.

Die Ausgabebilder

Der Operator kann Bilder für die rekonstruierten Gradienten (`Gradient`), den Albedo (`Albedo`) und das Höhenmodell (`HeightField`) der Oberfläche zurückgeben:

- Das `Gradient`-Bild ist ein Vektorfeld, das die partiellen Ableitungen der Oberfläche beinhaltet. Es kann z.B. als Eingabe für `reconstruct_height_field_from_gradient` verwendet werden. Für eine Visualisierung kann man statt der Oberflächengradienten die normalisierten Oberflächennormalen berechnen, indem man `ResultType` auf *'normalized_surface_normal'* (veraltet: *'normalized_gradient'*) setzt. Hierbei entsprechen die Zeilen- und Spalten- Komponenten den Zeilen- und Spalten-Komponenten der normalisierten Oberflächennormalen. Falls `ResultType` auf *'all'* gesetzt ist, wird in `Gradient` *'gradient'* und nicht *'normalized_surface_normal'* verwendet.
- Das `Albedo`-Bild beschreibt die Relation des reflektierten Lichts zum einfallenden Licht und hat einen Wertebereich zwischen eins (weisse Oberfläche) und null (schwarze Oberfläche). Somit beschreibt das Albedo-Bild eine Charakteristik der Oberfläche. Zum Beispiel bei einer bedruckten Oberfläche entspricht es dem Druckbild mit Ausschluss des Einflusses durch einfallendes Licht (Schatten).
- Das Bild für das Höhenmodell `HeightField` ist ein Bild, in dem die Pixelwerte einer relativen Höhe entsprechen.

Im Standardfall werden alle diese ikonischen Objekte zurückgeliefert, d.h., der Parameter `ResultType` ist auf *'all'* gesetzt. Falls nur bestimmte Ausgabebilder benötigt werden, kann `ResultType` auf ein Tupel gesetzt werden, das festlegt, welche der Ausgabebilder benötigt werden. Zur Auswahl stehen die Werte *'gradient'*, *'albedo'* und *'height_field'*. In bestimmten Anwendungen, z.B. zur Oberflächeninspektion, werden nur die Bilder für `Gradient` und `Albedo` benötigt. Dann kann das Ausschließen der Oberflächenrekonstruktion die Verarbeitungszeit deutlich beschleunigen, d.h., hier würden für `ResultType` nur die Werte *'gradient'* und *'albedo'*, aber nicht *'height_field'*, übergeben werden.

Intern ermittelt `photometric_stereo` zunächst die Gradienten und, falls benötigt, integriert diese Werte dann, um ein Höhenmodell zu erhalten. Diese Integration wird mit den gleichen Algorithmen ausgeführt, die für den Operator `reconstruct_height_field_from_gradient` zur Verfügung stehen und mit den Parametern `ReconstructionMethod`, `GenParamName` und `GenParamValue` kontrolliert werden. Für weitere Informationen zu den Parametern verweisen wir auf die Beschreibung des Operators `reconstruct_height_field_from_gradient`. Ist `ResultType` so gesetzt, dass kein Höhenmodell zurückgegeben wird, werden diese Parameter ignoriert.

Achtung

`photometric_stereo` setzt quadratische Pixel voraus. Außerdem wird vorausgesetzt, dass die Höhen auf einem Gitter der Schrittweite 1 im Objektraum vorliegen. Ist das nicht der Fall, d.h., wenn die Pixelgröße der Kamera projiziert in den Objektraum von 1 abweicht, müssen die zurückgegebenen Höhen mit der tatsächlichen Gitterschrittweite (Wert der Pixelgröße projiziert in den Objektraum) multipliziert werden. Die Größe des Pixels im Objektraum wird berechnet, indem die Größe des Pixels in der Kamera durch die Vergrößerung der (telezentrischen) Linse geteilt wird.

Parameter

▷ **`Images`** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
Array mit mindestens drei Bildern mit unterschiedlicher Beleuchtungsrichtung.

▷ **`HeightField`** (output_object) ..... image ⇝ *object :* real
Rekonstruiertes Höhenmodell.

▷ **`Gradient`** (output_object) ..... image ⇝ *object :* vector_field
Gradientenfeld der Oberfläche.

▷ **`Albedo`** (output_object) ..... image ⇝ *object :* real
Albedo der Oberfläche.

▷ **Slants** (input_control) ..... angle.deg-array ⇝ *real* / integer
Winkel zwischen der Kamera und der Richtung der Lichtquelle (im Gradmaß).
Default: 45.0
Wertevorschläge: `Slants` ∈ {1.0, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0, 60.0, 90.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ `Slants` ≤ 180.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Tilts** (input_control) ..... angle.deg-array ⇝ *real* / integer
Winkel der Richtung der Lichtquelle innerhalb der Objektebene (im Gradmaß).
Default: 45.0
Wertevorschläge: `Tilts` ∈ {1.0, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0, 60.0, 90.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ `Tilts` ≤ 360.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **ResultType** (input_control) ..... string-array ⇝ *string*
Zu berechnende ikonische Ergebnisse.
Default: 'all'
Werteliste: `ResultType` ∈ {[], 'all', 'height_field', 'gradient', 'normalized_surface_normal', 'albedo'}

▷ **ReconstructionMethod** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Typ der Rekonstruktionsmethode.
Default: 'poisson'
Werteliste: `ReconstructionMethod` ∈ {'fft_cyclic', 'rft_cyclic', 'poisson'}

▷ **GenParamName** (input_control) ..... string-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'optimize_speed', 'caching'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... integer-array ⇝ *integer* / real / string
Werte der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamValue` ∈ {'standard', 'patient', 'exhaustive', 'use_cache', 'no_cache', 'free_cache'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `photometric_stereo` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), sonst eine Fehlermeldung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`optimize_fft_speed`

Modul

3D Metrology

reconstruct_height_field_from_gradient (
`Gradient : HeightField : ReconstructionMethod, GenParamName, GenParamValue : )`

Rekonstruieren einer Oberfläche aus Oberflächengradienten.

`reconstruct_height_field_from_gradient` rekonstruiert eine Oberfläche aus den Gradienten, die in `Gradient` übergeben werden. Die Oberfläche wird als Höhenmodell zurückgegeben, d.h., die Grauwerte jedes einzelnen Bildpunktes entsprechen der relativen Höhe der Oberfläche.

Die Rekonstruktion erfolgt durch die Integration der Gradienten durch verschiedene Algorithmen, die im Parameter `ReconstructionMethod` ausgewählt werden können. Da Gradientenfelder typischerweise nicht integrierbar

sind, z.B. aufgrund von Rauschen, liefern die verschiedenen zur Verfügung stehenden Algorithmen eine Lösung im Sinne der kleinsten Quadrate. Die verfügbaren Algorithmen unterscheiden sich in der Art, wie sie die Randbedingungen modellieren. Zur Zeit werden drei verschiedene Algorithmen unterstützt: *'fft_cyclic'*, *'rft_cyclic'* und *'poisson'*.

Rekonstruktion mittels schneller Fourier Transformation

Die Verfahren *'fft_cyclic'* und *'rft_cyclic'* nehmen an, dass die Bildfunktion an den Rändern zyklisch ist. Dies kann an den Bildrändern zu Artefakten führen, weswegen in den meisten Fällen die Rekonstruktion nach Poisson vorzuziehen ist.

Der Unterschied zwischen *'fft_cyclic'* und *'rft_cyclic'* ist, dass die rft Version eine schnellere Verarbeitungszeit hat und weniger Speicher benötigt als die fft Version. Dafür ist die fft Version, obwohl fft und rft eigentlich das gleiche Ergebnis liefern sollten, numerisch geringfügig genauer. Da `reconstruct_height_field_from_gradient` intern eine schnelle Fourier Transformation benutzt, kann die Laufzeit des Operators durch einen vorherigen Aufruf von `optimize_fft_speed` oder `optimize_rft_speed` beeinflusst werden.

Rekonstruktion nach Poisson

Der *'poisson'*-Algorithmus nimmt an, dass das Bild konstante Gradienten am Bildrand hat. In den meisten Fällen bietet er die geeignetere Rekonstruktionsmethode für `reconstruct_height_field_from_gradient`. Seine Laufzeit kann nur durch Setzen von `GenParamName` auf *'optimize_speed'* und `GenParamValue` auf *'standard'*, *'patient'* oder *'exhaustive'* beeinflusst werden. Für die Bedeutung dieser Parameter sei auf die Beschreibung von `optimize_fft_speed` verwiesen.

Der *'poisson'*-Algorithmus verwendet standardmäßig einen Cache, der von der Größe des Bildes abhängt und die Rekonstruktion deutlich beschleunigt, vorausgesetzt, alle zu verarbeitenden Bilder haben die gleiche Größe. Der Cache wird beim ersten Aufruf des *'poisson'*-Algorithmus aufgebaut. Deshalb benötigt der erste Aufruf immer länger als nachfolgende Aufrufe. Der zusätzlich benötigte Speicherplatz entspricht dem Speicher, der für ein Bild benötigt wird. Es ist zu beachten, dass der Aufruf des Operators mit verschiedenen Bildgrößen zum Reallokieren des Caches führt, was wiederum zu längeren Verarbeitungszeiten führt. In diesem Fall kann es von Vorteil sein, das Caching nicht zu verwenden. Zum Deaktivieren des Cachings kann der Parameter `GenParamName` auf *'caching'* und `GenParamValue` auf *'no_cache'* gesetzt werden. Der Cache kann explizit durch Setzen von `GenParamName` auf *'caching'* und `GenParamValue` auf *'free_cache'* deallokiert werden. In den meisten Fällen wird das Verwenden des Caches aber empfohlen, d.h., der Parameter *'caching'* kann ignoriert werden bzw. seinen Defaultwert beibehalten.

Speichern und Laden von Optimierungsparametern

Die Optimierungsparameter für alle Algorithmen können durch `write_fft_optimization_data` und `read_fft_optimization_data` gespeichert und geladen werden.

Nicht offensichtliche Anwendungen

`reconstruct_height_field_from_gradient` hat einige nicht offensichtliche Anwendungsfelder, insbesondere im Bereich der "gradient domain manipulation technique". In vielen Anwendungen haben die Werte der Gradienten, die dem Operator übergeben werden, nicht die Semantik von Oberflächengradienten (d.h., den ersten Ableitungen der Höhen) sondern entsprechen den ersten Ableitungen anderer Parametertypen, typischerweise Grauwerten. D.h., die Gradienten haben die Semantik von Grauwertkanten. Wenn diese Gradienten auf unterschiedliche Arten verarbeitet werden, z.B. durch das Addieren oder Subtrahieren von Bildern oder durch eine Filterung, werden die ursprünglichen Gradienten verändert und ein nachfolgender Aufruf von `reconstruct_height_field_from_gradient` liefert ein verändertes Bild, in dem z.B. unerwünschte Kanten entfernt wurden oder der Kontrast lokal geändert wurde. Typische Anwendungen sind das Entfernen von Rauschen, die nahtlose Verschmelzung von Bildern oder die HDR (high dynamic range) Kompression.

Achtung

`reconstruct_height_field_from_gradient` berücksichtigt die Werte aller Pixel von `Gradient`, auch außerhalb seiner Region. Falls `Gradient` einen eingeschränkten Definitionsbereich hat, könnte man den relevanten viereckigen Bereich ausschneiden und daraus ein neues Bild mit voller Region erzeugen.

Parameter

- ▷ **`Gradient`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* vector_field
  Gradientenfeld der Oberfläche.
- ▷ **`HeightField`** (output_object) ..... image ⇝ *object :* real
  Rekonstruiertes Höhenmodell.

▷ **ReconstructionMethod** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Typ der Rekonstruktionsmethode.
Default: 'poisson'
Werteliste: `ReconstructionMethod` ∈ {'fft_cyclic', 'rft_cyclic', 'poisson'}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'optimize_speed', 'caching'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer* / real / string
Werte der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamValue` ∈ {'standard', 'patient', 'exhaustive', 'use_cache', 'no_cache', 'free_cache'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `reconstruct_height_field_from_gradient` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), sonst eine Fehlermeldung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Literatur

M. Kazhdan, M. Bolitho, and H. Hoppe: „Poisson Surface Reconstruction.“ Symposium on Geometry Processing (June 2006).

Modul

3D Metrology

sfs_mod_lr (Image : Height : Slant, Tilt, Albedo, Ambient :)

Rekonstruieren der relativen Höhe aus den Grauwerten.

Der Operator `sfs_mod_lr` berechnet nach dem modifizierten Algorithmus von Lee und Rosenfeld aus dem Bild `Image` und einer Lichtquelle, die durch die Parameter `Slant`, `Tilt`, `Albedo` und `Ambient` bestimmt wird, die entsprechenden Höhen, die bei der Bilderzeugung vorgelegen haben. Die Lichtquelle liegt dabei im Unendlichen in der Richtung, die durch `Slant` und `Tilt` bestimmt werden. Der Parameter `Albedo` gibt den Reflexionskoeffizienten der Oberfläche an. `Ambient` ist ein Maß für die Stärke der Hintergrundbeleuchtung. Dieser Parameter kann auf einen Wert größer als 0 gesetzt werden, falls z.B. der Weißabgleich der Kamera nicht genau vorgenommen worden ist.

Achtung

`sfs_mod_lr` nimmt an, dass die Höhen auf einem Gitter der Schrittweite 1 vorliegen sollen. Ist das nicht der Fall, so müssen die berechneten Höhen nach Ausführung der Funktion noch mit der Gitterschrittweite multipliziert werden. Es wird ein rechtshändiges kartesisches Koordinatensystem mit Nullpunkt in der linken unteren Ecke des Bildes verwendet. `sfs_mod_lr` ist nur für Byte-Bilder implementiert.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
Das schattierte Bild.

▷ **Height** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* real
Das rekonstruierte Höhenmodell.

▷ **Slant** (input_control) . . . . . angle.deg ⇝ *real* / integer
Winkel zwischen der Richtung der Lichtquelle und der positiven z-Achse (im Gradmaß).
Default: 45.0
Wertevorschläge: `Slant` ∈ {1.0, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0, 60.0, 90.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ `Slant` ≤ 180.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Tilt** (input_control) . . . . . angle.deg ⇝ *real* / integer
Winkel zwischen der Richtung der Lichtquelle nach Projektion in die xy-Ebene und der x-Achse (im Gradmaß).
Default: 45.0
Wertevorschläge: Tilt ∈ {1.0, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0, 60.0, 90.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Tilt ≤ 360.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Albedo** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Anteil der Strahlung, der von der Oberfläche reflektiert wird.
Default: 1.0
Wertevorschläge: Albedo ∈ {0.1, 0.5, 1.0, 5.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Albedo ≤ 5.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1
Restriktion: Albedo >= 0.0

▷ **Ambient** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Stärke der indirekten Beleuchtung.
Default: 0.0
Wertevorschläge: Ambient ∈ {0.1, 0.5, 1.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Ambient ≤ 1.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1
Restriktion: Ambient >= 0.0

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert sfs_mod_lr den Wert 2 (H_MSG_TRUE), sonst eine Fehlermeldung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

estimate_al_am, estimate_sl_al_lr, estimate_sl_al_zc, estimate_tilt_lr, estimate_tilt_zc, optimize_fft_speed

Nachfolger

shade_height_field

Modul

3D Metrology

sfs_orig_lr (Image : Height : Slant, Tilt, Albedo, Ambient :)

Rekonstruieren der relativen Höhe aus den Grauwerten.

Der Operator sfs_orig_lr berechnet nach dem originalen Algorithmus von Lee und Rosenfeld aus dem Bild Image und einer Lichtquelle, die durch die Parameter Slant, Tilt, Albedo und Ambient bestimmt wird, die entsprechenden Höhen, die bei der Bilderzeugung vorgelegen haben. Die Lichtquelle liegt dabei im Unendlichen in der Richtung, die durch Slant und Tilt bestimmt werden. Der Parameter Albedo gibt den Reflexionskoeffizienten der Oberfläche an. Ambient ist ein Maß für die Stärke der Hintergrundbeleuchtung. Dieser Parameter kann auf einen Wert größer als 0 gesetzt werden, falls z.B. der Weißabgleich der Kamera nicht genau vorgenommen worden ist.

Achtung

sfs_orig_lr nimmt an, dass die Höhen auf einem Gitter der Schrittweite 1 vorliegen sollen. Ist das nicht der Fall, so müssen die berechneten Höhen nach Ausführung der Funktion noch mit der Gitterschrittweite multipliziert

werden. Es wird ein rechtshändiges kartesisches Koordinatensystem mit Nullpunkt in der linken unteren Ecke des Bildes verwendet. `sfs_mod_lr` ist nur für Byte-Bilder implementiert.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
Das schattierte Bild.

▷ **`Height`** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* real
Das rekonstruierte Höhenmodell.

▷ **`Slant`** (input_control) . . . . . angle.deg ⇝ *real* / integer
Winkel zwischen der Richtung der Lichtquelle und der positiven z-Achse (im Gradmaß).
Default: 45.0
Wertevorschläge: `Slant` ∈ {1.0, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0, 60.0, 90.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ `Slant` ≤ 90.0
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **`Tilt`** (input_control) . . . . . angle.deg ⇝ *real* / integer
Winkel zwischen der Richtung der Lichtquelle nach Projektion in die xy-Ebene und der x-Achse (im Gradmaß).
Default: 45.0
Wertevorschläge: `Tilt` ∈ {1.0, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0, 60.0, 90.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ `Tilt` ≤ 360.0
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **`Albedo`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Anteil der Strahlung, der von der Oberfläche reflektiert wird.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Albedo` ∈ {0.1, 0.5, 1.0, 5.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ `Albedo` ≤ 5.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1
Restriktion: Albedo >= 0.0

▷ **`Ambient`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Stärke der indirekten Beleuchtung.
Default: 0.0
Wertevorschläge: `Ambient` ∈ {0.1, 0.5, 1.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ `Ambient` ≤ 1.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1
Restriktion: Ambient >= 0.0

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `sfs_orig_lr` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), sonst eine Fehlermeldung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`estimate_al_am`, `estimate_sl_al_lr`, `estimate_sl_al_zc`, `estimate_tilt_lr`, `estimate_tilt_zc`, `optimize_fft_speed`

Nachfolger

`shade_height_field`

Modul

3D Metrology

sfs_pentland (Image : Height : Slant, Tilt, Albedo, Ambient :)

Rekonstruieren der relativen Höhe aus den Grauwerten.

Der Operator sfs_pentland berechnet nach dem Algorithmus von Pentland aus dem Bild Image und einer Lichtquelle, die durch die Parameter Slant, Tilt, Albedo und Ambient bestimmt wird, die entsprechenden Höhen, die bei der Bilderzeugung vorgelegen haben. Die Lichtquelle liegt dabei im Unendlichen in der Richtung, die durch Slant und Tilt bestimmt werden. Der Parameter Albedo gibt den Reflexionskoeffizienten der Oberfläche an. Ambient ist ein Maß für die Stärke der Hintergrundbeleuchtung. Dieser Parameter kann auf einen Wert größer als 0 gesetzt werden, falls z.B. der Weißabgleich der Kamera nicht genau vorgenommen worden ist.

Achtung

sfs_pentland nimmt an, dass die Höhen auf einem Gitter der Schrittweite 1 vorliegen sollen. Ist das nicht der Fall, so müssen die berechneten Höhen nach Ausführung der Funktion noch mit der Gitterschrittweite multipliziert werden. Es wird ein rechtshändiges kartesisches Koordinatensystem mit Nullpunkt in der linken unteren Ecke des Bildes verwendet. sfs_pentland ist nur für Byte-Bilder implementiert.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
  Das schattierte Bild.
- ▷ **Height** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* real
  Das rekonstruierte Höhenmodell.
- ▷ **Slant** (input_control) ..... angle.deg ⇝ *real* / integer
  Winkel zwischen der Richtung der Lichtquelle und der positiven z-Achse (im Gradmaß).
  Default: 45.0
  Wertevorschläge: Slant ∈ {1.0, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0, 60.0, 90.0}
  Wertebereich: 0.0 ≤ Slant ≤ 180.0 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1.0
  Empfohlene Schrittweite: 10.0
- ▷ **Tilt** (input_control) ..... angle.deg ⇝ *real* / integer
  Winkel zwischen der Richtung der Lichtquelle nach Projektion in die xy-Ebene und der x-Achse (im Gradmaß).
  Default: 45.0
  Wertevorschläge: Tilt ∈ {1.0, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0, 60.0, 90.0}
  Wertebereich: 0.0 ≤ Tilt ≤ 360.0 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1.0
  Empfohlene Schrittweite: 10.0
- ▷ **Albedo** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Anteil der Strahlung, der von der Oberfläche reflektiert wird.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: Albedo ∈ {0.1, 0.5, 1.0, 5.0}
  Wertebereich: 0.0 ≤ Albedo ≤ 5.0 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
  Restriktion: Albedo >= 0.0
- ▷ **Ambient** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Stärke der indirekten Beleuchtung.
  Default: 0.0
  Wertevorschläge: Ambient ∈ {0.1, 0.5, 1.0}
  Wertebereich: 0.0 ≤ Ambient ≤ 1.0 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
  Restriktion: Ambient >= 0.0

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert sfs_pentland den Wert 2 (H_MSG_TRUE), sonst eine Fehlermeldung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`estimate_al_am`, `estimate_sl_al_lr`, `estimate_sl_al_zc`, `estimate_tilt_lr`, `estimate_tilt_zc`, `optimize_fft_speed`

Nachfolger

`shade_height_field`

Modul

3D Metrology

shade_height_field (ImageHeight : ImageShade : Slant, Tilt, Albedo, Ambient, Shadows :)

Schattieren eines Höhenmodells.

`shade_height_field` berechnet aus einem Höhenmodell (einer Matrix, deren Einträge Höhen auf einem Gitter angeben) ein Bild, das das betreffende Höhenmodell bei Beleuchtung durch eine unendlich weit entfernte Punktlichtquelle darstellt. Dabei wird angenommen, dass die durch das Höhenmodell beschriebene Oberfläche Lambertsche Reflexionseigenschaften besitzt. Es kann zusätzlich bestimmt werden, ob Schatten berechnet werden sollen oder nicht.

Achtung

`shade_height_field` nimmt an, dass die Höhen auf einem Gitter der x- und y-Schrittweite 1 vorliegen. Ist dies nicht der Fall, so sollten die Höhen vorher entsprechend skaliert werden (z.B. durch Division durch die Gitter-Schrittweite), da die Ableitungen sonst als „zu flach“ oder „zu steil“ geschätzt werden. Beispiel: Das Höhenmodell ist an 100*100 Werten auf dem Quadrat [0,1]*[0,1] gegeben. Dann sollten die Höhen zunächst durch 1/100 geteilt werden. Es wird ein rechtshändiges kartesisches Koordinatensystem mit Nullpunkt in der linken unteren Ecke des Bildes verwendet.

Parameter

▷ **ImageHeight** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / int4 / real
Zu schattierendes Höhenmodell.

▷ **ImageShade** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* byte
Schattiertes Bild.

▷ **Slant** (input_control) . . . . . angle.deg ⇝ *real* / integer
Winkel zwischen der Richtung der Lichtquelle und der positiven z-Achse (im Gradmaß).
Default: 0.0
Wertevorschläge: `Slant` ∈ {1.0, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0, 60.0, 90.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ `Slant` ≤ 180.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Tilt** (input_control) . . . . . angle.deg ⇝ *real* / integer
Winkel zwischen der Richtung der Lichtquelle nach Projektion in die xy-Ebene und der x-Achse (im Gradmaß).
Default: 0.0
Wertevorschläge: `Tilt` ∈ {1.0, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0, 60.0, 90.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ `Tilt` ≤ 360.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Albedo** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Anteil der Strahlung, der von der Oberfläche reflektiert wird.
Default: 1.0
Wertevorschläge: Albedo ∈ {0.1, 0.5, 1.0, 5.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Albedo ≤ 5.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1
Restriktion: Albedo >= 0.0

▷ **Ambient** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Stärke der indirekten Beleuchtung.
Default: 0.0
Wertevorschläge: Ambient ∈ {0.1, 0.5, 1.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Ambient ≤ 1.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1
Restriktion: Ambient >= 0.0

▷ **Shadows** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Berechnung von Schatten ein- bzw. ausschalten.
Default: 'false'
Wertevorschläge: Shadows ∈ {'true', 'false'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert shade_height_field den Wert 2 (H_MSG_TRUE), sonst eine Fehlermeldung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

sfs_mod_lr, sfs_orig_lr, sfs_pentland, photometric_stereo

Modul

Foundation

uncalibrated_photometric_stereo (Images : NormalField, Gradient, Albedo : ResultType :)

Rekonstruieren einer Oberfläche von mehreren, unterschiedlich beleuchteten Bildern.

Der Operator uncalibrated_photometric_stereo kann benutzt werden um die feinen Details einer Oberfläche eines gegebenen Objektes zu extrahieren, ohne dass man Wissen über die Beleuchtung, Geometrie und Spiegelungseigenschaften des Objektes hat. Die Geometrien von Interesse können z.B. Dellen, Falten oder Kratzer sein. Der Operator kann normalerweise nicht verwendet werden, um die allgemeine Form eines Objektes zu vermessen. Der Operator liefert die Normalen der Oberfläche in NormalField als ein 3-kanaliges Bild, wobei jedes Bild eine Komponente der Normalen kodiert. Dieses Bild wird für die Visualisierung des Ergebnisses als farbkodiertes Bild verwendet. Außerdem werden die Gradienten und die Albedo der Objektoberfläche in Gradient bzw. Albedo zurückgegeben. Welches Ergebnis berechnet werden soll kann mit Hilfe von ResultType eingestellt werden. Dieser Operator ist ähnlich zu photometric_stereo, benötigt jedoch keine kalibrierten Lichtrichtungen. Es ist zu beachten, dass photometric_stereo schneller und genauer ist, aber die Lichtrichtungen bekannt sein müssen. Für sinnvolle Ergebnisse muss, sowohl für den kalibrierten wie auch den unkalibrierten Fall, eine orthografische Projektion der Kamera angenommen werden. Dies wird erreicht, indem ein telezentrisches Objektiv oder zumindest ein Objektiv mit langer Brennweite verwendet wird.

Der Operator benötigt mindestens drei unterschiedlich beleuchtete Bilder eines Objekts, welches mit einer statischen Kamera aufgenommen wurde und für jedes Bild eine unterschiedliche Beleuchtungsrichtung. Die besten Resultate werden erzielt, wenn das Objekt sog. Lambert'sche Reflexionseigenschaften und keine Reflexionen oder Schattenwurf aufweist.

Parameter

▷ **Images** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebilder mit jeweils unterschiedlicher Beleuchtungsrichtung.

▷ **NormalField** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* real
Oberflächennormalen pro Pixel.

▷ **Gradient** (output_object) . . . . . image ⇝ *object :* vector_field
Gradienten der Oberfläche in x,y Richtung.

▷ **Albedo** (output_object) . . . . . image ⇝ *object :* real
Anteil der Strahlung, der von der Oberfläche reflektiert wird.

▷ **ResultType** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Zu berechnende ikonische Ergebnisse.
Default: 'all'
Werteliste: `ResultType` ∈ {[], 'all', 'normal_field', 'gradient', 'normalized_gradient', 'albedo'}

Beispiel

```
* read severally illuminated images
FName := 'photometric_stereo/pharma_braille_0' + [1:4] + '.png'
read_image(Images, FName)
* extract surface normals, gradients and albedo from images
uncalibrated_photometric_stereo(Images, NormalField, Gradient, Albedo, 'all')
derivate_vector_field (Gradient, Result, 0.1, 'mean_curvature')
reconstruct_height_field_from_gradient (Gradient, HeightField, 'poisson', \
                                        [], [])
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `uncalibrated_photometric_stereo` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), sonst eine Fehlermeldung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

`photometric_stereo`

Siehe auch

`photometric_stereo`

Literatur

H. Hayakawa: „Photometric stereo under a light source with arbitrary motion“. Journal Optical Society America, Vol. 11, No. 11/November 1994.

Modul

3D Metrology

5.5 Sheet-of-light

```
apply_sheet_of_light_calibration ( 
    Disparity : : SheetOfLightModelID : )
```

Wendet die Kalibriertransformationen auf das Eingabe-Disparitätsbild an.

Der Operator `apply_sheet_of_light_calibration` liest das Disparitätsbild `Disparity` und speichert es in das von `SheetOfLightModelID` referenzierte Lichtschnitt-Modell. Anschließend werden die Kalibriertransformationen auf dieses Disparitätsbild angewendet und somit die kalibrierten 3D-Punktkoordinaten der rekonstruierten Oberfläche berechnet. Diese 3D-Koordinaten können mit dem Operator `get_sheet_of_light_result` abgerufen werden. Das entsprechende 3D-Objektmodell kann mit

dem Operator get_sheet_of_light_result_object_model_3d abgerufen werden. Vor dem nächsten Aufruf von apply_sheet_of_light_calibration für ein Disparitätsbild kleinerer Höhe sollte reset_sheet_of_light_model aufgerufen werden.

Das Disparitätsbild Disparity kann mit dem Operator measure_profile_sheet_of_light gemessen werden oder auch mit Hilfe einer speziellen Kamera akquiriert werden, welche Disparitätsbilder direkt nach dem Lichtschnittverfahren liefert.

Um die kalibrierten 3D-Koordinaten mit apply_sheet_of_light_calibration berechnen zu können, müssen vorher die folgenden Parameter in das Lichtschnitt-Modell gesetzt worden sein. Dies kann mit dem Operator set_sheet_of_light_param erfolgen.

'calibration': gibt an, welche Kalibriertransformationen auf das Disparitätsbild angewendet werden sollen und muss auf *'xz'*, *'xyz'* oder *'offset_scale'* gesetzt worden sein.

'camera_parameter': die internen Parameter der Kamera des Messsystems.

'camera_pose': die Pose des Weltkoordinatensystems relativ zum Kamerakoordinatensystem.

'lightplane_pose': die Pose des Koordinatensystems der Lichtebene relativ zum Weltkoordinatensystem. Mit dem Koordinatensystem der Lichtebene ist ein Koordinatensystem gemeint, dessen Ebene definiert durch z=0 mit der Lichtebene übereinstimmt, die der Lichtlinienprojektor im Raum erzeugt.

'movement_pose': die Pose, die die Bewegung des Objekts relativ zum Messsystem während der Messung beschreibt. Diese Pose soll im Weltkoordinatensystem formuliert sein.

'scale': dieser Parameter legt fest mit welchem Faktor die kalibrierten 3D-Koordinaten X, Y und Z skaliert werden. *'scale'* muss als der Quotient *Zieleinheit/Originaleinheit* eingegeben werden. Die Originaleinheit wird durch das Kalibrierobjekt bestimmt, sie ist Meter wenn Sie eine Standardkalibrierplatte benutzen.

Die Referenzdokumentation des Operators set_sheet_of_light_param liefert weitere Details über die Bedeutung aller Modell-Parameter.

Parameter

▷ **Disparity** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* real
Zu kalibrierende Entfernungs- oder Höhenmessung.

▷ **SheetOfLightModelID** (input_control) ..... sheet_of_light_model ⇝ *handle*
Handle des Lichtschnitt-Modells.

Beispiel

```
* ...
* Read an already acquired disparity map from file
read_image (Disparity, 'sheet_of_light/connection_rod_disparity.tif')
*
* Create a model and set the required parameters
gen_rectangle1 (ProfileRegion, 120, 75, 195, 710)
create_sheet_of_light_model (ProfileRegion, ['min_gray','num_profiles', \
                             'ambiguity_solving'], [70,290,'first'], \
                              SheetOfLightModelID)
set_sheet_of_light_param (SheetOfLightModelID, 'calibration', 'xyz')
set_sheet_of_light_param (SheetOfLightModelID, 'scale', 'mm')
set_sheet_of_light_param (SheetOfLightModelID, 'camera_parameter', \
                          CameraParameter)
set_sheet_of_light_param (SheetOfLightModelID, 'camera_pose', CameraPose)
set_sheet_of_light_param (SheetOfLightModelID, 'lightplane_pose', \
                          LightPlanePose)
set_sheet_of_light_param (SheetOfLightModelID, 'movement_pose', \
                          MovementPose)
*
* Apply the calibration transforms and
* get the resulting calibrated coordinates
apply_sheet_of_light_calibration (Disparity, SheetOfLightModelID)
get_sheet_of_light_result (X, SheetOfLightModelID, 'x')
```

```
get_sheet_of_light_result (Y, SheetOfLightModelID, 'y')
get_sheet_of_light_result (Z, SheetOfLightModelID, 'z')
*
```

Ergebnis

`apply_sheet_of_light_calibration` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SheetOfLightModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Nachfolger

`get_sheet_of_light_result`, `get_sheet_of_light_result_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

`calibrate_sheet_of_light ( : : SheetOfLightModelID : Error )`

Kalibrieren eines Lichtschnitt-Modells mit einem 3D Kalibrierkörper.

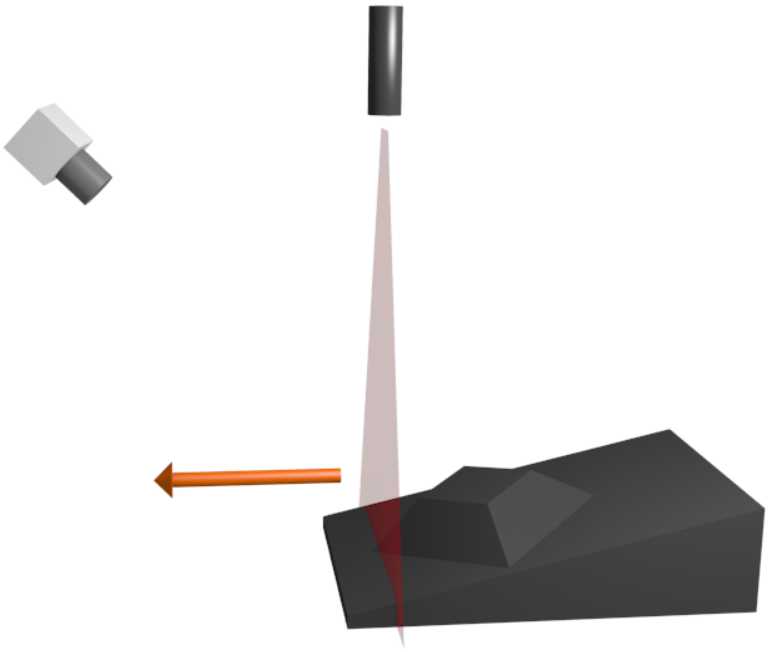
`calibrate_sheet_of_light` kalibriert das Lichtschnitt-Modell `SheetOfLightModelID` mit einem Disparitätsbild eines 3D Kalibrierkörpers und gibt den Rückprojektionsfehler der Optimierung in `Error` zurück.

Überblick

Die Kalibrierung eines Lichtschnitt Aufbaus mit `calibrate_sheet_of_light` ist einfacher als die Kalibrierung mit Standard

Halcon Kalibrierplatten, wie es im HDevelop Beispiel `calibrate_sheet_of_light_calplate.hdev` gezeigt wird. Es wird nur die unkalibrierte Rekonstruktion, das heißt ein Disparitätsbild, eines speziellen 3D Kalibrierkörpers benötigt um das Lichtschnitt-Modell zu kalibrieren.

Im folgenden werden die Schritte, die für die Kalibrierung nötig sind beschrieben.



Kalibrierung eines Lichtschnitt Aufbaus

3D Kalibrierkörper

Es wird ein spezieller 3D Kalibrierkörper benötigt. Dieser Kalibrierkörper muss dem mit `create_sheet_of_light_calib_object` erzeugten CAD Modell entsprechen. Der 3D Kalibrierkörper besteht aus einer schiefen Ebene, auf der sich ein Pyramidenstumpf befindet. Die dünne Seite wird im folgenden als die Vorderseite bezeichnet. Die dickere Seite als die Rückseite.

Die Dimensionen des Kalibrierkörpers sollten so gewählt sein, dass der Kalibrierkörper das Messvolumen abdeckt. Dabei ist zu beachten, dass nur der Bereich auf dem Kalibrierkörper, der über `HeightMin` liegt, in die Kalibrierung einfließt.

Das CAD-Modell, welches als DXF Datei geschrieben wurde, dient auch als Beschreibungsdatei für den Kalibrierkörper.

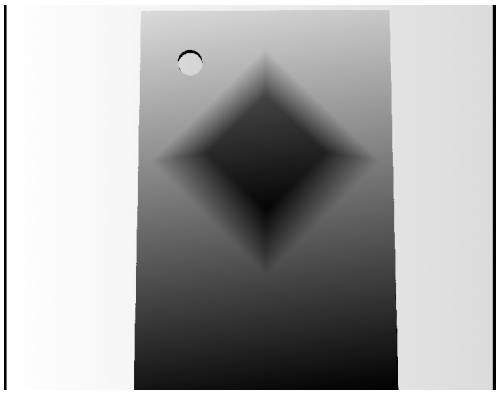
Vorbereitung des Lichtschnitt-Modells

Um ein Lichtschnitt-Modell auf die Kalibrierung vorzubereiten, müssen die folgenden Schritte durchgeführt werden:

- Erzeugen des Lichtschnitt-Modells mit `create_sheet_of_light_model` und Anpassen der Modelleinstellungen an die konkrete Messaufgabe.
- Setzen der Startkameraparameter mit `set_sheet_of_light_param`. Zunächst werden nur projektive Flächenkameras mit Divisionsmodell unterstützt, d.h. Kameras vom Typ *'area_scan_division'*.
- Setzen der Beschreibungsdatei des Kalibrierkörpers (erzeugt mit `create_sheet_of_light_calib_object`) mit `set_sheet_of_light_param`.

Unkalibrierte Rekonstruktion des 3D Kalibrierkörpers

Der 3D Kalibrierkörper muss mit dem (unkalibrierten) Lichtschnitt-Modell (das wie oben vorbereitet wurde) rekonstruiert werden, d.h. es muss ein Disparitätsbild des 3D Kalibrierkörper erzeugt werden.



Disparitätsbild eines 3D Kalibrierkörpers

Für diese Rekonstruktion muss der Kalibrierkörper so orientiert sein, dass entweder seine Vorderseite oder seine Rückseite die Lichtebene als erstes schneiden (das heißt, der Bewegungsvektor muss parallel zur Y Achse des Kalibrierkörpers sein, siehe `create_sheet_of_light_calib_object`). So weit wie möglich sollte die Region des Disparitätsbildes des Kalibrierkörpers auf den Kalibrierkörper eingeschränkt sein. Die Region des Disparitätsbildes sollte außerdem auf der abgeschnittenen Pyramide keine Löcher aufweisen. Alle vier Seiten der abgeschnittenen Pyramide müssen deutlich sichtbar sein.

Kalibrierung des Lichtschnitt Aufbaus

Die Kalibrierung wird mit `calibrate_sheet_of_light` durchgeführt. Der zurückgegebene Fehler `Error` ist der RMS der Distanz der rekonstruierten Punkte zum Kalibrierobjekt in Metern.

Bei mit `calibrate_sheet_of_light` kalibrierten Lichtschnitt-Modellen können die Parameter in seltenen Fällen ein unrealistisches Bild des Setups vermitteln, was jedoch die Messgenauigkeit der Kalibrierung nicht negativ beeinflusst.

Parameter

- ▷ **`SheetOfLightModelID`** (input_control) ..... sheet_of_light_model ⇝ *handle*
  Handle für den Zugriff auf das Lichtschnitt-Modell.
- ▷ **`Error`** (output_control) ..... number ⇝ *real*
  Durchschnittlicher verbleibender Fehler nach der Optimierung.

Beispiel

```
* Calibrate a sheet-of-light model with a 3D calibration object
gen_rectangle1 (Rectangle, 300, 0, 800, 1023)
CameraParam := ['area_scan_division', 0.016, 0, 4.65e-6, 4.65e-6, \
                640.0, 512.0, 1280, 1024]
create_sheet_of_light_model (Rectangle, 'min_gray', 50, SheetOfLightModelID)
set_sheet_of_light_param (SheetOfLightModelID, 'camera_parameter', \
                          CameraParam)
set_sheet_of_light_param (SheetOfLightModelID, 'calibration_object', \
                         'calib_object.dxf')
* Uncalibrated reconstruction of the calibration object
for ProfileIndex := 1 to 1000 by 1
    grab_image_async (Image, AcqHandle, -1)
    measure_profile_sheet_of_light (Image, SheetOfLightModelID, [])
endfor
* Calibration of the sheet-of-light-model
calibrate_sheet_of_light (SheetOfLightModelID, Error)
* Now get a calibrated reconstruction of the calibration object
get_sheet_of_light_result_object_model_3d (SheetOfLightModelID, \
                                           ObjectModel3D)
```

Ergebnis

`calibrate_sheet_of_light` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Kalibrierung erfolgreich war. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SheetOfLightModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_sheet_of_light_model`, `set_sheet_of_light_param`, `set_profile_sheet_of_light`, `measure_profile_sheet_of_light`

Nachfolger

`set_profile_sheet_of_light`, `apply_sheet_of_light_calibration`

Modul

3D Metrology

`clear_sheet_of_light_model ( : : SheetOfLightModelID : )`

Löschen eines Lichtschnitt-Modells und Freigabe des verwendeten Speichers.

Der Operator `clear_sheet_of_light_model` löscht ein mit `create_sheet_of_light_model` angelegtes Lichtschnitt-Modell und gibt den gesamten darin referenzierten Speicherplatz wieder frei. Das Handle des zu löschenden Lichtschnitt-Modells muss in `SheetOfLightModelID` übergeben werden. Nach dem Aufruf ist er ungültig.

Parameter

▷ **`SheetOfLightModelID`** (input_control) . . . . . sheet_of_light_model ⇝ *handle*
Handle des zu löschenden Lichtschnitt-Modells.

Ergebnis

`clear_sheet_of_light_model` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das übergebene Handle des Lichtschnitt-Modells gültig ist, und das darüber referenzierte Modell vollständig freigegeben werden kann. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SheetOfLightModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Siehe auch

`create_sheet_of_light_model`

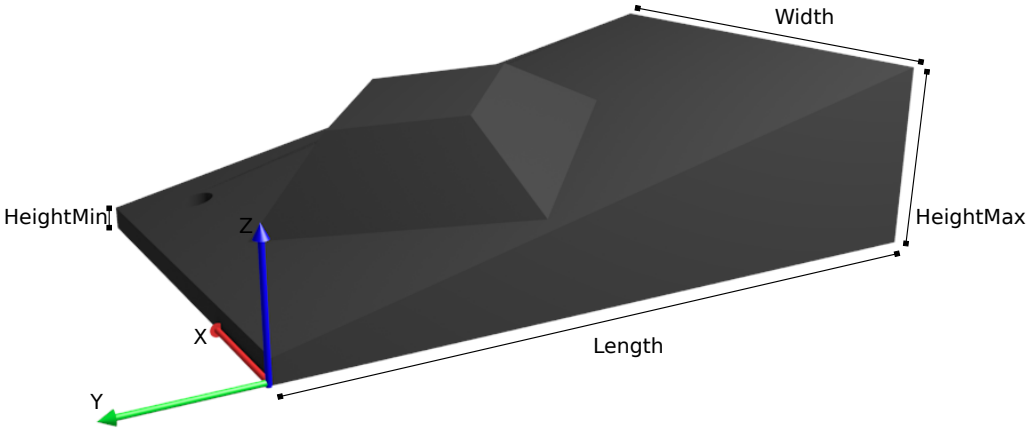
Modul

3D Metrology

create_sheet_of_light_calib_object (: : Width, Length, HeightMin, HeightMax, FileName :)

Erzeugen eines Kalibrierobjekts für die Lichtschnittkalibrierung.

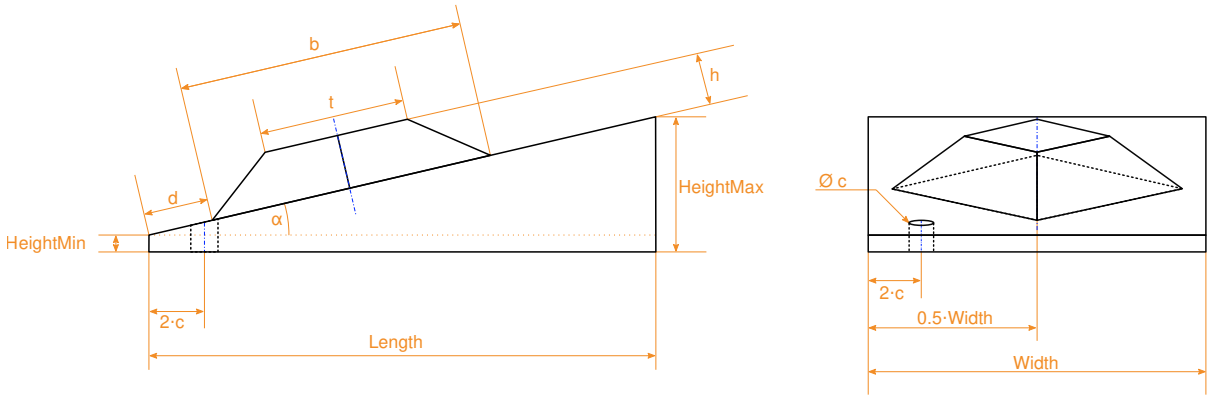
create_sheet_of_light_calib_object erzeugt ein CAD-Modell eines Kalibrierobjekts für die Lichtschnittkalibrierung mit calibrate_sheet_of_light und speichert es in FileName.



Ein Kalibrierobjekt für die Lichtschnittkalibrierung

Das Kalibrierobjekt besteht aus einer schiefen Ebene mit einem um 45 Grad gedrehten Pyramidenstumpf. In dem Kalibrierkörper befindet sich eine Orientierungsmarkierung in Form eines kreisförmigen Loches. Die Abmessungen (Width, Length, HeightMin und HeightMax) des Kalibrierobjekts müssen in Metern angegeben werden. Die Länge Length muss mindestens 10% größer sein als die Breite Width. Die Z-Koordinate des höchsten Punktes auf dem Pyramidenstumpf ist höchstens HeightMax. Das Kalibrierobjekt wird eventuell nicht von calibrate_sheet_of_light gefunden, wenn der Höhenunterschied zwischen dem gedrehten Pyramidenstumpf und der schiefen Ebene zu gering ist. In diesem Fall müssen entweder HeightMin und HeightMax entsprechend angepasst werden, oder es kann die Abtastrate bei der Aufnahme der Kalibrierdaten erhöht werden.

Die Abmessungen des Kalibrierobjekts sollten so gewählt werden, dass es möglich ist, damit das Messvolumen des Lichtschnittaufbaus abzudecken. Bei der Wahl der Länge (Length) des Objekts sollte außerdem die Geschwindigkeit des Lichtschnittaufbaus berücksichtigt werden, so dass das Kalibrierobjekt durch ausreichend viele Profilmessungen abgetastet wird.



Technische Zeichnung des Kalibrierkörpers, wobei c der Durchmesser der Orientierungsmarkierung ist, d ist der Abstand der Pyramide von der Vorderseite des Objekts, h ist die Höhe des Pyramidenstumpfes, b ist die Länge der Diagonalen des Pyramidenstumpfes auf dessen Unterseite, t ist die entsprechende Länge auf der Oberseite und α ist der Winkel der schiefen Ebene.

Das erzeugte Kalibrierobjekt kann in `calibrate_sheet_of_light` verwendet werden, indem der Parameter *'calibration_object'* mit `set_sheet_of_light_param` auf `FileName` gesetzt wird.

Bitte beachten Sie, dass MVTec keine 3D-Kalibrierobjekte anbietet. Nutzen Sie `create_sheet_of_light_calib_object`, um ein individuelles CAD-Modell zu erstellen. Dieses können Sie dann nutzen, um das benötigte 3D-Kalibrierobjekt herzustellen. Es hat sich bewährt, dieses aus Aluminium zu fräsen. Je nach gewünschter Messgenauigkeit kann dabei aber die thermische Stabilität problematisch sein. Wichtig ist dabei, dass das Objekt eine helle Oberfläche hat. Die Farbe ist gegebenenfalls so anzupassen, dass genug Kontrast zur Farbe des Lasers besteht. Außerdem sollte die Oberfläche nicht durchsichtig sein und nicht spiegeln. Um dies zu erreichen, kann das Objekt eloxiert oder lackiert werden. Besonders beim Lackieren ist aber zu beachten, dass die Genauigkeit aufgrund der aufgetragenen Lackschicht sinken kann. Zu rau darf die Oberfläche jedoch auch nicht sein, sonst sinkt die Genauigkeit. Es empfiehlt sich, das Objekt nach der Herstellung nachmessen zu lassen, um festzustellen, ob die gewünschte Genauigkeit erreicht wird. Prinzipiell gilt, dass die Genauigkeit des Kalibrierkörpers um Faktor zehn besser sein sollte als die gewünschte Messgenauigkeit. Die bei der Messung ermittelten Werte können dann manuell in die DXF Datei eingetragen werden, welche dann für die Kalibrierung mit `calibrate_sheet_of_light` verwendet werden kann.

Parameter

- ▷ **`Width`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Breite des Körpers.
  Default: 0.1
- ▷ **`Length`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Länge des Körpers.
  Default: 0.15
- ▷ **`HeightMin`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Minimale Höhe der Grundebene.
  Default: 0.005
- ▷ **`HeightMax`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Maximale Höhe der Grundebene.
  Default: 0.04
- ▷ **`FileName`** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
  Dateiname für das Modell des Kalibrierobjekts.
  Default: 'calib_object.dxf'
  Dateiendung: `.dxf`

Ergebnis

`create_sheet_of_light_calib_object` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

3D Metrology

`create_sheet_of_light_model` `( ProfileRegion : : GenParamName, GenParamValue : SheetOfLightModelID )`

Anlegen eines generischen Modells zur Durchführung von 3D-Messungen nach dem Lichtschnittverfahren.

Mit Hilfe von `create_sheet_of_light_model` wird ein generisches Modell zur Durchführung von 3D-Messungen nach dem Lichtschnittverfahren angelegt.

Das Lichtschnittverfahren ermöglicht es, die Oberfläche von lichtstreuenden Körpern zu rekonstruieren. Hierfür werden eine Kamera mit Flächensensor und ein Lichtlinienprojektor (typischerweise ein Laserlinienprojektor) benötigt. Der Linienprojektor und die Kamera haben eine feste Anordnung zueinander. Ihre optischen Achsen bilden

einen sogenannten Triangulierungswinkel, dessen Wert typischerweise zwischen 30° und 60° ausgewählt wird. Die projizierte Lichtlinie beschreibt eine Ebene im Raum. Diese Ebene schneidet die Oberfläche des zu messenden Körpers, so dass ein Profil der Oberfläche für die Kamera sichtbar wird. Durch relative Bewegung des zu messenden Körpers unter dem Messsystem (bestehend aus Kamera und Linienprojektor in fester Anordnung) können nacheinander mehrere Profile aufgenommen werden, und somit die gesamte Oberfläche des Körpers rekonstruiert werden. Je nach Anforderung kann der zu messende Körper unter dem Messsystem bewegt werden oder auch das Messsystem über dem Körper. Bitte bemerken Sie, dass die Profile annähernd waagerecht orientiert sein müssen, weil sie spaltenweise verarbeitet werden.

Wenn die geometrischen Eigenschaften des Messsystems bekannt sind, ist es möglich kalibrierte dreidimensionale Koordinaten der rekonstruierten Oberfläche zu berechnen. Die Referenzdokumentation zum Operator `set_sheet_of_light_param` liefert einen Überblick über die hierzu benötigte Information. Sind diese Informationen nicht vorhanden, so wird als Ergebnis der Messung nur ein Disparitätsbild erzeugt, bei welchem die Pixelwerte der subpixel-genauen Position des detektierten Profils entsprechen.

Als Ergebnis liefert der Operator in `SheetOfLightModelID` ein Handle zurück, das für alle weiteren Lichtschnittverfahren-Operationen verwendet wird, beispielsweise um Modelleinstellungen zu ändern, um Profile zu messen, um Kalibriertransformationen anzuwenden oder um auf die Messergebnisse zuzugreifen.

Erforderliche ikonische Eingabeparameter

Der folgende ikonische Parameter muss gesetzt werden, um Messungen durchführen zu können:

`ProfileRegion`: definiert die Region des Profilbildes, die durch den Operator `measure_profile_sheet_of_light` verarbeitet wird. Diese Region sollte rechteckig sein und kann zum Beispiel mit Hilfe von `gen_rectangle1` erzeugt werden. Wenn `ProfileRegion` nicht rechteckig ist wird ihre kleinste umschließende Region benutzt. `ProfileRegion` wird nur von dem Operator `measure_profile_sheet_of_light` berücksichtigt und wird bei der Verarbeitung von Disparitätsbildern ignoriert.

Standardeinstellung des Lichtschnitt-Modells

Die Standardeinstellungen des Lichtschnitt-Modells wurden ausgewählt, um Messungen in einer Grundkonfiguration durchführen zu können. Die folgende Liste gibt einen Überblick über die Standardwerte der Modellparameter (siehe `set_sheet_of_light_param` für eine detaillierte Beschreibung der Modellparameter):

- *'method'*
- *'min_gray'*
- *'num_profiles'*
- *'ambiguity_solving'*
- *'score_type'*
- *'calibration'*

Ändern der Modelleinstellung

Wir empfehlen die Modelleinstellungen an die konkrete Messaufgabe anzupassen, um die Qualität der Messung zu erhöhen oder um die Laufzeit zu verkürzen. Eine Änderung der Modelleinstellung ist ebenfalls erforderlich, um kalibrierte Messwerte zu ermitteln.

Mit Hilfe der generischen Parameter `GenParamName` und `GenParamValue` ist es möglich die Standardwerte des Lichtschnitt-Modells zu ändern. Diese Änderungen können ebenfalls mit dem Operator `set_sheet_of_light_param` durchgeführt werden. Bei diesem Operator kann jedoch nur ein einziger Parameter verändert werden, während mit `create_sheet_of_light_model` mehrere Parameter mit einem Aufruf verändert werden können. `set_sheet_of_light_param` liefert eine detaillierte Beschreibung der Modellparameter.

Bitte beachten Sie, dass die folgenden Modellparameter nicht mit dem Operator `create_sheet_of_light_model`, sondern nur mit dem Operator `set_sheet_of_light_param` gesetzt werden können: *'camera_parameter'*, *'camera_pose'*, *'lightplane_pose'*, und *'movement_pose'*.

In jedem Fall können die aktuell eingestellten Modellparameter mit `get_sheet_of_light_param` ausgelesen werden. Die Namen der Parameter, die für das konkrete Modell gesetzt bzw. abgefragt werden können, liefert `query_sheet_of_light_params`.

Verwendung des vereinfachten Parameter des Lichtschnitt-Modells

Wenn ein einfacher Aufbau vorliegt oder keine metrische Messung nötig ist, können die Disparitäten mit einem stark vereinfachten Parametersatz in 3D umgewandelt werden.

Durch das Setzen der Kalibrierung mit Hilfe von `set_sheet_of_light_param` auf den Wert *'offset_scale'* werden die Kameraparameter und Posen des Lichtschnitt-Modells so gesetzt, dass Pixel als Maßstab für eine Überführung in 3D genutzt werden können. Das erlaubt das erzeugen von 3D Modellen und 3D Bildern aus einem unkalibrierten Aufbau.

Die sechs vereinfachten Parameter, die die Transformation von Disparitäten in 3D steuern sind: *'scale_x'*, *'scale_y'*, *'scale_z'*, *'offset_x'*, *'offset_y'*, *'offset_z'*. Die Beschreibung von `set_sheet_of_light_param` enthält detaillierte Informationen über diese Parameter.

Verwendung des Handles in mehreren Threads

Es ist zu beachten, dass man bei der Verwendung eines Lichtschnitt-Modells `SheetOfLightModelID` in mehreren Threads sorgfältig umgehen muss. Ein und dasselbe Handle kann nicht gleichzeitig von unterschiedlichen Threads verwendet werden, wenn diese das Handle modifizieren. Somit muss man besonders vorsichtig sein, wenn die Threads solche Operatoren aufrufen, die Änderungen an den Daten des Handles vornehmen. Ein entsprechender Hinweis ist in dem *'Attention'* Abschnitt der Operatoren zu finden. Falls man trotzdem dasselbe Handle in Operatoren verwenden möchte, die gleichzeitig in unterschiedlichen Threads das Handle modifizieren, müssen die Threads synchronisiert werden. Damit wird sichergestellt, dass die Threads keinen gleichzeitigen Zugriff auf das Handle haben. Wenn man nicht sicher ist, ob die Verwendung eines Handles thread-safe ist, kann man im *'Attention'* Abschnitt des entsprechenden Operatoreintrags in der Operator-Referenz nachsehen, ob es eine Warnung gibt, die auf dieses Problem hinweist. Unterschiedliche Handles hingegen können unabhängig und sicher in unterschiedlichen Threads verwendet werden.

Parameter

- ▷ **`ProfileRegion`** (input_object) . . . . . region ⇝ *object*
  Region in welcher die zu detektierenden Profile gesucht werden. Wenn diese Region nicht rechteckig ist, wird die kleinste umschließende rechteckige Region verwendet.
- ▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter, die für die Detektion des Profils eingestellt werden können.
  Default: 'min_gray'
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'min_gray', 'method', 'ambiguity_solving', 'score_type', 'num_profiles', 'calibration', 'scale', 'scale_x', 'scale_y', 'scale_z', 'offset_x', 'offset_y', 'offset_z'}
- ▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Wert der generischen Parameter, die für die Detektion des Profils eingestellt werden können.
  Default: 50
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'default', 'center_of_gravity', 'last', 'first', 'brightest', 'none', 'intensity', 'width', 'offset_scale', 50, 100, 150, 180}
- ▷ **`SheetOfLightModelID`** (output_control) . . . . . sheet_of_light_model ⇝ *handle*
  Handle für den Zugriff auf das Lichtschnitt-Modell

Beispiel

```
* Create the rectangular region in which the profiles are measured.
gen_rectangle1 (ProfileRegion, 120, 75, 195, 710)
*
* Create a model in order to measure profiles according to
* the sheet-of-light technique. Simultaneously set some
* parameters for the model.
create_sheet_of_light_model (ProfileRegion, ['min_gray','num_profiles', \
                             'ambiguity_solving','score_type'], \
                             [70,290,'first','width'], \
  SheetOfLightModelID)
*
* Measure the profile from successive images
for Index := 1 to 290 by 1
    read_image (ProfileImage, 'sheet_of_light/connection_rod_'+Index$'.3')
    dev_display (ProfileImage)
    dev_display (ProfileRegion)
    measure_profile_sheet_of_light (ProfileImage, SheetOfLightModelID, [])
```

```
endfor
*
* Get the resulting disparity and score images
get_sheet_of_light_result (Disparity, SheetOfLightModelID, 'disparity')
get_sheet_of_light_result (Score, SheetOfLightModelID, 'score')
*
* Close the sheet-of-light handle once the measurement
* has been performed
```

Ergebnis

`create_sheet_of_light_model` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), wenn die übergebenen Parameter korrekt sind, und das Model angelegt werden kann. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`gen_rectangle1`

Nachfolger

`set_sheet_of_light_param`, `measure_profile_sheet_of_light`

Siehe auch

`clear_sheet_of_light_model`, `create_sheet_of_light_calib_object`, `calibrate_sheet_of_light`

Modul

3D Metrology

deserialize_sheet_of_light_model (: : SerializedItemHandle : SheetOfLightModelID)

Deserialisieren eines Lichtschnitt-Modells.

`deserialize_sheet_of_light_model` deserialisiert ein Lichtschnitt-Modell, welches mit `serialize_sheet_of_light_model` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte Modell wird in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten Lichtschnitt-Modell mit dem Handle `SheetOfLightModelID` gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **SheetOfLightModelID** (output_control) ..... sheet_of_light_model ⇝ *handle*
Handle für das deserialisierte Lichtschnitt-Modell.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_sheet_of_light_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_sheet_of_light_model`

Nachfolger

`measure_profile_sheet_of_light`

Alternativen

`create_sheet_of_light_model`

Siehe auch

`serialize_sheet_of_light_model`

Modul

3D Metrology

get_sheet_of_light_param (: : SheetOfLightModelID,
GenParamName : GenParamValue)

Abfrage eines Modellparameters.

Der Operator `get_sheet_of_light_param` erlaubt es, die Werte der Modellparameter abzufragen. Der Name des gewünschten Parameters wird dem generischen Parameter `GenParamName` übergeben und der entsprechende Wert wird im Parameter `GenParamValue` zurückgegeben.

Die gleichzeitige Abfrage mehrerer Parameter ist nicht möglich. Um mehrere Parameter abzufragen, muss der Operator `get_sheet_of_light_param` mehrmals aufgerufen werden.

Die möglichen Parameter werden in `set_sheet_of_light_param` aufgelistet und beschrieben.

Parameter

▷ **SheetOfLightModelID** (input_control) . . . . . sheet_of_light_model ⇝ *handle*
Handle des Lichtschnitt-Modells.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Name des Modellparameters, der abgefragt werden soll.
Default: 'method'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'min_gray', 'method', 'ambiguity_solving', 'score_type', 'num_profiles', 'calibration', 'camera_parameter', 'camera_pose', 'lightplane_pose', 'movement_pose', 'scale', 'scale_x', 'scale_y', 'scale_z', 'offset_x', 'offset_y', 'offset_z'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Wert des abgefragten Modellparameters.

Ergebnis

`get_sheet_of_light_param` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`query_sheet_of_light_params`, `set_sheet_of_light_param`

Nachfolger

`measure_profile_sheet_of_light`, `set_sheet_of_light_param`, `apply_sheet_of_light_calibration`

Modul

3D Metrology

get_sheet_of_light_result (: ResultValue : SheetOfLightModelID, ResultName :)

Zugriff auf die ikonischen Ergebnisse einer Lichtschnittmessung.

Der Operator get_sheet_of_light_result ermöglicht den Zugriff auf die in einem Lichtschnittmodell gespeicherten ikonischen Messergebnisse.

Die verschiedenen Messergebnisse können, wie unten erläutert, mit dem Parameter ResultName spezifiziert werden:

Nicht-kalibrierte Ergebnisse:

'disparity': das gemessene Disparitätsbild, d.h. die subpixelgenaue Position der detektierten Profile. Die Disparitätswerte können als nicht-kalibrierte Pseudo-Entfernungswerte betrachtet werden.

'score': die Bewertungsmerkmale des gemessenen Disparitätsbildes werden zurückgeliefert. Diese werden entsprechend dem Wert des Modellparameters *'score_type'* berechnet. Wurde *'score_type'* auf *'none'* gesetzt, so wird ein leeres Bild zurückgeliefert. Die Referenzdokumentation des Operators set_sheet_of_light_param liefert Details über die möglichen Werte des Parameters *'score_type'*.

Kalibrierte Ergebnisse:

'x': Die kalibrierten X-Koordinaten der 3D-Punkte der rekonstruierten Oberfläche. Die Koordinaten werden als Pixelwerte zurückgeliefert.

'y': Die kalibrierten Y-Koordinaten der 3D-Punkte der rekonstruierten Oberfläche. Die Koordinaten werden als Pixelwerte zurückgeliefert.

'z': Die kalibrierten Z-Koordinaten der 3D-Punkte der rekonstruierten Oberfläche. Die Koordinaten werden als Pixelwerte zurückgeliefert.

Beachten Sie, dass bei den Bildern die zurückgeliefert werden, wenn ResultName auf *'x'*, *'y'* oder *'z'* gesetzt wurde, die Pixelwerte die Semantik von Koordinaten haben. Diese Koordinaten beziehen sich auf das Weltkoordinatensystem, das implizit durch die Festlegung der Pose der Kamera bestimmt wurde. Die Einheit dieser Koordinaten ist vom Wert des Parameters *'scale'* abhängig. Der Operator set_sheet_of_light_param liefert weitere Details über die möglichen Werte des Parameters *'scale'*.

get_sheet_of_light_result liefert ein leeres Objekt zurück, wenn das angeforderte Ergebnis nicht berechnet wurde und im Lichtschnitt-Modell nicht vorhanden ist.

Parameter

▷ **ResultValue** (output_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object : real*
Gewünschtes Messergebnis.

▷ **SheetOfLightModelID** (input_control) ..... sheet_of_light_model ⇝ *handle*
Handle des zu verwendenden Lichtschnitt-Modells.

▷ **ResultName** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Messergebnis, das ausgegeben werden soll.
Default: 'disparity'
Werteliste: ResultName ∈ {'disparity', 'score', 'x', 'y', 'z'}

Ergebnis

get_sheet_of_light_result liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

3D Metrology

get_sheet_of_light_result_object_model_3d (
: : SheetOfLightModelID : ObjectModel3D)

Zugriff auf das Ergebnis einer vollständig kalibrierten Lichtschnittmessung als 3D-Objektmodell.

Der Operator get_sheet_of_light_result_object_model_3d liefert das Ergebnis einer vollständig kalibrierten Lichtschnittmessung als 3D-Objektmodell. Das Handle des Lichtschnitt-Modells, dessen Messergebnis benötigt wird, muss in SheetOfLightModelID übergeben werden. Der Parameter *'calibration'* des Lichtschnitt-Modells muss auf den Wert *'xyz'* oder *'offset_scale'* gesetzt worden sein. Ansonsten können die gemessenen Punktkoordinaten nicht in ein 3D-Objektmodell überführt werden und eine Fehlerbehandlung wird durchgeführt.

Das Handle des 3D-Objektmodells, das das Ergebnis der Lichtschnittmessung beinhaltet, wird in ObjectModel3D zurückgegeben. Die 3D-Punkte im 3D-Objektmodell sind nicht vermascht, so dass keine Oberflächenelemente (Facetten) im Modell verfügbar sind. Wenn ein 3D-Objektmodell mit vermaschten 3D-Punkten benötigt wird, muss zunächst der Operator get_sheet_of_light_result aufgerufen werden, um die gemessenen *'x'*, *'y'* und *'z'* Koordinaten zu erhalten. Anschließend muss der Operator xyz_to_object_model_3d mit passenden Parametern aufgerufen werden. Siehe xyz_to_object_model_3d für weitere Informationen über 3D-Objektmodelle.

Die Einheit der aus dem Lichtschnitt-Modell erhaltenen Koordinaten ist vom Wert des Parameters *'scale'* abhängig. Der Operator set_sheet_of_light_param liefert weitere Details über die möglichen Werte des Parameters *'scale'*.

get_sheet_of_light_result_object_model_3d liefert ein leeres 3D-Objektmodell zurück, wenn das angeforderte Ergebnis nicht gemessen wurde und im Lichtschnitt-Modell nicht vorhanden ist.

Parameter

▷ **SheetOfLightModelID** (input_control) ..... sheet_of_light_model ⇝ *handle*
Handle für den Zugriff auf das Lichtschnitt-Modell.

▷ **ObjectModel3D** (output_control) ..... object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des resultierenden 3D-Objektmodells.

Ergebnis

get_sheet_of_light_result_object_model_3d liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

create_sheet_of_light_model, measure_profile_sheet_of_light, calibrate_sheet_of_light

Nachfolger

clear_object_model_3d

Modul

3D Metrology

measure_profile_sheet_of_light (
ProfileImage : : SheetOfLightModelID, MovementPose :)

Messung eines 3D-Profils anhand eines Lichtschnittbildes.

Der Operator measure_profile_sheet_of_light misst das im Eingabebild ProfileImage vorhandene Profil und speichert die resultierenden Disparitätswerte in das Lichtschnitt-Modell. Beachten Sie,

dass ProfileImage nur in der Region ProfileRegion bearbeitet wird, die mit dem Operator create_sheet_of_light_model für das Lichtschnitt-Modell gesetzt wurde. Da ProfileImage spaltenweise verarbeitet wird, muss das Profil annähernd waagerecht orientiert sein.

Einfluss verschiedener Modell-Parameter

Wenn der Modellparameter *'score_type'* auf die Werte *'intensity'* oder *'width'* gesetzt wurde, werden während der Messung ebenfalls Bewertungsmerkmale (*'score'*) berechnet und im Lichtschnitt-Modell gespeichert. set_sheet_of_light_param liefert eine detaillierte Beschreibung dieses Modellparameters.

Wenn der Modellparameter *'calibration'* auf *'xz'*, *'xyz'* oder *'offset_scale'* gesetzt wurde, und alle benötigten Parameter für das Modell gesetzt wurden, wird die Kalibriertransformation automatisch auf die Disparitätswerte angewendet. set_sheet_of_light_param liefert eine detaillierte Beschreibung der Modellparameter, die für den Einsatz der Kalibriertansformationen benötigt werden.

Setzen von MovementPose

MovementPose beschreibt die Bewegung des Objekts zwischen der vorherigen Profilaufnahme und der Aufnahme des aktuellen Profils.

Wenn der Modellparameter *'calibration'* auf *'none'* oder *'xz'* gesetzt wurde (siehe set_sheet_of_light_param), wird die Bewegung des Objekts in der Kalibriertransformation nicht berücksichtigt. MovementPose wird in diesem Fall ignoriert und kann zum Beispiel mit einem leeren Tupel gesetzt werden.

Wenn *'calibration'* auf *'xyz'* gesetzt wurde, muss diese Pose im Lichtschnitt-Modell vorhanden sein. Sie kann hier in MovementPose oder auch mit Hilfe des Parameters *'movement_pose'* im Operator set_sheet_of_light_param gesetzt werden.

Wenn *'calibration'* auf *'offset_scale'* gesetzt wurde, kann hier in MovementPose eine Bewegung angegeben werden. Es sollte allerdings bedacht werden, dass die Bedeutung der Bewegung nicht zwingend metrisch ist.

Wenn die Bewegung des Objektes während der Aufnahme von zwei sukzessiven Profilen konstant ist, wird empfohlen MovementPose hier mit einem leeren Tupel zu setzen, und die konstante Pose der Bewegung mit dem Operator set_sheet_of_light_param zu setzen. Diese Konfiguration ergibt sich zum Beispiel, wenn das zu messende Objekt auf einem Fließband befördert wird und das Messsystem ortsfest ist.

Wenn die Bewegung des Objektes während der Aufnahme von zwei sukzessiven Profilen nicht konstant ist, zum Beispiel weil das Messsystem mit einem Roboter über das zu messende Objekt gefahren wird, muss MovementPose bei jedem Aufruf von measure_profile_sheet_of_light gesetzt werden.

Bitte beachten Sie, dass MovementPose im Weltkoordinatensystem formuliert sein muss, das implizit durch die Pose der Kamera definiert wurde (siehe den Parameter *'camera_pose'* in set_sheet_of_light_param).

Parameter

- ▷ **ProfileImage** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **SheetOfLightModelID** (input_control) ..... sheet_of_light_model ⇝ *handle*
  Handle des Lichtschnitt-Modells.
- ▷ **MovementPose** (input_control) ..... number-array ⇝ *integer* / real
  Pose, welche die Bewegung der zu messenden Szene zwischen dem vorherigen und dem aktuellen Eingabebild beschreibt.

Ergebnis

measure_profile_sheet_of_light liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SheetOfLightModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Nachfolger

apply_sheet_of_light_calibration, get_sheet_of_light_result

Siehe auch

query_sheet_of_light_params, get_sheet_of_light_param, get_sheet_of_light_result, apply_sheet_of_light_calibration

Modul

3D Metrology

query_sheet_of_light_params (: : SheetOfLightModelID, QueryName : GenParamName)

Liefert für das übergebene Lichtschnitt-Modell die Namen der generischen Parameter bzw. Objekte, die in den anderen Lichtschnitt-Operatoren gesetzt oder abgefragt werden können.

Der Operator query_sheet_of_light_params ermöglicht es, die Namen der generischen Parameter abzurufen, die in den Operatoren create_sheet_of_light_model, set_sheet_of_light_param, get_sheet_of_light_param und get_sheet_of_light_result verwendet werden können. Die Auswahl der **Parametergruppe** erfolgt über den Parameter QueryName.

'create_model_params': create_sheet_of_light_model Parameter für das Erstellen des Lichtschnitt-Modells.

'set_model_params': set_sheet_of_light_param Parameter für die Einstellung des Lichtschnitt-Modells.

'get_model_params': get_sheet_of_light_param Parameter für die Abfrage von Parametern des Lichtschnitt-Modells.

'get_result_objects': get_sheet_of_light_result Parameter für den Zugriff auf die ikonischen Ergebnisse einer Messung.

Die erstellte Parameterliste hängt nicht vom gegenwärtigen Bearbeitungszustand des Modells oder von einzelnen Ergebnissen ab.

Parameter

- ▷ **SheetOfLightModelID** (input_control) ..... sheet_of_light_model ⇝ *handle*
  Handle des Lichtschnitt-Modells.
- ▷ **QueryName** (input_control) ..... attribute.name ⇝ *string*
  Name der Parametergruppe.
  Default: 'create_model_params'
  Werteliste: QueryName ∈ {'create_model_params', 'set_model_params', 'get_model_params', 'get_result_objects'}
- ▷ **GenParamName** (output_control) ..... attribute.value-array ⇝ *string*
  Liste mit den Namen der jeweils gültigen generischen Parameter.

Ergebnis

query_sheet_of_light_params liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

create_sheet_of_light_model, set_sheet_of_light_param, get_sheet_of_light_param, get_sheet_of_light_result

Modul

3D Metrology

read_sheet_of_light_model (: : FileName : SheetOfLightModelID)

Liest ein Lichtschnitt-Modell aus einer Datei und legt ein neues Modell an.

Der Operator read_sheet_of_light_model liest aus der Datei FileName ein Lichtschnitt-Modell ein und erzeugt aus den eingelesenen Daten ein neues Modell. In SheetOfLightModelID wird ein Handle auf das neue Modell zurückgeliefert. Die Datei FileName wird mit dem Operator write_sheet_of_light_model erzeugt. Die Dateiendung für das Lichtschnitt-Modell ist in HALCON 'solm'.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der einzulesenden Datei.
Default: 'sheet_of_light_model.solm'
Dateiendung: .solm

▷ **SheetOfLightModelID** (output_control) . . . . . sheet_of_light_model ⇝ *handle*
Handle für das neu eingelesene Lichtschnitt-Modell.

Ergebnis

read_sheet_of_light_model liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls eine Datei mit dem angegebenen Namen gefunden wurde und korrekt eingelesen werden konnte. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

measure_profile_sheet_of_light

Alternativen

create_sheet_of_light_model

Siehe auch

write_sheet_of_light_model

Modul

3D Metrology

reset_sheet_of_light_model (: : SheetOfLightModelID :)

Zurücksetzen eines Lichtschnitt-Modells.

Der Operator reset_sheet_of_light_model setzt alle internen Indizes und Ergebnisfelder für ein mit create_sheet_of_light_model angelegtes Lichtschnitt-Modell zurück. Alle Parametereinstellungen bleiben erhalten. Das Handle des Lichtschnitt-Modells muss in SheetOfLightModelID übergeben werden.

Parameter

▷ **SheetOfLightModelID** (input_control) . . . . . sheet_of_light_model ⇝ *handle*
Handle des Lichtschnitt-Modells.

Ergebnis

reset_sheet_of_light_model liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das übergebene Handle des Lichtschnitt-Modells gültig ist, und das darüber referenzierte Modell vollständig zurückgesetzt werden kann. Gegebenenfalls wird eine Exception-Behandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SheetOfLightModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Siehe auch

clear_sheet_of_light_model

Modul

3D Metrology

serialize_sheet_of_light_model (
: : SheetOfLightModelID : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines Lichtschnitt-Modells.

serialize_sheet_of_light_model serialisiert die Daten eines Lichtschnitt-Modells (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von write_sheet_of_light_model in eine Datei geschrieben werden. Das Lichtschnitt-Modell wird in dem Handle SheetOfLightModelID übergeben. Das serialisierte Modell wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_sheet_of_light_model wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **SheetOfLightModelID** (input_control) . . . . . sheet_of_light_model ⇝ *handle*
Handle des zu serialisierenden Lichtschnitt-Modells.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert serialize_sheet_of_light_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_sheet_of_light_model, set_sheet_of_light_param

Nachfolger

fwrite_serialized_item, send_serialized_item, deserialize_sheet_of_light_model

Siehe auch

deserialize_sheet_of_light_model

Modul

3D Metrology

set_profile_sheet_of_light (
ProfileDisparityImage : : SheetOfLightModelID, MovementPoses :)

Setzen eines Disparitätsbild als neues Profil.

set_profile_sheet_of_light fügt dem Lichtschnitt-Modell SheetOfLightModelID neue Profile hinzu, die als Zeilen im Disparitätsbild ProfileDisparityImage vorliegen. Für jedes Profil kann eine eigene Pose in MovementPoses angegeben werden. Die Pose gilt dann als relative Bewegung zur vorherigen Zeile. Sollte keine Pose angegeben werden, wird die Standardbewegung angewandt, die mit set_sheet_of_light_param gesetzt werden kann. Wenn genau eine Pose angegeben wird, so wird diese die neue Standardbewegung.

Parameter

- ▷ **ProfileDisparityImage** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Disparitätsbild, das ein oder mehrere Profile enthält.
- ▷ **SheetOfLightModelID** (input_control) ..... sheet_of_light_model ⇝ *handle*
  Handle des Lichtschnitt-Modells.
- ▷ **MovementPoses** (input_control) ..... number-array ⇝ *integer* / real
  Posen, welche die Bewegungen der zu messenden Szene zwischen dem vorherigen und dem momentanen Eingabebild beschreibt.

Ergebnis

set_profile_sheet_of_light liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SheetOfLightModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Nachfolger

get_sheet_of_light_result, get_sheet_of_light_result_object_model_3d

Siehe auch

query_sheet_of_light_params, get_sheet_of_light_param, get_sheet_of_light_result, apply_sheet_of_light_calibration

Modul

3D Metrology

set_sheet_of_light_param (: : SheetOfLightModelID, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen ausgewählter Parameter des Lichtschnitt-Modells.

Der Operator set_sheet_of_light_param erlaubt es, ausgewählte Parameter des Lichtschnitt-Modells zu setzen, um dieses an die gestellte Messaufgabe anzupassen. Alle Modellparameter, außer die internen Kameraparameter *'camera_parameters'* und die folgenden Poses *'camera_pose'*, *'lightplane_pose'* und *'movement_pose'* können ebenfalls mit Hilfe des Operators create_sheet_of_light_model gesetzt werden. Die aktuelle Konfiguration kann mit Hilfe von get_sheet_of_light_param ausgelesen werden.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick, welche Parameter mit set_sheet_of_light_param gesetzt werden können und welche mit get_sheet_of_light_param abgefragt werden können.

Messung der Profile:

GenParamName	set	get
'ambiguity_solving'	x	x
'method'	x	x
'min_gray'	x	x
'num_profiles'	x	x
'score_type'	x	x

Kalibrierung der Messung:

GenParamName	set	get
'calibration'	x	x
'calibration_object'	x	
'camera_parameter'	x	x
'camera_pose'	x	x
'lightplane_pose'	x	x
'movement_pose'	x	x
'offset_x'	x	x
'offset_y'	x	x
'offset_z'	x	x
'scale'	x	x
'scale_x'	x	x
'scale_y'	x	x
'scale_z'	x	x

Im Folgenden werden die Parameter beschrieben:

Messung der Profile:

'ambiguity_solving': Dieser Parameter legt fest, welcher gemessene Wert zurückgeliefert wird, wenn die Bestimmung der Position des Profils nicht eindeutig ist.

- *'first'*: Der erste gemessene Wert wird zurückgeliefert. Diese Methode ist die schnellste.
- *'last'*: Der letzte gemessene Wert wird zurückgeliefert.
- *'brightest'*: Die Helligkeit aller potentiellen Disparitätswerte wird berechnet, und die Disparität mit der höchsten Helligkeit wird zurückgeliefert. Die Helligkeit wird wie folgt berechnet:

$$brightness = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n} g_i \ ,$$

wobei g_i die Grauwerte und n die Anzahl der Pixel darstellen, die zur Berechnung der Disparität berücksichtigt werden.

Werteliste: *'first'*, *'last'*, *'brightest'*

Default: *'first'*

'method': Definiert die Methode anhand welcher die Position des Profils im Bild (Disparität) bestimmt wird. Die Werte *'default'* und *'center_of_gravity'* verweisen beide auf dieselbe Methode, bei welcher die Disparität spaltenweise und mit Subpixelgenauigkeit ermittelt wird, indem der Schwerpunkt der Grauwerte g_i berechnet wird, die die folgende Bedingung erfüllen:

$$g_i \geq {}'min_gray'$$

Werteliste: *'center_of_gravity'*, *'default'*

Default: *'center_of_gravity'*

'min_gray': Der niedrigste Grauwert, der für die Berechnung der Position des Profils berücksichtigt wird (vgl. *'method'* oben).

Wertevorschläge: *20*, *50*, *100*, *128*, *200*, *220*, *250*

Default: *100*

'num_profiles': Anzahl der Profile für welche Speicher im Lichtschnitt-Modell reserviert wurde. Standardmäßig wird *'num_profiles'* auf 512 gesetzt. Wird diese Anzahl an Profilen während einer Messung überschritten, so wird zusätzlicher Speicher automatisch reserviert. Da dieser Prozess jedoch etwas Zeit in Anspruch nimmt, wird empfohlen *'num_profiles'* vor dem Start der Messung auf einen geeigneten Wert zu setzen.

Wertevorschläge: *1*, *2*, *50*, *100*, *512*, *1024*, *3000*

Default: *512*

'score_type': Dieser Parameter legt fest, ob Bewertungsmerkmale (*'score'*) des Disparitätsbildes berechnet werden sollen, und wenn ja, nach welchem Kriterium.

'none': Es werden keine Bewertungsmerkmale berechnet.

'width': Für jedes Pixel des Disparitätsbildes wird die lokale Breite des Profils als Bewertungsmerkmal zurückgeliefert.

'intensity': Für jedes Pixel des Disparitätsbildes wird als Bewertungsmerkmal die lokale Intensität des Profils zurückgeliefert. Diese wird wie folgt berechnet:

$$score = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n} g_i$$

wobei g_i die Grauwerte und n die Anzahl der Pixel darstellen, die zur Berechnung der Disparität berücksichtigt werden.

Werteliste: *'none'*, *'width'*, *'intensity'*

Default: *'none'*

Kalibrierung der Messung:

'calibration': Gibt an, ob und wenn ja welche Kalibriertransformationen auf das Disparitätsbild angewendet werden sollen:

'none': Es werden keine Kalibriertransformationen angewendet.

'xz': Es werden Kalibriertransformationen angewendet, die die geometrischen Eigenschaften des Messsystems (Kamera und Lichtlinienprojektor) berücksichtigen. Die Bewegung des Objekts während der Messung wird jedoch nicht berücksichtigt.

'xyz': Es werden Kalibriertransformationen angewendet, die sowohl die geometrischen Eigenschaften des Messsystems (Kamera und Lichtlinienprojektor) als auch die Bewegung des Objekts während der Messung berücksichtigen.

'offset_scale': Ein vereinfachter Parametersatz um einen Aufbau manuell zu beschreiben. Es kann bereits mit Standardeinstellungen angewandt werden, bietet aber auch die Möglichkeit den Setup mit nur 6 Parameters zu konfigurieren. Drei der Parameter beschreiben eine anisotrope Skalierung: (*'scale_x'*) beschreibt die Skalierung entlang der Spaltenrichtung des Bildes in die neue x-Achse, (*'scale_y'*) beschreibt eine lineare Bewegung des Objekts zwischen zwei aufeinander folgenden Bildern und *'scale_z'* beschreibt das Verhältnis der Disparität zur neuen z-Achse. Die übrigen drei Parameter beschreiben die Lage des neuen Zentrums relativ zum neuen Weltkoordinatensystem (*'offset_x'*, *'offset_y'*, *'offset_z'*).

Werteliste: *'offset_scale'*, *'xz'*, *'xyz'*, *'none'*

Default: *'none'´*

'calibration_object': Die Beschreibungsdatei des 3D-Kalibrierkörpers für die Kalibrierung mit `calibrate_sheet_of_light`. Soll mit `calibrate_sheet_of_light` kalibriert werden, so muss hier der Dateinamen des mit `create_sheet_of_light_calib_object` erzeugten Kalibrierkörpers gesetzt werden.

'camera_parameter': Die internen Parameter der Kamera, die zur Durchführung der Messung benutzt wurden. Diese Parameter werden benötigt, wenn *'calibration'* auf *'xz'* oder *'xyz'* gesetzt wurde. Soll mit `calibrate_sheet_of_light` kalibriert werden, wird dieser Parameter benutzt, um die Startparameter der Kamera zu setzen.

'camera_pose': Die Pose die das Kamerakoordinatensystem in das Weltkoordinatensystem transformiert, also die Pose, mit der Punktkoordinaten vom Weltkoordinatensystem in das Kamerakoordinatensystem transformiert werden können. Diese Pose wird benötigt, wenn *'calibration'* auf *'xz'* oder *'xyz'* gesetzt wurde.

Es ist zu beachten, dass das Weltkoordinatensystem implizit durch das Setzen von *'camera_pose'* festgelegt wird.

'lightplane_pose': Die Pose die das Koordinatensystem der Lichtebene in das Weltkoordinatensystem transformiert, also die Pose, mit der Punktkoordinaten vom Weltkoordinatensystem in das Koordinatensystem der Lichtebene transformiert werden können. Mit dem Koordinatensystem der Lichtebene ist ein Koordinatensystem gemeint, dessen Ebene definiert durch z=0 mit der Lichtebene übereinstimmt, die der Lichtlinienprojektor im Raum erzeugt. Diese Pose wird benötigt, wenn *'calibration'* auf *'xz'* oder *'xyz'* gesetzt wurde.

'movement_pose': Die Pose, die die Bewegung des Objekts relativ zum Messsystem während der Messung beschreibt. Diese Pose soll im Weltkoordinatensystem formuliert sein und wird benötigt, wenn *'calibration'* auf *'xyz'* gesetzt wurde.

'scale': Dieser Parameter legt fest mit welchem Faktor die kalibrierten 3D-Koordinaten X, Y und Z skaliert werden. *'scale'* muss als der Quotient *Zieleinheit/Originaleinheit* eingegeben werden. Die Originaleinheit wird durch das Kalibrierobjekt bestimmt, und ist Meter, wenn Sie eine Standardkalibrierplatte benutzen. Der Standardwert des Modellparameters *'scale'* ist 1.0. Wenn die Originaleinheit Meter ist, kann *'scale'* direkt mit der gewünschten Zieleinheit gesetzt werden, zum Beispiel mit *'m'*, *'cm'*, *'mm'*, *'microns'*, oder *'um'*. Dieser Wert ist nur im Falle der Kalibriertransformationen *'offset_scale'*, *'xz'* oder *'xyz'* relevant.
Wertevorschläge: *'m'*, *'cm'*, *'mm'*, *'microns'*, *'um'*, *1.0*, *0.01*, *0.001*, *1.0e-6*
Default: *1.0*

'scale_x': Dieser Wert definiert die Breite eines Pixels im 3D Raum. Dieser Wert ist nur im Falle der Kalibriertransformationen *'offset_scale'* relevant.
Wertevorschläge: *10.0*, *1.0*, *0.01*, *0.001*, *1.0e-6*
Default: *1.0*

'scale_y': Dieser Wert definiert die lineare Bewegung zwischen zwei Profilen. Dieser Wert ist nur im Falle der Kalibriertransformationen *'offset_scale'* relevant.
Wertevorschläge: *100.0*, *10.0*, *1.0*, *0.1*, *1.0e-6*
Default: *10.0*

'scale_z': Dieser Wert definiert die Höher von Disparitäten im 3D Raum. Dieser Wert ist nur im Falle der Kalibriertransformationen *'offset_scale'* relevant.
Wertevorschläge: *10.0*, *1.0*, *0.01*, *0.001*, *1.0e-6*
Default: *1.0*

'offset_x': Dieser Wert beschreibt die Verschiebung in x im 3D Raum. Dieser Wert ist nur im Falle der Kalibriertransformationen *'offset_scale'* relevant.
Wertevorschläge: *10.0*, *0.0*, *0.01*, *0.001*, *1.0e-6*
Default: *0.0*

'offset_y': Dieser Wert beschreibt die Verschiebung in y im 3D Raum. Dieser Wert ist nur im Falle der Kalibriertransformationen *'offset_scale'* relevant.
Wertevorschläge: *10.0*, *0.0*, *0.01*, *0.001*, *1.0e-6*
Default: *0.0*

'offset_z': Dieser Wert beschreibt die Verschiebung in z im 3D Raum. Dieser Wert ist nur im Falle der Kalibriertransformationen *'offset_scale'* relevant.
Wertevorschläge: *10.0*, *0.0*, *0.01*, *0.001*, *1.0e-6*
Default: *0.0*

Parameter

▷ **`SheetOfLightModelID`** (input_control) . . . . . sheet_of_light_model ⇝ *handle*
Handle des Lichtschnitt-Modells.

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Name des einzustellenden Modellparameters.
Default: 'method'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'method', 'ambiguity_solving', 'score_type', 'num_profiles', 'min_gray', 'scale', 'calibration', 'calibration_object', 'camera_parameter', 'camera_pose', 'lightplane_pose', 'movement_pose', 'scale_x', 'scale_y', 'scale_z', 'offset_x', 'offset_y', 'offset_z'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Wert des einzustellenden Modellparameters.
Default: 'center_of_gravity'
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'default', 'center_of_gravity', 'last', 'first', 'brightest', 'none', 'intensity', 'width', 'xz', 'xyz', 'offset_scale', 'm', 'cm', 'mm', 'um', 'microns', 1.0, 1e-2, 1e-3, 1e-6}

Ergebnis

`set_sheet_of_light_param` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SheetOfLightModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Nachfolger

`get_sheet_of_light_param`, `measure_profile_sheet_of_light`, `apply_sheet_of_light_calibration`

Alternativen

`create_sheet_of_light_model`

Siehe auch

`query_sheet_of_light_params`, `get_sheet_of_light_param`, `get_sheet_of_light_result`

Modul

3D Metrology

write_sheet_of_light_model (: : SheetOfLightModelID, FileName :)

Schreibt ein Lichtschnitt-Modell in eine Datei.

Der Operator `write_sheet_of_light_model` schreibt ein Lichtschnitt-Modell in eine Datei mit dem Namen `FileName`. Das so gesicherte Modell kann mit `read_sheet_of_light_model` später wieder eingelesen und wiederverwendet werden. Gespeichert werden alle generischen Parameter des Modells (siehe `set_sheet_of_light_param`) und die Ergebnisse von `calibrate_sheet_of_light`.

Die Dateiendung für das Lichtschnitt-Modell ist in HALCON 'solm'. Der Handle des zu schreibenden Lichtschnitt-Modell ist in `SheetOfLightModelID` zu übergeben.

Parameter

▷ **SheetOfLightModelID** (input_control) . . . . . sheet_of_light_model ⇝ *handle*
Handle des zu schreibenden Lichtschnitt-Modell.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der zu schreibenden Datei.
Default: 'sheet_of_light_model.solm'
Dateiendung: `.solm`

Ergebnis

`write_sheet_of_light_model` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls der übergebene Handle gültig ist und das Modell in die Datei mit dem angegebenen Namen geschrieben werden kann. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_sheet_of_light_model, set_sheet_of_light_param

Siehe auch

read_sheet_of_light_model

Modul

3D Metrology

5.6 Strukturiertes Licht

Dieses Kapitel beschreibt die Verwendung von strukturiertem Licht zur 3D-Rekonstruktion.

Konzept von strukturiertem Licht

Das grundlegende Konzept von strukturiertem Licht beruht auf strukturierter Beleuchtung, einer Beleuchtung mit bekannten Mustern. Die Art und Weise, wie diese Muster nach dem Auftreffen auf eine Oberfläche in der Szene erscheinen, lässt eine weitere Analyse (z.B. Inspektion, siehe Inspektion / Strukturiertes Licht) oder Rekonstruktion der Oberfläche zu.

Für nicht-spiegelnde (lambertsche oder diffus streuende) Oberflächen kann bei Verwendung eines Projektors, welcher Licht gerichtet wie eine 'inverse Kamera' projiziert, eine 3D-Oberfläche rekonstruiert werden. Für jedes projizierte Muster-Bild wird ein Kamerabild der Projektion auf die Oberfläche aufgenommen. Mithilfe der dekodierten Korrespondenzen zwischen den beleuchtenden Projektorkoordinaten und den Kamerakoordinaten, sowie Kalibrierdaten, wird die 3D-Oberfläche rekonstruiert.

Die zur Verwendung von strukturiertem Licht zur 3D-Rekonstruktion notwendigen Schritte werden im Folgenden kurz erläutert.

Erzeugen eines Modells für strukturiertes Licht: Im ersten Schritt wird das Modell für strukturiertes Licht mit

- create_structured_light_model (ModelType='*3d_reconstruction*')

erzeugt oder mit

- read_structured_light_model

eingelesen.

Setzen der Modellparameter: Die unterschiedlichen Modellparameter können mit

- set_structured_light_model_param

gesetzt oder mit

- get_structured_light_model_param

abgefragt werden. Die Parameter *'pattern_width'*, *'pattern_height'*, *'pattern_orientation'* und *'pattern_type'* spezifizieren, mitsamt den Parametern *'min_stripe_width'* und *'single_stripe_width'* die Vorgaben der zu erzeugenden Muster-Bilder, welche zur Beleuchtung der Oberfläche benutzt werden. Schließlich kann der Parameter *'persistence'* gesetzt werden, um die Zwischenergebnisse zu debuggen.

Erzeugen der Muster-Bilder: Die Muster-Bilder werden mit gen_structured_light_pattern erzeugt, nachdem alle relevanten Parameter gesetzt wurden. Es ist sicherzustellen, dass die erzeugten Muster-Bilder an den Bedarf des jeweiligen Setups angepasst sind.

Beleuchtung der Oberfläche mit Mustern und Aufnahme der Kamerabilder: In dieser Phase werden die Muster-Bilder projiziert. Für jedes Muster-Bild wird ein Kamerabild der beleuchteten Oberfläche aufgenommen.

Bei der Kalibrierung wird hierbei das Kalibrierobjekt beleuchtet und aufgenommen. Der Kalibriervorgang kann im Detail im Beispielprogramm structured_light_calibration.hdev nachvollzogen werden. Die dadurch erhaltenen Kalibrierdaten können über den Parameter *'camera_setup_model'* mit set_structured_light_model_param gesetzt werden.

Dekodieren der aufgenommenen Bilder: Die erzeugten Kamerabilder `CameraImages` können mit `decode_structured_light_pattern` dekodiert werden. Nach Aufruf dieses Operators werden die Korrespondenzbilder erzeugt und in dem Modell `StructuredLightModel` gespeichert.

Abrufen der Ergebnisse: Die dekodierten Korrespondenzbilder *'correspondence_image'* sowie die anderen Ergebnisse können mit `get_structured_light_object` abgefragt werden. Weitere Details über die verschiedenen Objekte, die abgefragt werden können, finden sich in der Referenzdokumentation des Operators.

Durchführen der Rekonstruktion: Die rekonstruierte 3D-Oberfläche wird von `reconstruct_surface_structured_light` geliefert.

Weitere Operatoren

Das Modell für strukturiertes Licht bietet diverse Operatoren, die dabei helfen, auf Modellparameter zuzugreifen und diese zu aktualisieren.

Mit `write_structured_light_model` kann das Modell für strukturiertes Licht in einer Datei gespeichert werden. Es ist sicherzustellen, dass zuvor generierte Muster-Bilder nicht in dieser Datei gespeichert werden. Mit `read_structured_light_model` kann die Modell-Datei gelesen werden.

Des Weiteren ist es möglich, das Modell mit den Operatoren `serialize_structured_light_model` und `deserialize_structured_light_model` zu serialisieren und zu deserialisieren.

Weiterführende Informationen

Weitere Details zu strukturiertem Licht finden sich im „`Solution Guide Basics`". Eine Liste der Operatoren findet sich in Inspektion / Strukturiertes Licht.

Kapitel 6

Bild

Dieses Kapitel beschreibt Operatoren zum Umgang mit verschiedenen Bildtypen.

Um die verschiedenen Bildtypen, die mit HALCON verarbeitet werden können, zu verstehen, werden in den folgenden Abschnitten die drei Komponenten eines Bildes (Pixel, Kanäle, und Domäne) erklärt.

Für Informationen zum grundlegenden Konzept von Bildern in HALCON siehe das Beispielprogramm `halcon_basic_concepts.hdev`.

Pixel

In HALCON können Pixel genutzt werden um unterschiedliche Arten von Informationen zu repräsentieren. Daher werden deren Bedeutung entsprechend verschiedene Pixeltypen unterschieden. Die folgende Tabelle listet diese verschiedenen Pixeltypen und deren zugehörigen Standard-Bildtypen. Zu beachten ist, dass diese Auflistung nicht exklusiv ist (beispielsweise können Grauwertbilder viele weitere Bildtypen aufweisen). Bildtypen können mit `convert_image_type` konvertiert werden.

Pixeltyp	Standard-Bildtyp
Grauwerte	`byte, uint2`
Differenz	`int1, int2`
2D-Histogramm	`int4`
Kantenrichtungen	`direction`
Ableitungen	`real`
Fouriertransformation	`complex`
Hue-Werte	`cyclic`
Vektorfeld	`vector_field`

Es ist zu beachten, dass der Bildtyp `vector_field` zusätzlich als `vector_field_absolute` oder `vector_field_relative` spezifiziert werden kann. Zudem existiert auch der Bildtyp `int8` (64 Bit mit Vorzeichen), welcher nur auf 64-Bit-Systemen verfügbar ist. Weitere Informationen zu den einzelnen Pixeltypen werden im Folgenden gegeben.

Grauwerte Grauwertbilder sind standardmäßig vom Typ `byte` (8 Bit, ohne Vorzeichen) oder `uint2` (16 Bit, ohne Vorzeichen) und werden meist zur Darstellung lokaler Lichtintensitäten auf einem Sensor genutzt.

Exemplarisches Grauwertbild.

Differenzbild Um die Unterschiede zweier Bilder zu zeigen kann pixelweise deren Differenz gebildet werden, wofür sich beispielsweise die Bildtypen `int1` (8 Bit, mit Vorzeichen) oder `int2` (16 Bit, mit Vorzeichen) eignen.

(1) (2) (3)

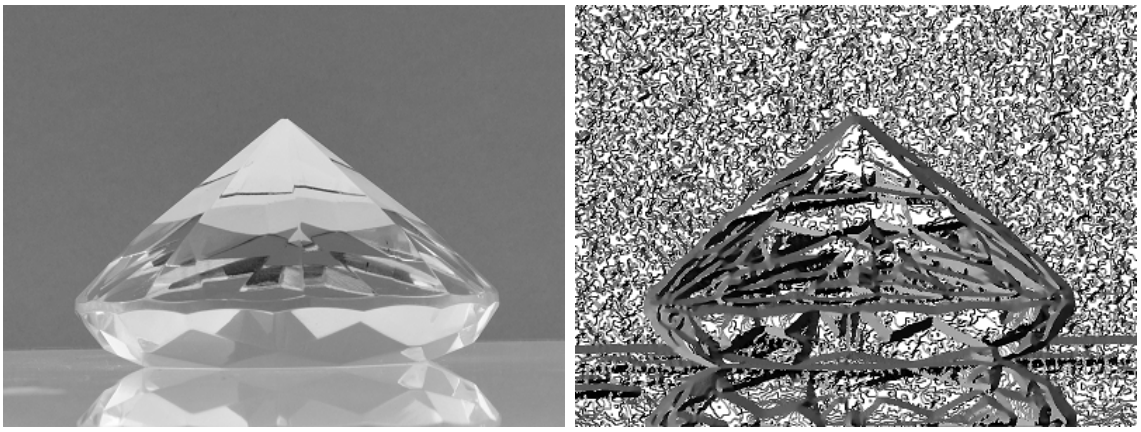
Vergleich eines Bildes (1) mit einer anderen (z.B. darauffolgend aufgenommenen) Aufnahme (2) durch Subtraktion Letzterer von der Ersteren. Als Ergebnis erhält man ein Differenzbild (3).

2D-Histogramm Um Bildmerkmale basierend auf dem Vorkommen von Grauwerten in zwei Bildern zu untersuchen kann ein 2D-Histogramm genutzt werden, welches vom Bildtyp `int4` (32 Bit, mit Vorzeichen) ist. Dabei bilden die beiden Achsen (Zeile und Spalte des Histogramms) jeweils die Grauwerte eines Eingabebildes ab. Die entsprechenden Pixel eines Eingabebildes werden dementsprechend in dem 2D-Histogramm eingetragen. Umso häufiger eine bestimmte Kombination an Grauwerten in den Bildern auftritt, desto höher der entsprechende Grauwert im Ausgabebild (siehe auch `histo_2dim`).

(1) (2) (3)

Zwei Kanäle eines Beispielbildes ((1), (2)) und deren zugehöriges 2D-Histogramm (3).

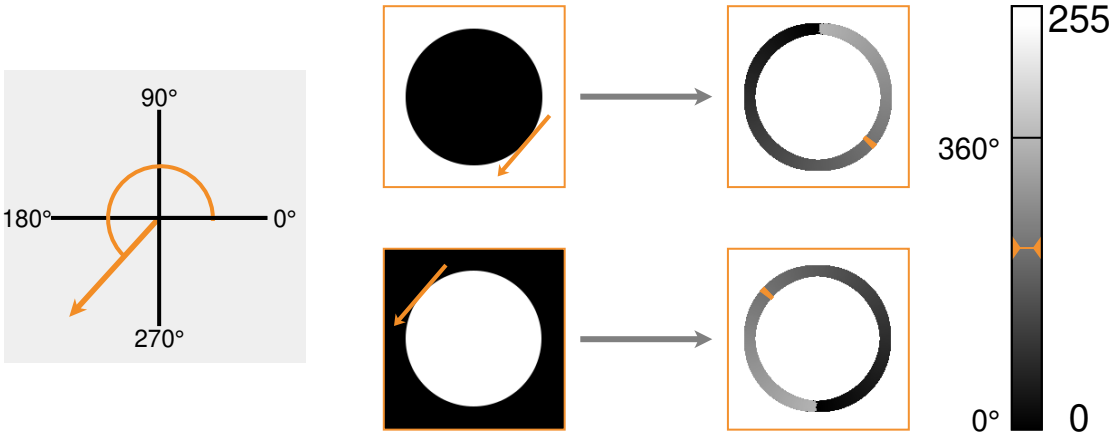
Kantenrichtungen Um die Orientierung der Bildkanten zu visualisieren steht der Bildtyp `direction` (8 Bit, ohne Vorzeichen) zur Verfügung.



(1) (2)

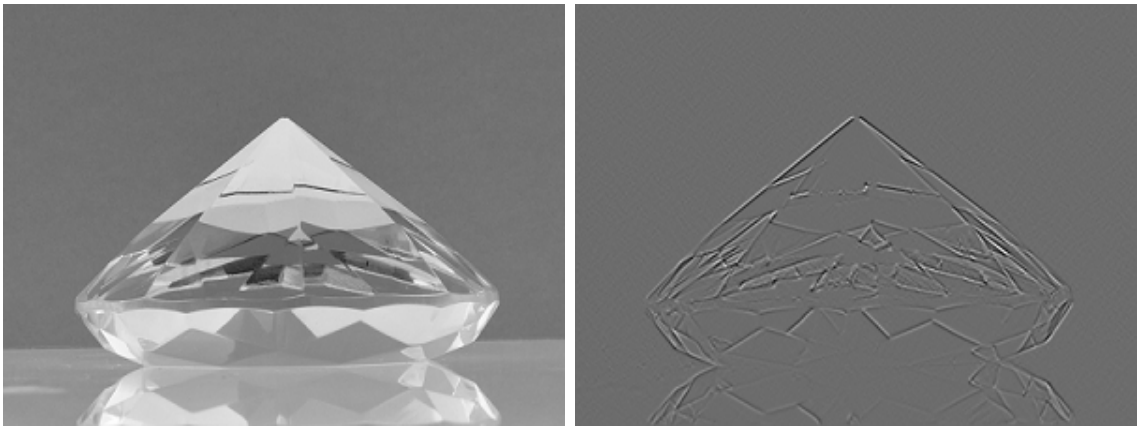
Untersuchung von Bildmerkmalen (1) durch die Visualisierung der Kantenrichtungen (2).

In Bildern des Typs `direction` wird eine Kantenrichtung von x Grad in mathematisch positivem Sinn in Bezug auf die horizontale Achse als x / 2 (also im Bereich von 0 bis 179) im Ergebnisbild abgespeichert. Pixel mit einer Kantenamplitude von 0 wird der Wert 255 (undefinierte Richtung) zugeordnet.



Visualisierung der Kantenrichtungen dunkler und heller Objekte mittels `sobel_dir`: Die Kantenrichtung (im Eingabebild mit tangentialem Pfeil markiert) eines Pixels wird im rechts Ergebnisbild mit einem entsprechenden Grauwert abgebildet. Stellen ohne Kanten werden mit einem Grauwert von 255 markiert.

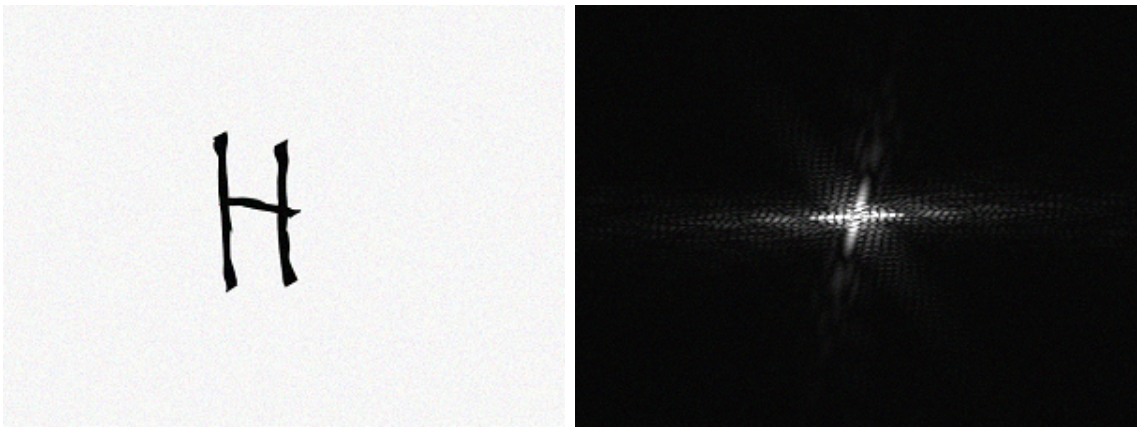
Ableitungen Der Bildtyp `real` (32 Bit, Fließkommawerte) wird für Ableitungsbilder genutzt mit deren Hilfe beispielsweise Kanten extrahiert werden.



(1) (2)

Manche Merkmale innerhalb eines Bildes (1) (z.B. Kanten, Gradienten) können durch das Bilden ihrer Ableitungen (2) untersucht werden.

Fouriertransformation Um den Frequenzbereich eines Bildes zu untersuchen kann die Fouriertransformation genutzt werden. Die Kombination aus Magnitude und Phase der einzelnen Frequenzen wird durch komplexe Zahlen repräsentiert, wofür der Bildtyp `complex` (zwei `real`-Werte pro Pixel) verwendet wird.



(1) (2)

Eine mögliche Vorgehensweise zur Identifikation von Buchstaben (1) ist die Betrachtung des Frequenzbereichs mit Hilfe der Fouriertransformation (2).

Hue-Werte Der Bildtyp `cyclic` (8 Bit, ohne Vorzeichen) wird für Hue-Werte (Farbwerte) genutzt, sodass der Wertebereich zyklisch ist. Dementsprechend gilt hier $255 + 1 = 0$.

(1) (2)

Die Pixel repräsentieren Hue-Werte. Wird ein Pixelwert über 255 erhöht, so wird er an den Anfang des Grauwertbereichs zurückverschoben. Addiert man zu den Pixelwerten eines Bildes des Bildtyps `cyclic` (1) eine Konstante, ergibt sich ein Bild wie in (2) zu sehen.

Vektorfeld Ein spezieller Bildtyp zur Darstellung absoluten/relativen optischen Flusses ist `vector_field` (zusammengesetzt aus zwei Bildern des Bildtyps `real` für die x- und y-Richtung). Der Bildtyp kann weiter spezifiziert werden indem man ihn auf `vector_field_absolute` (als absolute Koordinaten interpretiert) beziehungsweise `vector_field_relative` (als Vektoren interpretiert) setzt.

(1) (2) (3)

Die relative Bewegung von Pixeln (beispielsweise in aufeinander folgenden Bildern (1) und (2) können durch ein Vektorfeld dargestellt werden (3).

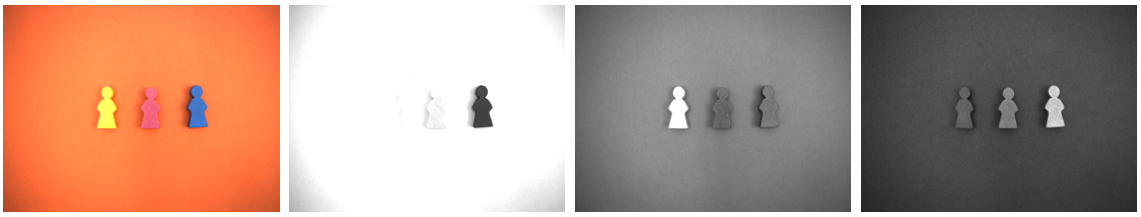
Kanäle

Neben verschiedenen Pixeltypen können in einem Bild auch verschiedene Kanäle genutzt werden um spezifische Informationen zu speichern. Prinzipiell können Kanäle genutzt werden um einem Pixel mehrere Werte zuordnen zu können. In den nächsten Absätzen werden einige typische Fälle zur Nutzung von Bildkanälen kurz erläutert.

Grauwertbilder (Einkanalige Bilder) Häufig wird in einem Bild nur ein Wert pro Pixel gespeichert. In einem Grauwertbild beispielsweise, ist pro Pixel ein lokaler Intensitätswert von Licht auf einem Sensor registriert. Nichtsdestotrotz können viele Arten von Informationen in Pixeln gespeichert werden (z.B. Grauwertableitungen, Distanzen). Bei der Interpretation dieser Daten kann es aber häufig von Vorteil sein diese wie Grauwertbilder zu visualisieren.

RGB-Bild (Dreikanalige Bilder) Für Farbbilder werden Pixelwerte typischerweise in drei Kanälen gespeichert. Diese repräsentieren jeweils die Intensitäten für rotes, grünes oder blaues (RGB) Licht pro Pixel, wodurch durch additives Mischen eine Farbe für jedes Pixel definiert wird.

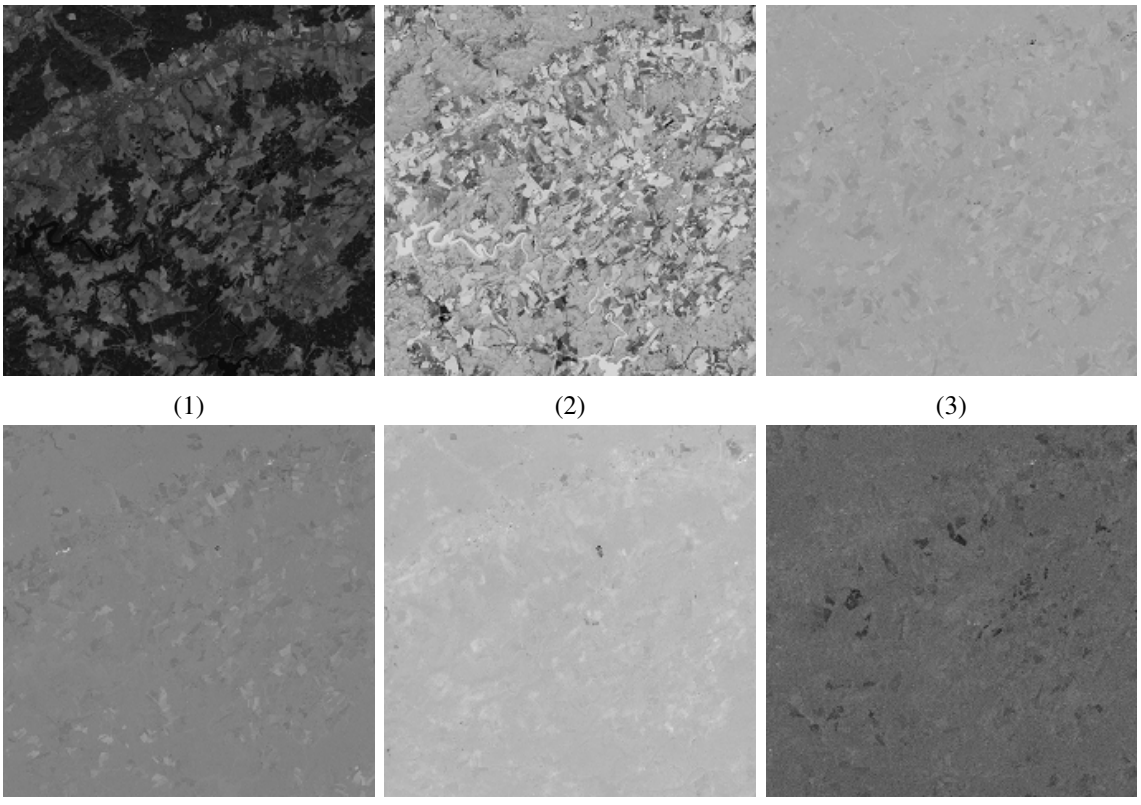
Neben dem RGB-Modell existieren einige weitere Farbmodelle. Weitere Informationen zu diesen Modellen und dem Transformieren zwischen den verschiedenen Farbräumen finden sich in `trans_to_rgb` beziehungsweise `trans_from_rgb`.



(1) (2) (3) (4)

RGB-Bild (1) und dessen drei Kanäle im Einzelnen: lokale Intensitäten unterscheiden sich für den roten (2), grünen (3), und blauen Kanal (4).

Multispektralbild (Mehrkanalige Bilder) Mit speziellen Kameras kann eine Vielzahl spektraler Bänder aufgenommen werden, auch außerhalb des sichtbaren Lichtspektrums. Beispielsweise nehmen satellitengestützte Kameras oft multispektrale Daten auf, welche sie dementsprechend in einer Vielzahl von Kanälen abspeichern.



(1) (2) (3)

(4) (5) (6)

Sechs Kanäle eines Satellitenbildes: die unterschiedlichen Kanäle des multispektralen Bildes können genutzt werden um Merkmale zu extrahieren, die besonders in einem speziellen spektralen Band prominent auftreten.

Mehrkanalige Bilder Neben der Darstellung von Lichtintensitäten kann die Nutzung mehrerer Kanäle in einem Bild auch verschiedene weitere Zwecke erfüllen:

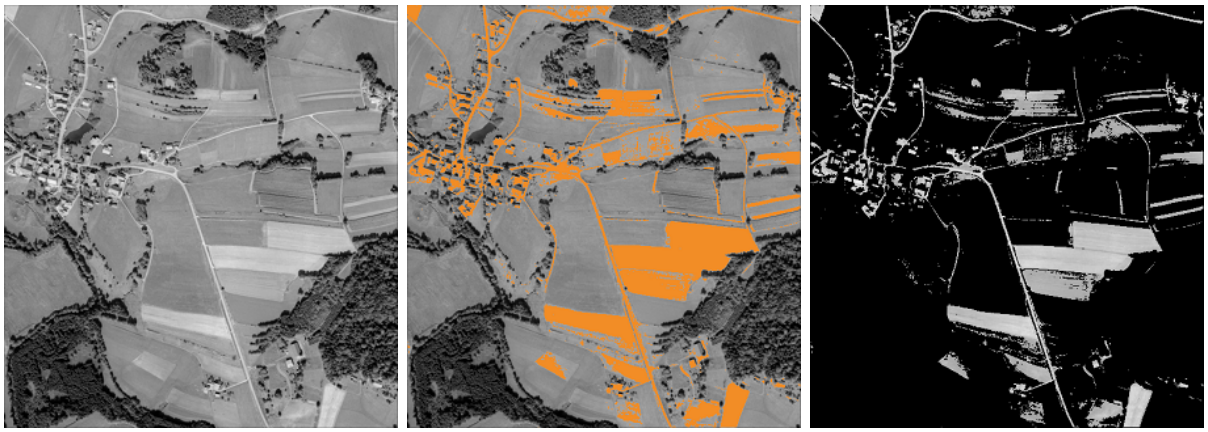
Beispielsweise kann durch die Kombination eines Grauwertbildes mit einem zusätzlichen Kanal, welcher Tiefenwerte enthält, eine Szene als 3D-Plot visualisiert werden.

Statt der Nutzung einer Tiefenkamera zur Aufnahme von Tiefendaten kann in manchen Fällen auch ein mehrkanaliges Bild zur Extraktion von Tiefenwerten genutzt werden. Dazu muss jeder Kanal ein Bild einer Serie mit unterschiedlichen Fokusebenen enthalten.

Abgesehen von der Speicherung räumlicher Informationen einer Szene können die Kanäle eines Bildes auch als Merkmalsraum interpretiert werden um eine Hauptkomponentenanalyse (PCA) durchzuführen.

Domäne

Die Domäne eines Bildes bestimmt die Fläche eines Bildes, die in den folgenden Bearbeitungsschritten berücksichtigt werden soll. Um die Verarbeitung auf die relevanten Bildausschnitte zu reduzieren und/oder die Anwendung zu beschleunigen kann die Domäne eines Bildes entsprechend reduziert werden.



(1) (2) (3)

Die Domäne des Eingabebildes (1) wird reduziert, beispielsweise durch die Anwendung eines Schwellenwerts (2). Bildbereiche, die für weitere Operationen relevant sind (orange), bleiben im Ergebnisbild (3) erhalten, wohingegen überflüssige Bereiche ausgeschlossen werden (schwarz).

6.1 Bildeinzug

close_framegrabber (: : AcqHandle :)

Schließen des angegebenen Bildeinzugsgeräts.

close_framegrabber schließt das durch AcqHandle spezifizierten Bildeinzugsgerät. Dabei wird insbesondere etwaiger Speicherplatz für Datenpuffer freigegeben und das Bildeinzugsgerät wieder für andere Prozesse zugänglich gemacht.

Achtung

Aus Sicht einer Anwendung mit mehreren Threads werden info_framegrabber, open_framegrabber und close_framegrabber exklusiv ausgeführt. D.h., info_framegrabber, open_framegrabber und close_framegrabber verhindern die gleichzeitige Ausführung untereinander, laufen aber mit allen nicht exklusiven Operatoren außerhalb der Gruppe parallel.

Es ist sicher zu stellen, dass close_framegrabber für kein Framegrabber Handle aufgerufen wird, das gleichzeitig von einem anderen Thread verwendet wird.

Parameter

▷ **AcqHandle** (input_control) ..... framegrabber ⇝ *handle*
Handle des zu schließenden Bildeinzugsgeräts.

Ergebnis

close_framegrabber liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), sofern das angegebene Bildeinzugsgerät geschlossen werden konnte. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- AcqHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

grab_image, grab_image_async

Siehe auch

open_framegrabber

Modul

Foundation

get_framegrabber_callback (: : AcqHandle, CallbackType : CallbackFunction, UserContext)

Abfrage einer Callback-Funktion eines Bildeinzugsgeräts.

Der Operator get_framegrabber_callback liefert eine bestimmte Callback-Funktion für das durch AcqHandle angegebene Bildeinzugsgerät. Falls die Callback-Funktion zuvor via set_framegrabber_callback registriert wurde, enthält CallbackFunction einen Zeiger darauf, andernfalls NULL. Weiterhin wird in UserContext auch der Zeiger auf die benutzerspezifischen Kontextdaten zurückgegeben, der beim Aufruf von set_framegrabber_callback angegeben wurde (oder NULL).

Mit dem Parameter CallbackType können verschiedene Callback-Typen abgefragt werden. Typische Werte sind:

'exception': Der Bildeinzug hat eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

'exposure_end': Die Belichtung des nächsten Bildes ist beendet.

'exposure_start': Die Belichtung des nächsten Bildes ist gestartet.

'transfer_end': Ein neues Bild ist verfügbar und kann mit grab_image_async abgeholt werden.

Abhängig von der Funktionalität des darunterliegenden API sind auch weitere Werte für CallbackType möglich. Alle tatsächlich verfügbaren Callback-Typen für ein bestimmtes Bildeinzugsgerät können durch den Aufruf von get_framegrabber_param mit dem Parameter 'available_callback_types' abgefragt werden. Nähere Informationen finden sich in der Dokumentation der verwendeten Bildeinzugsschnittstelle.

Achtung

Aus Sicht einer Anwendung mit mehreren Threads werden info_framegrabber, open_framegrabber und close_framegrabber exklusiv ausgeführt.

get_framegrabber_callback läuft mit allen nicht exklusiven Operatoren innerhalb und außerhalb der Gruppe parallel.

Parameter

- ▷ **AcqHandle** (input_control) ..... framegrabber ⇝ *handle*
  Zu benutzendes Bildeinzugsgerät.
- ▷ **CallbackType** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Callback-Typ.
  Default: 'transfer_end'
  Wertevorschläge: CallbackType ∈ {'exception', 'exposure_end', 'exposure_start', 'transfer_end'}
- ▷ **CallbackFunction** (output_control) ..... pointer ⇝ *integer*
  Zeiger auf die Callback-Funktion.
- ▷ **UserContext** (output_control) ..... pointer ⇝ *integer*
  Zeiger auf benutzerspezifische Kontextdaten.

Ergebnis

Ist das Bildeinzugsgerät geöffnet und wird der angegebene Callback-Typ unterstützt, liefert get_framegrabber_callback den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_framegrabber, set_framegrabber_callback

Nachfolger

grab_image, grab_data, grab_image_start, grab_image_async, grab_data_async, set_framegrabber_param, close_framegrabber

Siehe auch

open_framegrabber, info_framegrabber, set_framegrabber_callback

Modul

Foundation

get_framegrabber_lut (: : AcqHandle : ImageRed, ImageGreen, ImageBlue)

Abfrage der Look-Up-Tabelle des Bildeinzugsgeräts.

get_framegrabber_lut fragt die Look-Up-Tabelle (LUT) des mit AcqHandle spezifizierten Bildeinzugsgeräts ab. Diese Operation wird nicht von allen Bildeinzugsgeräten unterstützt.

Achtung

Aus Sicht einer Anwendung mit mehreren Threads werden info_framegrabber, open_framegrabber und close_framegrabber exklusiv ausgeführt.

get_framegrabber_lut läuft mit allen nicht exklusiven Operatoren innerhalb und außerhalb der Gruppe parallel.

Parameter

- ▷ **AcqHandle** (input_control) ..... framegrabber ⇝ *handle*
  Zu benutzendes Bildeinzugsgerät.
- ▷ **ImageRed** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Rotanteil der LUT-Einträge.
- ▷ **ImageGreen** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Grünanteil der LUT-Einträge.
- ▷ **ImageBlue** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Blauanteil der LUT-Einträge.

Ergebnis

get_framegrabber_lut liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls der Bildeinzugsgerät geöffnet ist.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_framegrabber

Nachfolger

set_framegrabber_lut

Siehe auch

set_framegrabber_lut, open_framegrabber

Modul

Foundation

get_framegrabber_param (: : AcqHandle, Param : Value)

Abfrage spezifischer Parameter eines Bildeinzugsgeräts.

get_framegrabber_param liefert spezielle Parameterwerte für das durch AcqHandle angegebene Bildeinzugsgerät. Die unten aufgelisteten Standardparameter sind dabei für jedes beliebige Bildeinzugsgerät abrufbar. Darüber hinaus werden in der Regel noch weitere Parameter von einem spezifischen Bildeinzugsgerät unterstützt. Eine Liste dieser zusätzlichen Parameter ist mit der Abfrage *'parameter'* vermöge info_framegrabber abrufbar.

Standardwerte für Param, vgl. open_framegrabber:

'name' Name der Bildeinzugsschnittstelle.

'horizontal_resolution' Horizontale Auflösung des Bildeinzugsgeräts.

'vertical_resolution' Vertikale Auflösung des Bildeinzugsgeräts.

'image_width' Breite des Bildausschnittes.

'image_height' Höhe des Bildausschnittes.

'start_row' Zeilennummer der oberen linken Ecke des Bildausschnittes.

'start_column' Spaltennummer der oberen linken Ecke des Bildausschnittes.

'field' Selektiertes Halbbild bzw. Vollbild.

'bits_per_channel' Anzahl übertragener Bits pro Pixel und Bildkanal.

'color_space' Farbraum des resultierenden Bildes.

'generic' Generischer Wert mit gerätespezifischer Bedeutung.

'external_trigger' Trigger durch externes Signal (*'true'* / *'false'*).

'camera_type' Verwendeter Kameratyp.

'device' Gerätename des Bildeinzugsgeräts.

'port' Port, an den das Bildeinzugsgerät angeschlossen ist.

'line_in' Kameraeingang (falls Multiplexer verfügbar).

Achtung

Aus Sicht einer Anwendung mit mehreren Threads werden info_framegrabber, open_framegrabber und close_framegrabber exklusiv ausgeführt.

get_framegrabber_param läuft mit allen nicht exklusiven Operatoren innerhalb und außerhalb der Gruppe parallel.

Parameter

▷ **AcqHandle** (input_control) . . . . . framegrabber ⇝ *handle*
Zu benutzendes Bildeinzugsgerät.

▷ **Param** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Abzufragender Parameter.
Default: 'revision'
Wertevorschläge: Param ∈ {'bits_per_channel', 'camera_type', 'color_space', 'continuous_grabbing', 'device', 'external_trigger', 'field', 'generic', 'grab_timeout', 'horizontal_resolution', 'image_available', 'image_height', 'image_width', 'line_in', 'name', 'port', 'revision', 'start_column', 'start_row', 'vertical_resolution', 'volatile'}

▷ **Value** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / real / integer / handle
Parameterwert.

Ergebnis

Ist das Bildeinzugsgerät geöffnet und wird der angegebene Parameter unterstützt, liefert get_framegrabber_param den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_framegrabber, set_framegrabber_param

Nachfolger

grab_image, grab_data, grab_image_start, grab_image_async, grab_data_async, set_framegrabber_param, close_framegrabber

Siehe auch

open_framegrabber, info_framegrabber, set_framegrabber_param

Modul

Foundation

grab_data (: Image, Region, Contours : AcqHandle : Data)

Synchroner Einzug von Bildern und vorverarbeiteten Bilddaten vom angegebenen Bildeinzugsgerät.

grab_data zieht über das durch AcqHandle spezifizierte Bildeinzugsgerät Bilder und vorverarbeitete Bilddaten ein. Der gewünschte Betriebsmodus des Bildeinzugsgeräts, ein passender Bildausschnitt sowie weitere Schnittstellen-spezifische Einstellungen können mittels der Operatoren open_framegrabber und set_framegrabber_param vorgenommen werden. Abhängig von der aktuellen Konfiguration des Bildeinzugsgeräts können die vorverarbeiteten Bilddaten in Form von Bildern (Image), Bildregionen (Region), XLD-Konturen (Contours) und Steuerdaten (Data) zurückgeliefert werden.

Der Abbruch des Bildeinzugs kann mit dem Operator set_framegrabber_param erfolgen, sofern die jeweilige Bildeinzugsschnittstelle den dazu notwendigen Parameter 'do_abort_grab' unterstützt. Es ist zu beachten, dass, als Ausnahme von der Beschreibung der gleichzeitigen Verwendung mehrerer Threads (siehe unten), 'do_abort_grab' auch aus einem anderen Thread aufgerufen werden kann.

Achtung

Aus Sicht einer Anwendung mit mehreren Threads werden info_framegrabber, open_framegrabber und close_framegrabber exklusiv ausgeführt.

grab_data läuft mit allen nicht exklusiven Operatoren innerhalb und außerhalb der Gruppe parallel.

Parameter

- ▷ **Image** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte / real / uint2
  Eingezogene Bilddaten.
- ▷ **Region** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Vorverarbeitete Bildregionen.
- ▷ **Contours** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Vorverarbeitete XLD-Konturen.
- ▷ **AcqHandle** (input_control) ..... framegrabber ⇝ *handle*
  Zu benutzendes Bildeinzugsgerät.
- ▷ **Data** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / real / integer / handle
  Vorverarbeitete Steuerdaten.

Beispiel

```
* Select a suitable image acquisition interface name AcqName
info_framegrabber(AcqName,'port',Information,Values)
* Open image acquisition device using the default settings, see
* documentation of the actually used interface for more details
open_framegrabber(AcqName,1,1,0,0,0,0,'default',-1,'default',-1.0, \
                  'default','default','default',-1,-1,AcqHandle)
* Grab and segment image
grab_data (Image, Region, Contours, AcqHandle, Data)
* Process Region...
close_framegrabber(AcqHandle)
```

Ergebnis

Ist das Bildeinzugsgerät geöffnet und unterstützt es den Bildeinzug via grab_data, liefert grab_data den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_framegrabber`, `grab_image_start`, `set_framegrabber_param`

Nachfolger

`grab_data_async`, `grab_image_start`, `grab_image`, `grab_image_async`, `set_framegrabber_param`, `close_framegrabber`

Siehe auch

`open_framegrabber`, `info_framegrabber`, `set_framegrabber_param`

Modul

Foundation

`grab_data_async` `( : Image, Region, Contours : AcqHandle, MaxDelay : Data )`

Asynchroner Einzug von Bildern und vorverarbeiteten Bilddaten vom angegebenen Bildeinzugsgerät.

`grab_data_async` fordert ein asynchron eingezogenes Bild und vorverarbeitete Bilddaten über das durch `AcqHandle` spezifizierte Bildeinzugsgerät an. Standardmäßig startet `grab_data_async` den nächsten asynchronen Einzug, bevor der Operator sich zurückmeldet. Nähere Informationen zu dem Verhalten eines bestimmten Bildeinzugsgeräts befinden sich in der Dokumentation für die verwendete Bildeinzugsschnittstelle im Verzeichnis `doc/html/reference/acquisition`. Der gewünschte Betriebsmodus des Bildeinzugsgeräts, ein passender Bildausschnitt sowie weitere Schnittstellen-spezifische Einstellungen können mittels der Operatoren `open_framegrabber` und `set_framegrabber_param` vorgenommen werden. Abhängig von der aktuellen Konfiguration des Bildeinzugsgeräts können die vorverarbeiteten Bilddaten in Form von Bildern (`Image`), Bildregionen (`Region`), XLD-Konturen (`Contours`) und Steuerdaten (`Data`) zurückgeliefert werden.

Der Abschluss des neu gestarteten Bildeinzuges erfolgt mittels `grab_data_async` oder `grab_image_async`. Sind mehr als `MaxDelay` ms seit dem Start des Einzuges vergangen, wird falls nötig ein neues Bild eingezogen. Ein negativer Wert für `MaxDelay` deaktiviert diesen Mechanismus.

Der Abbruch des Bildeinzugs kann mit dem Operator `set_framegrabber_param` erfolgen, sofern die jeweilige Bildeinzugsschnittstelle den dazu notwendigen Parameter `'do_abort_grab'` unterstützt. Es ist zu beachten, dass, als Ausnahme von der Beschreibung der gleichzeitigen Verwendung mehrerer Threads (siehe unten), `'do_abort_grab'` auch aus einem anderen Thread aufgerufen werden kann.

Falls nach `grab_data_async` der Operator `grab_image` oder `grab_data` aufgerufen wird, wird der mit `grab_data_async` begonnene asynchrone Bildeinzug abgebrochen und ein neuer, synchroner Bildeinzug gestartet.

Achtung

Aus Sicht einer Anwendung mit mehreren Threads werden `info_framegrabber`, `open_framegrabber` und `close_framegrabber` exklusiv ausgeführt.

`grab_data_async` läuft mit allen nicht exklusiven Operatoren innerhalb und außerhalb der Gruppe parallel.

Parameter

▷ **`Image`** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte / real / uint2
Eingezogene Bilddaten.

▷ **`Region`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Vorverarbeitete Bildregionen.

▷ **`Contours`** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
Vorverarbeitete XLD-Konturen.

▷ **`AcqHandle`** (input_control) ..... framegrabber ⇝ *handle*
Zu benutzendes Bildeinzugsgerät.

▷ **MaxDelay** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Maximal erlaubte Verzögerung zwischen Start des Einzugs und Auslesen des Bildes [ms].
Default: -1.0
Wertevorschläge: `MaxDelay` ∈ {-1.0, 20.0, 33.3, 40.0, 66.6, 80.0, 99.9}

▷ **Data** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / real / integer / handle
Vorverarbeitete Steuerdaten.

Beispiel

```
* Select a suitable image acquisition interface name AcqName
open_framegrabber(AcqName,1,1,0,0,0,0,'default',-1,'default',-1.0, \
                  'default','default','default',-1,-1,AcqHandle)
* Grab image, segment it, and start next grab
grab_data_async (Image1, Region1, Contours1, AcqHandle, -1.0, Data1)
* Process data 1...
* Finish asynchronous grab, segment this image, and start next grab
grab_data_async (Image2, Region2, Contours2, AcqHandle, -1.0, Data2)
* Process data 2...
close_framegrabber(AcqHandle)
```

Ergebnis

Ist das Bildeinzugsgerät geöffnet und unterstützt es den Bildeinzug via `grab_data_async`, liefert `grab_data_async` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_framegrabber`, `grab_image_start`, `set_framegrabber_param`

Nachfolger

`grab_image_async`, `set_framegrabber_param`, `close_framegrabber`

Siehe auch

`open_framegrabber`, `info_framegrabber`, `set_framegrabber_param`

Modul

Foundation

grab_image (: Image : AcqHandle :)

Synchroner Einzug eines Bildes vom angegebenen Bildeinzugsgerät.

`grab_image` zieht über das durch `AcqHandle` spezifizierte Bildeinzugsgerät ein Bild ein. Der gewünschte Betriebsmodus des Bildeinzugsgeräts, ein passender Bildausschnitt sowie weitere Schnittstellen-spezifische Einstellungen können mittels der Operatoren `open_framegrabber` und `set_framegrabber_param` vorgenommen werden.

Der Abbruch des Bildeinzugs kann mit dem Operator `set_framegrabber_param` erfolgen, sofern die jeweilige Bildeinzugsschnittstelle den dazu notwendigen Parameter `'do_abort_grab'` unterstützt. Es ist zu beachten, dass, als Ausnahme von der Beschreibung der gleichzeitigen Verwendung mehrerer Threads (siehe unten), `'do_abort_grab'` auch aus einem anderen Thread aufgerufen werden kann.

Achtung

Aus Sicht einer Anwendung mit mehreren Threads werden `info_framegrabber`, `open_framegrabber` und `close_framegrabber` exklusiv ausgeführt.

`grab_image` läuft mit allen nicht exklusiven Operatoren innerhalb und außerhalb der Gruppe parallel.

Parameter

▷ **Image** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte / uint2
Eingezogenes Bild.

▷ **AcqHandle** (input_control) ..... framegrabber ⇝ *handle*
Zu benutzendes Bildeinzugsgerät.

Beispiel

```
* Select a suitable image acquisition interface name AcqName
info_framegrabber(AcqName,'port',Information,Values)
* Open image acquisition device using the default settings, see
* documentation of the actually used interface for more details
open_framegrabber(AcqName,1,1,0,0,0,0,'default',-1,'default',-1.0, \
                  'default','default','default',-1,-1,AcqHandle)
grab_image(Image,AcqHandle)
close_framegrabber(AcqHandle)
```

Ergebnis

Wenn der Bildeinzug erfolgreich verlaufen ist, liefert `grab_image` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_framegrabber`, `set_framegrabber_param`

Nachfolger

`grab_image_start`, `grab_image_async`, `close_framegrabber`

Siehe auch

`open_framegrabber`, `info_framegrabber`, `set_framegrabber_param`

Modul

Foundation

grab_image_async (: Image : AcqHandle, MaxDelay :)

Asynchroner Einzug eines Bildes vom angegebenen Bildeinzugsgerät.

`grab_image_async` fordert ein asynchron eingezogenes Bild über das durch `AcqHandle` spezifizierte Bildeinzugsgerät an. Standardmäßig startet `grab_image_async` den nächsten asynchronen Einzug, bevor der Operator sich zurückmeldet. Nähere Informationen zu dem Verhalten eines bestimmten Bildeinzugsgeräts befinden sich in der Dokumentation für die verwendete Bildeinzugsschnittstelle im Verzeichnis `doc/html/reference/acquisition`. Der gewünschte Betriebsmodus des Bildeinzugsgeräts, ein passender Bildausschnitt sowie weitere Schnittstellen-spezifische Einstellungen können mittels der Operatoren `open_framegrabber` und `set_framegrabber_param` vorgenommen werden.

Der Abschluss des neu gestarteten Bildeinzuges erfolgt mittels `grab_image_async` oder `grab_data_async`. Sind mehr als `MaxDelay` ms seit dem Start des Einzuges vergangen, wird falls nötig ein neues Bild eingezogen. Ein negativer Wert für `MaxDelay` deaktiviert diesen Mechanismus.

Der Abbruch des Bildeinzugs kann mit dem Operator `set_framegrabber_param` erfolgen, sofern die jeweilige Bildeinzugsschnittstelle den dazu notwendigen Parameter `'do_abort_grab'` unterstützt. Es ist zu beachten, dass, als Ausnahme von der Beschreibung der gleichzeitigen Verwendung mehrerer Threads (siehe unten), `'do_abort_grab'` auch aus einem anderen Thread aufgerufen werden kann.

Falls nach grab_image_async der Operator grab_image oder grab_data aufgerufen wird, wird der mit grab_image_async begonnene asynchrone Bildeinzug abgebrochen und ein neuer, synchroner Bildeinzug gestartet.

Achtung

Aus Sicht einer Anwendung mit mehreren Threads werden info_framegrabber, open_framegrabber und close_framegrabber exklusiv ausgeführt.

grab_image_async läuft mit allen nicht exklusiven Operatoren innerhalb und außerhalb der Gruppe parallel.

Parameter

- ▷ **Image** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte / int2
  Eingezogenes Bild.
- ▷ **AcqHandle** (input_control) ..... framegrabber ⇝ *handle*
  Zu benutzendes Bildeinzugsgerät.
- ▷ **MaxDelay** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Maximal erlaubte Verzögerung zwischen Start des Einzugs und Auslesen des Bildes [ms].
  Default: -1.0
  Wertevorschläge: MaxDelay ∈ {-1.0, 20.0, 33.3, 40.0, 66.6, 80.0, 99.9}

Beispiel

```
* Select a suitable image acquisition interface named AcqName
open_framegrabber('AcqName', 1, 1, 0, 0, 0, 0, 'default' ,-1 , \
                  'default' ,-1.0, 'default', 'default', 'default', -1, \
                  -1, AcqHandle)
* Grab image + start next grab
grab_image_async(Image1, AcqHandle, -1.0)
* Process Image1 ...
* Finish asynchronous grab + start next grab
grab_image_async(Image2, AcqHandle, -1.0)
* Process Image2 ...
close_framegrabber(AcqHandle)
```

Ergebnis

Ist das Bildeinzugsgerät geöffnet und unterstützt es den asynchronen Bildeinzug, liefert grab_image_async den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

grab_image_start, open_framegrabber, set_framegrabber_param

Nachfolger

grab_data_async, set_framegrabber_param, close_framegrabber

Siehe auch

grab_image_start, open_framegrabber, info_framegrabber, set_framegrabber_param

Modul

Foundation

grab_image_start (: : AcqHandle, MaxDelay :)

Start eines asynchronen Bildeinzugs vom angegebenen Bildeinzugsgerät.

grab_image_start startet den asynchronen Bildeinzug über das durch AcqHandle spezifizierten Bildeinzugsgerät. Der gewünschte Betriebsmodus des Bildeinzugsgeräts sowie ein passender Bildausschnitt kann mittels open_framegrabber eingestellt werden. Weitere Schnittstellen-spezifische Einstellungen können gegebenenfalls mit set_framegrabber_param vorgenommen werden.

Der Abschluss des Bildeinzuges erfolgt dann mittels grab_image_async bzw. grab_data_async. Der Parameter MaxDelay ist obsolet und hat keinen Einfluss auf das neue eingezogene Bild. Um festzustellen, ob ein eingezogenes Bild zu alt ist, kann dagegen der Parameter MaxDelay des Operators grab_image_async bzw. grab_data_async verwendet werden.

Beachten Sie, dass der Operator grab_image_start nur in Verbindung mit grab_image_async oder grab_data_async sinnvoll ist. Falls stattdessen grab_image oder grab_data aufgerufen werden, wird der mit grab_image_start begonnene asynchrone Bildeinzug abgebrochen und ein neuer, synchroner Bildeinzug gestartet.

Der Abbruch des Bildeinzugs kann mit dem Operator set_framegrabber_param erfolgen, sofern die jeweilige Bildeinzugsschnittstelle den dazu notwendigen Parameter 'do_abort_grab' unterstützt. Es ist zu beachten, dass, als Ausnahme von der Beschreibung der gleichzeitigen Verwendung mehrerer Threads (siehe unten), 'do_abort_grab' auch aus einem anderen Thread aufgerufen werden kann.

Achtung

Aus Sicht einer Anwendung mit mehreren Threads werden info_framegrabber, open_framegrabber und close_framegrabber exklusiv ausgeführt.

grab_image_start läuft mit allen nicht exklusiven Operatoren innerhalb und außerhalb der Gruppe parallel.

Parameter

- ▷ **AcqHandle** (input_control) ..... framegrabber ⇝ *handle*
  Zu benutzendes Bildeinzugsgerät.
- ▷ **MaxDelay** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Dieser Parameter ist obsolet und hat keinen Einfluss auf das neue eingezogene Bild.
  Default: -1.0
  Wertevorschläge: MaxDelay ∈ {-1.0, 20.0, 33.3, 40.0, 66.6, 80.0, 99.9}

Beispiel

```
* Select a suitable image acquisition interface named AcqName.
open_framegrabber('AcqName', 1, 1, 0, 0, 0, 0, 'default', -1, 'default', \
                  -1.0, 'default', 'default', 'default', -1, -1, AcqHandle)
* Start asynchronous grabbing.
grab_image_start(AcqHandle, -1)
* Run acquisition loop.
while (true)
    * Get image, start next grab.
    grab_image_async(Image, AcqHandle, -1.0)
    * Next: Do something with the grabbed image.
endwhile
close_framegrabber(AcqHandle)
```

Ergebnis

Ist das Bildeinzugsgerät geöffnet und unterstützt es den asynchronen Bildeinzug, liefert grab_image_start den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_framegrabber, set_framegrabber_param

Nachfolger

grab_image_async, grab_data_async, set_framegrabber_param, close_framegrabber

Siehe auch

open_framegrabber, info_framegrabber, set_framegrabber_param

Modul

Foundation

info_framegrabber (: : Name, Query : Information, ValueList)

Ausgabe von Informationen zur angegebenen Bildeinzugsschnittstelle.

info_framegrabber liefert Informationen zur angegebenen Bildeinzugsschnittstelle Name. Über den Parameter Query wird die gewünschte Information ausgewählt. In Information wird dann eine textuelle Beschreibung, in ValueList gegebenenfalls eine Liste von zulässigen Werten zurückgegeben. Derzeit werden folgende Abfragen unterstützt:

'bits_per_channel': Auflistung aller unterstützten Werte für den Parameter BitsPerChannel, vgl. open_framegrabber.

'camera_type': Beschreibung und Auflistung aller unterstützten Werte für den Parameter CameraType, vgl. open_framegrabber.

'color_space': Auflistung aller unterstützten Werte für den Parameter ColorSpace, vgl. open_framegrabber.

'defaults': Schnittstellen-spezifische Defaultwerte in ValueList, vgl. open_framegrabber.

'device': Auflistung aller unterstützten Werte für den Parameter Device, vgl. open_framegrabber.

'external_trigger': Auflistung aller unterstützten Werte für den Parameter ExternalTrigger, vgl. open_framegrabber.

'field': Auflistung aller unterstützten Werte für den Parameter Field, vgl. open_framegrabber.

'general': Allgemeine Angaben in Information.

'generic': Generischer Wert mit gerätespezifischer Bedeutung, vgl. open_framegrabber.

'horizontal_resolution': Auflistung aller unterstützten Werte für den Parameter HorizontalResolution, vgl. open_framegrabber.

'image_height': Auflistung aller unterstützten Werte für den Parameter ImageHeight, vgl. open_framegrabber.

'image_width': Auflistung aller unterstützten Werte für den Parameter ImageWidth, vgl. open_framegrabber.

'info_boards': Informationen über die tatsächlich im Rechner installierten Bildeinzugsgeräte. Diese Daten werden z.B für den Auto-detect-Mechanismus des Image Acquisition Assistenten in HDevelop verwendet.

'line_in': Auflistung aller unterstützten Werte für den Parameter LineIn, vgl. open_framegrabber.

'parameters': Auflistung aller Schnittstellen-spezifischen Parameter, die über set_framegrabber_param bzw. get_framegrabber_param zugänglich sind.

'parameters_readonly': Auflistung aller Schnittstellen-spezifischen Parameter, die nur über get_framegrabber_param zugänglich sind.

'parameters_writeonly': Auflistung aller Schnittstellen-spezifischen Parameter, die nur über set_framegrabber_param zugänglich sind.

'port': Auflistung aller unterstützten Werte für den Parameter Port, vgl. open_framegrabber.

'revision': Aktuelle Versionsnummer der Bildeinzugsschnittstelle.

'start_column': Auflistung aller unterstützten Werte für den Parameter StartColumn, vgl. open_framegrabber.

'start_row': Auflistung aller unterstützten Werte für den Parameter StartRow, vgl. open_framegrabber.

'vertical_resolution': Auflistung aller unterstützten Werte für den Parameter VerticalResolution, vgl. open_framegrabber.

Weitere Informationen zu spezifischen Bildeinzugsschnittstellen findet sich in der Dokumentation aller Bildeinzugsschnittstellen im Verzeichnis `doc/html/reference/acquisition`.

Achtung

Aus Sicht einer Anwendung mit mehreren Threads werden `info_framegrabber`, `open_framegrabber` und `close_framegrabber` exklusiv ausgeführt. D.h., `info_framegrabber`, `open_framegrabber` und `close_framegrabber` verhindern die gleichzeitige Ausführung untereinander, laufen aber mit allen nicht exklusiven Operatoren außerhalb der Gruppe parallel.

Auf Windows Systemen können Fehler-Dialogboxen vom Betriebssystems erscheinen, wenn abhängende Module des Interfaces nicht gefunden werden können. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn das entsprechende SDK nicht installiert wurde. Das Erscheinen der Dialogboxen kann über Windows Error Mode kontrolliert werden. Informationen dazu finden sich in der Beschreibung von SetErrorMode in der MSDN Dokumentation.

Parameter

▷ **`Name`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name der HALCON Bildeinzugsschnittstelle, d.h. Name der zugehörigen DLL (Windows) bzw. 'shared library' (Linux).
Default: 'File'
Wertevorschläge: `Name` ∈ {'ABS', 'ADLINK', 'AlkUSB3', 'Andor', 'BitFlow', 'Crevis', 'DahengCAM', 'DirectFile', 'DirectShow', 'Ensenso-NxLib', 'File', 'FocalSpecLCI', 'GenICamTL', 'GigEVision2', 'GingaDG', 'Ginga++', 'GStreamer', 'heliCamC3', 'KeyenceVJ', 'LinX', 'LPS36', 'LuCam', 'MatrixVisionAcquire', 'MediaFoundation', 'MILLite', 'MultiCam', 'O3D3xx', 'Opteon', 'PhoXi', 'PixeLINK', 'pylon', 'RealSense', 'SaperaLT', 'Sentech', 'SICK-3DCamera', 'SICK-ScanningRuler', 'SiliconSoftware', 'Slink', 'TWAIN', 'uEye', 'USB3Vision', 'Video4Linux2', 'VRmUsbCam'}

▷ **`Query`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name der gewählten Anfrage.
Default: 'info_boards'
Werteliste: `Query` ∈ {'defaults', 'general', 'info_boards', 'parameters', 'parameters_readonly', 'parameters_writeonly', 'revision', 'bits_per_channel', 'camera_type', 'color_space', 'device', 'external_trigger', 'field', 'generic', 'horizontal_resolution', 'image_height', 'image_width', 'port', 'start_column', 'start_row', 'vertical_resolution'}

▷ **`Information`** (output_control) ..... string ⇝ *string*
Textuelle Information (abhängig von `Query`).

▷ **`ValueList`** (output_control) ..... string-array ⇝ *string* / integer / real
Werteliste (abhängig von `Query`).

Beispiel

```
* Select a suitable image acquisition interface name AcqName
info_framegrabber(AcqName,'port',Information,Values)
* Open image acquisition device using the default settings, see
* documentation of the actually used interface for more details
open_framegrabber(AcqName,1,1,0,0,0,0,'default',-1,'default',-1.0, \
                  'default','default','default',-1,-1,AcqHandle)
grab_image(Image,AcqHandle)
close_framegrabber(AcqHandle)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und ist die angegebene Bildeinzugsschnittstelle verfügbar, liefert `info_framegrabber` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_framegrabber`

Nachfolger

open_framegrabber

Siehe auch

open_framegrabber

Modul

Foundation

open_framegrabber (: : Name, HorizontalResolution, VerticalResolution, ImageWidth, ImageHeight, StartRow, StartColumn, Field, BitsPerChannel, ColorSpace, Generic, ExternalTrigger, CameraType, Device, Port, LineIn : AcqHandle)

Öffnen und Konfigurieren eines Bildeinzugsgeräts.

open_framegrabber öffnet und konfiguriert das ausgewählte Bildeinzugsgerät. Dabei wird insbesondere auch die Verbindung zum Bildeinzugsgerät getestet, das Bildeinzugsgerät für andere Prozesse gesperrt und gegebenenfalls Speicher für die Datenpuffer reserviert. Der eigentliche Bildeinzug erfolgt dann mittels grab_image, grab_data, grab_image_async oder grab_data_async. Wird das Bildeinzugsgerät nicht mehr benötigt, sollte er mittels close_framegrabber wieder geschlossen und so für andere Prozesse freigegeben werden. Einige Bildeinzugsgeräte erlauben das gleichzeitige Öffnen mehrerer Instanzen.

Für alle Parameter kann explizit der gerätespezifische Defaultwert verwendet werden (vgl. Parameterbeschreibung unten). Nähere Informationen zu einem bestimmten Bildeinzugsgerät erhält man mit Hilfe von info_framegrabber. Die ausführliche Dokumentation zu allen gerätespezifischen Parametern findet sich in der Dokumentation für die verwendete Bildeinzugsschnittstelle im Verzeichnis doc/html/reference/acquisition.

Die Bedeutung der Parameter von open_framegrabber ist im einzelnen:

HorizontalResolution, **VerticalResolution** Gewünschte Auflösung des Bildeinzugsgeräts.

ImageWidth, **ImageHeight** Größe des Bildausschnittes, der von grab_image etc. geliefert werden soll.

StartRow, **StartColumn** Linke obere Ecke des gewünschten Bildausschnittes.

Field Gewünschtes Halbbild (*'first'*, *'second'* oder *'next'*) bzw. Einstellung eines Vollbildes.

BitsPerChannel Die Anzahl an Bits, die das Bildeinzugsgerät pro Pixel und Bildkanal überträgt (typischerweise *5*, *8*, *10*, *12* oder *16*).

ColorSpace Festlegung des Ausgabe-Farbformats der eingezogenen Bilder (typischerweise *'gray'* oder *'raw'* für einkanalige bzw. *'rgb'* oder *'yuv'* für dreikanalige Bilder).

Generic Generischer Parameter mit gerätespezifischer Bedeutung. Diese ist mittels info_framegrabber abfragbar.

ExternalTrigger Aktivierung des externen Triggers des Bildeinzugsgeräts (soweit unterstützt).

CameraType Nähere Spezifikation des gewünschten Bildeinzugsgeräts (typischerweise die Angabe des analogen Videoformats oder der Name der zu verwendenden Kamerakonfigurationsdatei). Die Bedeutung dieses Parameters ist gerätespezifisch und kann mittels info_framegrabber abgefragt werden.

Device Gerätename des zu verwendenden Bildeinzugsgeräts.

Port Port, an den das Bildeinzugsgerät angeschlossen ist.

LineIn Selektion des Kameraeingangs (falls ein Multiplexer für den Port verfügbar ist).

Der Operator open_framegrabber liefert mit AcqHandle einen Handle auf das geöffneten Bildeinzugsgerät zurück.

Achtung

Bedingt durch die Vielzahl der unterstützten Bildeinzugsgeräte, umfasst open_framegrabber eine große Anzahl von Parametern. Für ein bestimmten Bildeinzugsgerät werden deshalb nicht immer alle Parameter benötigt.

Aus Sicht einer Anwendung mit mehreren Threads werden info_framegrabber, open_framegrabber und close_framegrabber exklusiv ausgeführt. D.h., info_framegrabber, open_framegrabber und close_framegrabber verhindern die gleichzeitige Ausführung untereinander, laufen aber mit allen nicht exklusiven Operatoren außerhalb der Gruppe parallel.

Auf Windows Systemen können Fehler-Dialogboxen vom Betriebssystems erscheinen, wenn abhängende Module des Interfaces nicht gefunden werden können. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn das entsprechende SDK nicht installiert wurde. Das Erscheinen der Dialogboxen kann über Windows Error Mode kontrolliert werden. Informationen dazu finden sich in der Beschreibung von SetErrorMode in der MSDN Dokumentation.

Parameter

▷ **Name** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name der HALCON-Bildeinzugsschnittstelle, d.h. Name der zugehörigen DLL (Windows) bzw. 'shared library' (Linux).
Default: 'File'
Wertevorschläge: `Name` ∈ {'ABS', 'ADLINK', 'AlkUSB3', 'Andor', 'BitFlow', 'Crevis', 'DahengCAM', 'DirectFile', 'DirectShow', 'Ensenso-NxLib', 'File', 'FocalSpecLCI', 'GenICamTL', 'GigEVision2', 'GingaDG', 'Ginga++', 'GStreamer', 'heliCamC3', 'KeyenceVJ', 'LinX', 'LPS36', 'LuCam', 'MatrixVisionAcquire', 'MediaFoundation', 'MILLite', 'MultiCam', 'O3D3xx', 'Opteon', 'PhoXi', 'PixeLINK', 'pylon', 'RealSense', 'SaperaLT', 'Sentech', 'SICK-3DCamera', 'SICK-ScanningRuler', 'SiliconSoftware', 'Slink', 'TWAIN', 'uEye', 'USB3Vision', 'Video4Linux2', 'VRmUsbCam'}

▷ **HorizontalResolution** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Gewünschte horizontale Auflösung des Bildeinzugsgeräts (absoluter Wert oder *1* für Vollauflösung, *2* für halbe Auflösung bzw. *4* für viertel Auflösung).
Default: 1
Wertevorschläge: `HorizontalResolution` ∈ {1, 2, 4, 1600, 1280, 768, 640, 384, 320, 192, 160, -1}

▷ **VerticalResolution** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Gewünschte vertikale Auflösung des Bildeinzugsgeräts (absoluter Wert oder *1* für Vollauflösung, *2* für halbe Auflösung bzw. *4* für viertel Auflösung).
Default: 1
Wertevorschläge: `VerticalResolution` ∈ {1, 2, 4, 1200, 1024, 576, 480, 288, 240, 144, 120, -1}

▷ **ImageWidth** (input_control) . . . . . rectangle.extent.x ⇝ *integer*
Breite des gewünschten Bildausschnittes (absoluter Wert oder *0* für `HorizontalResolution` - 2*`StartColumn`).
Default: 0
Wertevorschläge: `ImageWidth` ∈ {0, -1}

▷ **ImageHeight** (input_control) . . . . . rectangle.extent.y ⇝ *integer*
Höhe des gewünschten Bildausschnittes (absoluter Wert oder *0* für `VerticalResolution` - 2*`StartRow`).
Default: 0
Wertevorschläge: `ImageHeight` ∈ {0, -1}

▷ **StartRow** (input_control) . . . . . rectangle.origin.y ⇝ *integer*
Zeilennummer der oberen linken Ecke des gewünschten Bildausschnittes (bzw. Höhe eines Rahmens, falls `ImageHeight` = *0*).
Default: 0
Wertevorschläge: `StartRow` ∈ {0, -1}

▷ **StartColumn** (input_control) . . . . . rectangle.origin.x ⇝ *integer*
Spaltennummer der oberen linken Ecke des gewünschten Bildausschnittes (bzw. Breite eines Rahmens, falls `ImageWidth` = *0*).
Default: 0
Wertevorschläge: `StartColumn` ∈ {0, -1}

▷ **Field** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Gewünschtes Halbbild bzw. Vollbild.
Default: 'default'
Wertevorschläge: `Field` ∈ {'first', 'second', 'next', 'interlaced', 'progressive', 'default'}

▷ **BitsPerChannel** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl übertragener Bits pro Pixel und Bildkanal (-1: gerätespezifischer Defaultwert).
Default: -1
Wertevorschläge: `BitsPerChannel` ∈ {5, 8, 10, 12, 14, 16, -1}

▷ **ColorSpace** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Festlegung des Ausgabe-Farbformats der eingezogenen Bilder, typischerweise *'gray'* oder *'raw'* für

einkanalige bzw. *'rgb'* oder *'yuv'* für dreikanalige Bilder (*'default'*: gerätespezifischer Defaultwert).
Default: 'default'
Wertevorschläge: `ColorSpace` ∈ {'gray', 'raw', 'rgb', 'yuv', 'default'}

▷ **`Generic`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *real* / string / integer
Generischer Parameter mit gerätespezifischer Bedeutung.
Default: -1

▷ **`ExternalTrigger`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Trigger durch externes Signal.
Default: 'default'
Werteliste: `ExternalTrigger` ∈ {'true', 'false', 'default'}

▷ **`CameraType`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Verwendeter Kameratyp (*'default'*: gerätespezifischer Defaultwert).
Default: 'default'
Wertevorschläge: `CameraType` ∈ {'ntsc', 'pal', 'auto', 'default'}

▷ **`Device`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Device, an das das Bildeinzugsgerät angeschlossen ist (*'default'*: gerätespezifischer Defaultwert).
Default: 'default'
Wertevorschläge: `Device` ∈ {'-1', '0', '1', '2', '3', 'default'}

▷ **`Port`** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Port, an den das Bildeinzugsgerät angeschlossen ist (*-1*: gerätespezifischer Defaultwert).
Default: -1
Wertevorschläge: `Port` ∈ {0, 1, 2, 3, -1}

▷ **`LineIn`** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Kameraeingang (*-1*: gerätespezifischer Defaultwert).
Default: -1
Wertevorschläge: `LineIn` ∈ {1, 2, 3, 4, -1}

▷ **`AcqHandle`** (output_control) ..... framegrabber ⇝ *handle*
Handle für das neu geöffnete Bildeinzugsgerät.

Beispiel

```
* Select a suitable image acquisition interface name AcqName
info_framegrabber(AcqName,'port',Information,Values)
* Open image acquisition device using the default settings, see
* documentation of the actually used interface for more details
open_framegrabber(AcqName,1,1,0,0,0,0,'default',-1,'default',-1.0, \
                  'default','default','default',-1,-1,AcqHandle)
grab_image(Image,AcqHandle)
close_framegrabber(AcqHandle)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und konnte das gewünschte Bildeinzugsgerät geöffnet werden, liefert `open_framegrabber` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`info_framegrabber`

Nachfolger

`grab_image`, `grab_data`, `grab_image_start`, `grab_image_async`, `grab_data_async`, `set_framegrabber_param`, `set_framegrabber_callback`

Siehe auch

info_framegrabber, close_framegrabber, grab_image

Modul

Foundation

set_framegrabber_callback (: : AcqHandle, CallbackType, CallbackFunction, UserContext :)

Registrieren einer Callback-Funktion für ein Bildeinzugsgerät.

Der Operator set_framegrabber_callback registriert eine Callback-Funktion für das durch AcqHandle angegebene Bildeinzugsgerät. Der Parameter CallbackFunction enthält einen Zeiger auf die zu registrierende Funktion, während CallbackType angibt, mit welcher Funktion des darunterliegenden API sie verbunden werden soll.

Typische Werte für CallbackType sind:

'exception': Der Bildeinzug hat eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

'exposure_end': Die Belichtung des nächsten Bildes ist beendet.

'exposure_start': Die Belichtung des nächsten Bildes ist gestartet.

'transfer_end': Ein neues Bild ist verfügbar und kann mit grab_image_async abgeholt werden.

Abhängig von der Funktionalität des darunterliegenden API sind auch weitere Werte für CallbackType möglich. Alle tatsächlich verfügbaren Callback-Typen für ein bestimmtes Bildeinzugsgerät können durch den Aufruf von get_framegrabber_param mit dem Parameter 'available_callback_types' abgefragt werden. Nähere Informationen finden sich in der Dokumentation der verwendeten Bildeinzugsschnittstelle.

Sobald der Callback registriert worden ist, wird bei jedem Eintreten des entsprechenden Ereignisses (z.B. die Benachrichtigung, dass die Belichtung abgeschlossen ist) die angegebene Callback-Funktion CallbackFunction aufgerufen. Ist CallbackFunction gleich NULL, wird der entsprechende Callback gelöscht.

Die Signatur der Callback-Funktion lautet folgendermaßen:

```
Herror HAcqCallback(void *AcqHandle, void *Context, void *UserContext)
```

Der erste Parameter der Callback-Funktion enthält das in AcqHandle übergebene Handle für das Bildeinzugsgerät, der zweite einen Zeiger auf schnittstellenabhängige Kontextdaten und der dritte Parameter ist der Zeiger auf die benutzerspezifischen Kontextdaten, der in UserContext angegeben wird.

Achtung

Aus Sicht einer Anwendung mit mehreren Threads werden info_framegrabber, open_framegrabber und close_framegrabber exklusiv ausgeführt.

set_framegrabber_callback läuft mit allen nicht exklusiven Operatoren innerhalb und außerhalb der Gruppe parallel.

Parameter

- ▷ **AcqHandle** (input_control) ..... framegrabber ⇝ *handle*
  Zu benutzendes Bildeinzugsgerät.
- ▷ **CallbackType** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Callback-Typ.
  Default: 'transfer_end'
  Wertevorschläge: CallbackType ∈ {'exception', 'exposure_end', 'exposure_start', 'transfer_end'}
- ▷ **CallbackFunction** (input_control) ..... pointer ⇝ *integer*
  Zu setzender Zeiger auf die Callback-Funktion.
- ▷ **UserContext** (input_control) ..... pointer ⇝ *integer*
  Zeiger auf benutzerspezifische Kontextdaten.

Ergebnis

Ist das Bildeinzugsgerät geöffnet und konnte der angegebene Callback erfolgreich gesetzt werden, liefert set_framegrabber_callback den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- AcqHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`open_framegrabber`, `set_framegrabber_param`

Nachfolger

`grab_image`, `grab_data`, `grab_image_start`, `grab_image_async`, `grab_data_async`, `get_framegrabber_param`

Siehe auch

`open_framegrabber`, `get_framegrabber_callback`

Modul

Foundation

`set_framegrabber_lut` `( : : AcqHandle, ImageRed, ImageGreen, ImageBlue : )`

Setzen der Look-Up-Tabelle des Bildeinzugsgeräts.

`set_framegrabber_lut` setzt die Look-Up-Tabelle (LUT) des durch `AcqHandle` spezifizierten Bildeinzugsgerät. Diese Operation wird nicht von allen Bildeinzugsgeräten unterstützt.

Achtung

Aus Sicht einer Anwendung mit mehreren Threads werden `info_framegrabber`, `open_framegrabber` und `close_framegrabber` exklusiv ausgeführt.

`set_framegrabber_lut` läuft mit allen nicht exklusiven Operatoren innerhalb und außerhalb der Gruppe parallel.

Parameter

- ▷ **`AcqHandle`** (input_control) ..... framegrabber ⇝ *handle*
  Zu benutzendes Bildeinzugsgerät.
- ▷ **`ImageRed`** (input_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Rotanteil der LUT-Einträge.
- ▷ **`ImageGreen`** (input_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Grünanteil der LUT-Einträge.
- ▷ **`ImageBlue`** (input_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Blauanteil der LUT-Einträge.

Ergebnis

`set_framegrabber_lut` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), sofern die übergebene LUT korrekt ist und das Bildeinzugsgerät geöffnet ist.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- AcqHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

open_framegrabber, get_framegrabber_lut

Nachfolger

grab_image, grab_data, grab_image_start, grab_image_async, grab_data_async

Siehe auch

get_framegrabber_lut, open_framegrabber

Modul

Foundation

set_framegrabber_param (: : AcqHandle, Param, Value :)

Setzen spezifischer Parameter eines Bildeinzugsgeräts.

set_framegrabber_param setzt spezifische Parameter für das durch AcqHandle angegebene Bildeinzugsgerät. Nähere Informationen zu einem bestimmten Bildeinzugsgerät erhält man mit Hilfe von info_framegrabber. Die ausführliche Dokumentation zu allen gerätespezifischen Parametern findet sich in der Dokumentation für die verwendete Bildeinzugsschnittstelle im Verzeichnis doc/html/reference/acquisition.

Achtung

Aus Sicht einer Anwendung mit mehreren Threads werden info_framegrabber, open_framegrabber und close_framegrabber exklusiv ausgeführt.

set_framegrabber_param läuft mit allen nicht exklusiven Operatoren innerhalb und außerhalb der Gruppe parallel.

Parameter

- ▷ **AcqHandle** (input_control) ..... framegrabber ⇝ *handle*
  Zu benutzendes Bildeinzugsgerät.
- ▷ **Param** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Parametername.
  Wertevorschläge: Param ∈ {'color_space', 'continuous_grabbing', 'external_trigger', 'grab_timeout', 'image_height', 'image_width', 'port', 'start_column', 'start_row', 'volatile'}
- ▷ **Value** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / real / integer / handle
  Zu setzender Parameterwert.

Ergebnis

Ist das Bildeinzugsgerät geöffnet und wird der angegebene Parameter bzw. Parameterwert unterstützt, liefert set_framegrabber_param den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- AcqHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

open_framegrabber

Nachfolger

grab_image, grab_data, grab_image_start, grab_image_async, grab_data_async, get_framegrabber_param

Siehe auch

open_framegrabber, info_framegrabber, get_framegrabber_param

Modul

Foundation

6.2 Domain

add_channels (Regions, Image : GrayRegions : :)

Regionen mit Grauwerten versehen.

add_channels erzeugt ein Array an Bildern GrayRegions, mit einem Element für jede Eingaberegion in Regions. Diese Bilder entsprechen dem Eingabebild Image mit neuem Definitionsbereich, nämlich dem als der Durchschnitt des Definitionsbereiches des Eingabebildes mit der jeweiligen Region. Der neue Definitionsbereich kann also eine Teilmenge der Region sein. Die Größe der Bild-Matrix wird nicht verändert und alle Kanäle von Image werden übernommen.

Parameter

▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Eingaberegionen (ohne Pixelwerte).

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field
Eingabebild mit Pixelwerten für Regionen.

▷ **GrayRegions** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field
Ausgabebild(er) mit Regionen und Pixelwerten (ein Bild pro Eingaberegion).
Parameteranzahl: Regions == GrayRegions

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, gen_circle, draw_region

Nachfolger

threshold, regiongrowing, get_domain

Alternativen

change_domain, reduce_domain

Siehe auch

full_domain, get_domain, intersection

Modul

Foundation

change_domain (Image, NewDomain : ImageNew : :)

Verändert den Definitionsbereich eines Bildes.

change_domain verwendet die angegebene Region als neuen Definitionsbereich. Im Gegensatz zu reduce_domain wird hier nicht die Schnittmenge mit dem bisherigen Definitionsbereich gebildet, d.h. die Größe der Matrix wird nicht verändert. Dies impliziert insbesondere, dass die Region nicht größer sein darf als die Bildmatrix, andernfalls kann die Verwendung von derart inkonsistenten Bildobjekten bei nachfolgenden Operationen zu Fehlern und Systemabstürzen führen.

Achtung

Aus Laufzeitgründen wird die übergebene Region nicht auf Konsistenz (d.h. ob sie zur Bildmatrix passt) überprüft. Falsche Regionen führen bei nachfolgenden Operationen zu Systemabstürzen.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild.

▷ **NewDomain** (input_object) ..... region ⇝ *object*

Neuer Definitionsbereich.

▷ **ImageNew** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Bild mit neuem Definitionsbereich.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

get_domain

Alternativen

reduce_domain

Siehe auch

full_domain, get_domain, intersection

Modul

Foundation

full_domain (Image : ImageFull : :)

Definitionsbereich eines Bildes maximal erweitern.

full_domain trägt ein Rechteck mit der Kantenlänge des Bildes als neuen Definitionsbereich ein. Dies bedeutet, dass alle Pixel der Matrix bei weiteren Operationen mit einbezogen werden. Man erhält somit den gleichen Definitionsbereich, den man nach dem Einlesen oder Erzeugen eines Bildes hat. Die Größe der Matrix wird nicht verändert.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild.

▷ **ImageFull** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Bild mit maximalem Definitionsbereich.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

get_domain

Alternativen

change_domain, reduce_domain

Siehe auch

get_domain, gen_rectangle1

Modul

Foundation

get_domain (Image : Domain : :)

Zugriff auf den Definitionsbereich eines Bildes.

get_domain liefert zu allen Bildern in der Eingabe die Definitionsbereiche als Region zurück.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebilder.

▷ **Domain** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*

Definitionsbereiche der Eingabebilder.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

change_domain, reduce_domain, full_domain

Siehe auch

change_domain, reduce_domain, full_domain

Modul

Foundation

rectangle1_domain (Image : ImageReduced : Row1, Column1, Row2, Column2 :)

Verkleinert den Definitionsbereich eines Bildes auf ein Rechteck.

rectangle1_domain verkleinert den Definitionsbereich der Eingabebilder auf das angegebene Rechteck. Die Größe der Matrix wird nicht verändert.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild.

▷ **ImageReduced** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Bild mit reduziertem Definitionsbereich.

▷ **Row1** (input_control) ..... rectangle.origin.y ⇝ *integer*
Zeilenindex der linken oberen Ecke des Bildausschnittes.
Default: 100
Wertevorschläge: `Row1` ∈ {10, 20, 50, 100, 200, 300, 500}
Wertebereich: 0 ≤ `Row1` ≤ 1024

▷ **Column1** (input_control) ..... rectangle.origin.x ⇝ *integer*
Spaltenindex der linken oberen Ecke des Bildausschnittes.
Default: 100
Wertevorschläge: `Column1` ∈ {10, 20, 50, 100, 200, 300, 500}
Wertebereich: 0 ≤ `Column1` ≤ 1024

▷ **Row2** (input_control) ..... rectangle.origin.y ⇝ *integer*
Zeilenindex der rechten unteren Ecke des Bildausschnittes.
Default: 200
Wertevorschläge: `Row2` ∈ {10, 20, 50, 100, 200, 300, 500}
Wertebereich: 0 ≤ `Row2` ≤ 1024

▷ **Column2** (input_control) ..... rectangle.origin.x ⇝ *integer*
Spaltenindex der rechten unteren Ecke des Bildausschnittes.
Default: 200
Wertevorschläge: `Column2` ∈ {10, 20, 50, 100, 200, 300, 500}
Wertebereich: 0 ≤ `Column2` ≤ 1024

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`get_domain`

Alternativen

`change_domain`, `reduce_domain`, `add_channels`

Siehe auch

`full_domain`, `get_domain`, `intersection`

Modul

Foundation

`reduce_domain ( Image, Region : ImageReduced : : )`

Verkleinert den Definitionsbereich eines Bildes.

`reduce_domain` verkleinert den Definitionsbereich der Eingabebilder um die angegebene Region. Der neue Definitionsbereich berechnet sich als der Durchschnitt des alten Definitionsbereiches mit der Region. Der neue Definitionsbereich kann also eine Teilmenge der Region sein. Die Größe der Matrix wird nicht verändert.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field
Eingabebild.

▷ **Region** (input_object) ..... region ⇝ *object*
Neuer Definitionsbereich.

▷ **ImageReduced** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field
Bild mit reduziertem Definitionsbereich.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`get_domain`

Alternativen

`change_domain`, `rectangle1_domain`, `add_channels`

Siehe auch

`full_domain`, `get_domain`, `intersection`

Modul

Foundation

6.3 Format

`add_image_border` (`Image` : `ImageBorder` : `Size`, `Value` :)

Hinzufügen eines Randes zu einem Bild.

Fügt dem Eingabebild `Image` einen Rand hinzu und gibt das Ergebnis in `ImageBorder` zurück.

Die Größe des Randes muss mit dem Parameter `Size` angegeben werden. Der Parameter kann folgendermaßen gesetzt werden:

- Einzelne Zahl: Größe des Randes an allen vier Seiten links/rechts/oben/unten.
- Zwei Zahlen: Größe des linken/rechten und oberen/unteren Randes: `[l/r, o/u]`.
- Vier Zahlen: Größe des linken, rechten, unteren, oberen Randes: `[l,r,o,u]`.

Der Grauwert des Randes muss mit dem Parameter `Value` angegeben werden. Der Parameter kann folgendermaßen gesetzt werden:

- Einzelne Zahl: Der Wert wird für alle Kanäle des Eingabebildes `Image` genutzt.
- Mehrere Zahlen: Die Werte werden einzeln auf die Kanäle des Eingabebildes `Image` angewandt. Somit wird der erste Wert auf den ersten Kanal, der zweite Wert auf den zweiten Kanal und so weiter angewandt.
  Restriktion: Die Anzahl an Werten muss identisch zur Anzahl an Kanälen des Eingabebildes sein.

Es ist zu beachten, dass `add_image_border` die Domäne des Eingabebildes ignoriert und immer ein Bild mit einer uneingeschränkten Domäne in `ImageBorder` zurückgibt.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) . . . . . multichannel-image-array ⇝ *object :* byte / direction / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
Eingabebild.

▷ **`ImageBorder`** (output_object) . . . . . multichannel-image-array ⇝ *object :* byte / direction / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
Ausgabebild.

▷ **`Size`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *integer*
Größe des Randes in Pixel.
Default: 10

▷ **`Value`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *integer* / string
Grauwert des Randes.
Default: 100

Beispiel

```
* Add a border of 20 pixels with a constant gray value of 255
* on all four sides of Image
read_image (Image, 'printer_chip/printer_chip_01')
add_image_border (Image, ImageBorder, 20, 255)

* Add a 10-pixel border with a constant gray value of 255 to
* the left and right side and a 20-pixel border with the same
* gray value to the top and bottom of Image.
read_image (Image, 'printer_chip/printer_chip_01')
add_image_border (Image, ImageBorder, [10, 20], 255)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Alternativen

`tile_images_offset`

Modul

Foundation

change_format (Image : ImagePart : Width, Height :)

Ändern der Bildgröße.

`change_format` vergrößert bzw. verkleinert die Eingabebilder auf die angegebene Höhe bzw. Breite. Bei einer Verkleinerung werden am „rechten“ bzw. „unteren“ Bildrand Teile abgeschnitten. Bei einer Vergrößerung werden die zusätzlichen Bereiche mit 0 besetzt. Der Definitionsbereich des Ausgabebildes entspricht dem des Eingabebildes, eventuell beschnitten auf die neue Bildgröße. Es wird kein Zooming durchgeführt.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild.

▷ **ImagePart** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Bild mit neuem Format.

▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*

Breite des neuen Bildes.
Default: 512
Wertevorschläge: `Width` ∈ {32, 64, 128, 256, 512, 768, 1024}

▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*

Höhe des neuen Bildes.
Default: 512
Wertevorschläge: `Height` ∈ {32, 64, 128, 256, 512, 525, 1024}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

disp_image

Alternativen

crop_part

Siehe auch

zoom_image_size, zoom_image_factor

Modul

Foundation

crop_domain (Image : ImagePart : :)

Ausschneiden der gültigen Pixel.

crop_domain schneidet aus den Eingabebildern einen rechteckigen Ausschnitt aus. Dieses Rechteck ist das kleinste umschließende Rechteck um den Definitionsbereich des Bildes. Die neue Bildmatrix hat die Größe des Rechtecks.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real

Eingabebild.

▷ **ImagePart** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real

Bildausschnitt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

disp_image

Alternativen

crop_part, crop_rectangle1, change_format, reduce_domain

Siehe auch

zoom_image_size, zoom_image_factor

Modul

Foundation

crop_domain_rel (Image : ImagePart : Top, Left, Bottom, Right :)

Ausschneiden eines Bildausschnittes um den Definitionsbereich.

crop_domain_rel schneidet aus den Eingabebildern einen rechteckigen Ausschnitt aus. Der Ausschnitt wird durch das umschließende Rechteck des Definitionsbereiches bestimmt. Das Rechteck kann durch die Steuerparameter oben (Top), links (Left), unten (Bottom) oder rechts (Right) verändert werden. Positive Werte bewirken eine Verkleinerung, negative Zahlen bewirken eine Vergrößerung. Sind alle Parameter gleich Null, dann bleibt das Rechteck unverändert.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Eingabebild.

▷ **ImagePart** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Bildausschnitt.

▷ **Top** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl Zeilen die „oben“ abgeschnitten werden.
Default: -1
Wertevorschläge: `Top` ∈ {-20, -10, -5, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}

▷ **Left** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl Spalten die „links“ abgeschnitten werden.
Default: -1
Wertevorschläge: `Left` ∈ {-20, -10, -5, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}

▷ **Bottom** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl Zeilen die „unten“ abgeschnitten werden.
Default: -1
Wertevorschläge: `Bottom` ∈ {-20, -10, -5, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}

▷ **Right** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl Zeilen die „rechts“ abgeschnitten werden.
Default: -1
Wertevorschläge: `Right` ∈ {-20, -10, -5, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}

Ergebnis

`crop_domain_rel` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)`, das bei leerer Region mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Vorgänger

`reduce_domain`, `threshold`, `connection`, `regiongrowing`, `pouring`

Alternativen

`crop_domain`, `crop_rectangle1`

Siehe auch

`smallest_rectangle1`, `intersection`, `gen_rectangle1`, `clip_region`

Modul

Foundation

crop_part (Image : ImagePart : Row, Column, Width, Height :)

Ausschneiden eines oder mehrerer rechteckiger Bildausschnitte.

`crop_part` schneidet aus den Eingabebildern einen oder mehrere rechteckige Ausschnitte aus. Die Ausschnitte werden durch die Koordinaten der linken oberen Ecken und den Größen der Rechtecke beschrieben. Die linken oberen Ecken der Ausschnitte müssen innerhalb des Bildes liegen. Rechts und unten dürfen die Rechtecke aus dem Bild herausragen, allerdings wird der Definitionsbereich des entsprechenden Ausgabebildes so gesetzt, dass nur der

Teil enthalten ist, der aus dem Eingabebild stammt. Liegen die rechteckigen Ausschnitte komplett im Eingabebild, hat jedes resultierende Bild die Größe des entsprechenden Rechtecks.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
Eingabebild.

▷ **ImagePart** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
Bildausschnitt.

▷ **Row** (input_control) ..... rectangle.origin.y(-array) ⇝ *integer*
Zeilenindex der linken oberen Ecke des Bildausschnittes.
Default: 100
Wertevorschläge: `Row` ∈ {10, 20, 50, 100, 200, 300, 500}
Wertebereich: 0 ≤ `Row` ≤ 1024

▷ **Column** (input_control) ..... rectangle.origin.x(-array) ⇝ *integer*
Spaltenindex der linken oberen Ecke des Bildausschnittes.
Default: 100
Wertevorschläge: `Column` ∈ {10, 20, 50, 100, 200, 300, 500}
Wertebereich: 0 ≤ `Column` ≤ 1024

▷ **Width** (input_control) ..... rectangle.extent.x(-array) ⇝ *integer*
Breite des neuen Bildes.
Default: 128
Wertevorschläge: `Width` ∈ {32, 64, 128, 256, 512, 768}
Wertebereich: 0 ≤ `Width` ≤ 1024

▷ **Height** (input_control) ..... rectangle.extent.y(-array) ⇝ *integer*
Höhe des neuen Bildes.
Default: 128
Wertevorschläge: `Height` ∈ {32, 64, 128, 256, 512, 525}
Wertebereich: 0 ≤ `Height` ≤ 1024

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`crop_rectangle1`, `crop_domain`, `change_format`, `reduce_domain`

Siehe auch

`zoom_image_size`, `zoom_image_factor`

Modul

Foundation

crop_rectangle1 (Image : ImagePart : Row1, Column1, Row2, Column2 :)

Ausschneiden eines oder mehrerer rechteckiger Bildausschnitte.

`crop_rectangle1` schneidet aus den Eingabebildern einen oder mehrere rechteckige Ausschnitte aus. Die Ausschnitte werden durch die Koordinaten der linken oberen Ecken und die Koordinaten der rechten unteren Ecken beschrieben. Die linken oberen Ecken der Ausschnitte müssen innerhalb des Bildes liegen. Rechts und unten dürfen die Rechtecke aus dem Bild herausragen, allerdings wird der Definitionsbereich des entsprechenden

Ausgabebildes so gesetzt, dass nur der Teil enthalten ist, der aus dem Eingabebild stammt. Liegen die rechteckigen Ausschnitte komplett im Eingabebild, hat jedes resultierende Bild die Größe des entsprechenden Rechtecks.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real

Eingabebild.

▷ **ImagePart** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real

Bildausschnitt.

▷ **Row1** (input_control) ..... rectangle.origin.y(-array) ⇝ *integer*

Zeilenindex der linken oberen Ecke des Bildausschnittes.
Default: 100
Wertevorschläge: `Row1` ∈ {10, 20, 50, 100, 200, 300, 500}
Wertebereich: 0 ≤ `Row1` ≤ 1024

▷ **Column1** (input_control) ..... rectangle.origin.x(-array) ⇝ *integer*

Spaltenindex der linken oberen Ecke des Bildausschnittes.
Default: 100
Wertevorschläge: `Column1` ∈ {10, 20, 50, 100, 200, 300, 500}
Wertebereich: 0 ≤ `Column1` ≤ 1024

▷ **Row2** (input_control) ..... rectangle.corner.y(-array) ⇝ *integer*

Zeilenindex der rechten unteren Ecke des Bildausschnittes.
Default: 200
Wertevorschläge: `Row2` ∈ {10, 20, 50, 100, 200, 300, 500}
Wertebereich: 0 ≤ `Row2` ≤ 1024

▷ **Column2** (input_control) ..... rectangle.corner.x(-array) ⇝ *integer*

Spaltenindex der rechten unteren Ecke des Bildausschnittes.
Default: 200
Wertevorschläge: `Column2` ∈ {10, 20, 50, 100, 200, 300, 500}
Wertebereich: 0 ≤ `Column2` ≤ 1024

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`crop_part`, `crop_domain`, `change_format`, `reduce_domain`

Siehe auch

`zoom_image_size`, `zoom_image_factor`

Modul

Foundation

crop_rectangle2 (Image : ImagePart : Row, Column, Phi, Length1, Length2, AlignToAxis, Interpolation :)

Ausschneiden eines oder mehrerer beliebig orientierter rechteckiger Bildausschnitte.

`crop_rectangle2` schneidet aus den Eingabebildern einen oder mehrere rechteckige Ausschnitte aus und gibt diese in `ImagePart` zurück. Die Bildausschnitte werden jeweils über den Schwerpunkt (`Row`, `Column`), die Orientierung `Phi` und die halben Kantenlängen `Length1` und `Length2` beschrieben. `Phi` bestimmt im mathematisch positiven Sinn den Winkel in Bogenmaß zwischen der horizontalen Achse und der ersten Kante (mit

Länge `Length1`). Die Parameter der Rechtecke verwenden Pixel-zentrierte, subpixel-genaue Koordinaten, siehe Transformationen / 2D-Transformationen.

Der Parameter `AlignToAxis` bestimmt die Ausrichtung der Ausgabebilder. Mögliche Werte:

- *'true'*: Der Bildausschnitt wird so rotiert, sodass er an den Koordinatenachsen ausgerichtet ist. Für diese Transformation muss eine geeignete Interpolation durchgeführt werden. Eine detaillierte Beschreibung der Interpolationsmodi findet sich in der Beschreibung von `affine_trans_image`. Die Rechtecke dürfen aus dem Eingabebild herausragen. Die Grauwerte von Pixeln, welche außerhalb des Eingabebildes liegen, werden auf 0 gesetzt.
- *'false'*: Das kleinstmögliche umschließende Rechteck des Eingabe-Rechtecks wird ausgeschnitten und der Definitionsbereich entsprechend gesetzt. Die Rechtecke dürfen aus dem Eingabebild herausragen. Jedoch entspricht dann das Ausgabebild dem Teil des Rechtecks, der innerhalb des Eingabebildes liegt. Für dieses Verfahren wird keine Interpolation benötigt, sodass der Parameter `Interpolation` keinen Einfluss auf das Endergebnis hat.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
Eingabebild(er).

▷ **`ImagePart`** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
Bildausschnitt(e).

▷ **`Row`** (input_control) . . . . . rectangle2.center.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenindex des Zentrums des Bildausschnittes.
Default: 300.0
Wertevorschläge: `Row` ∈ {10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0, 400.0, 500.0}
(lin)
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **`Column`** (input_control) . . . . . rectangle2.center.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenindex des Zentrums des Bildausschnittes.
Default: 200.0
Wertevorschläge: `Column` ∈ {10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0, 400.0, 500.0}
(lin)
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **`Phi`** (input_control) . . . . . rectangle2.angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
Orientierung des Rechtecks (Bogenmaß).
Default: 0.0
Wertevorschläge: `Phi` ∈ {-1.178097, -0.785398, -0.392699, 0.0, 0.392699, 0.785398, 1.178097}
Wertebereich: -1.178097 ≤ `Phi` ≤ 1.178097 (lin)

▷ **`Length1`** (input_control) . . . . . rectangle2.hwidth(-array) ⇝ *real* / integer
Länge der ersten Halbachse.
Default: 100.0
Wertevorschläge: `Length1` ∈ {3.0, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0, 500.0}
(lin)
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **`Length2`** (input_control) . . . . . rectangle2.hheight(-array) ⇝ *real* / integer
Länge der zweiten Halbachse.
Default: 20.0
Wertevorschläge: `Length2` ∈ {1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0}
(lin)
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **`AlignToAxis`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Gibt an, ob der Bildausschnitt an den Koordinatenachsen ausgerichtet wird.
Default: 'true'
Werteliste: `AlignToAxis` ∈ {'true', 'false'}

▷ **`Interpolation`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Interpolationsverfahren für die Transformation.
Default: 'constant'
Werteliste: `Interpolation` ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic', 'constant', 'weighted'}

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`crop_domain`, `crop_rectangle1`, `crop_part`, `change_format`, `reduce_domain`

Siehe auch

`zoom_image_size`, `zoom_image_factor`

Modul

Foundation

`tile_channels` (Image : TiledImage : NumColumns, TileOrder :)

Zusammenfügen von mehreren Bildern zu einem großen Bild.

`tile_channels` fügt ein aus mehreren Kanälen bestehendes Bild durch Kachelung zu einem großen einkanaligen Bild zusammen. Das Eingabebild `Image` besteht aus *Num* Bildern gleicher Größe, die in den einzelnen Kanälen gespeichert werden. Alle Kanäle von `Image` müssen vom gleichen Typ sein. Das Ausgabebild `TiledImage` besteht aus einem einzigen Kanal, in dem die *Num* Eingabekanäle in `NumColumns` Spalten gekachelt worden sind. Insbesondere kann `tile_channels` also keine Farbbilder zusammenfügen. Hierzu kann `tile_images` verwendet werden. Der Parameter `TileOrder` legt die Richtung fest, in der die Eingabekanäle in die Ausgabe kopiert werden, falls dies nicht schon durch `NumColumns` festgelegt wird (d.h., falls `NumColumns` != 1 und `NumColumns` != *Num*). Falls `TileOrder` = *'horizontal'*, werden die Bilder in horizontaler Richtung kopiert, d.h. der zweite Kanal des Eingabebildes liegt rechts neben dem ersten Kanal. Falls `TileOrder` = *'vertical'*, werden die Bilder in vertikaler Richtung kopiert, d.h. der zweite Kanal des Eingabebildes liegt unter dem ersten Kanal. Der Definitionsbereich (die Region) des Ausgabebildes `TiledImage` wird berechnet, indem die Region des Eingabebildes `Image` an die entsprechenden Stellen im Ausgabebild kopiert wird. Falls *Num* kein Vielfaches von `NumColumns` ist, hat das Ausgabebild undefinierte Grauwerte in der unteren linken Ecke des Bildes. Die Ausgaberegion ist entsprechend gesetzt.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real

Eingabebild.

▷ **`TiledImage`** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real

Gekacheltes Ausgabebild.

▷ **`NumColumns`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*

Anzahl der Spalten, die für das Ausgabebild verwendet werden
Default: 1
Wertevorschläge: `NumColumns` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}
Restriktion: NumColumns >= 1

▷ **`TileOrder`** (input_control) ..... string ⇝ *string*

Reihenfolge der Eingabebilder im Ausgabebild.
Default: 'vertical'
Werteliste: `TileOrder` ∈ {'horizontal', 'vertical'}

Beispiel

```
* Grab 5 single-channel images and stack them vertically.
gen_rectangle1 (Image, 0, 0, Height-1, Width-1)
```

```
for I := 1 to 5 by 1
    grab_image_async (ImageGrabbed, AcqHandle, -1)
    append_channel (Image, ImageGrabbed, Image)
endfor
tile_channels (Image, TiledImage, 1, 'vertical')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert `tile_channels` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`append_channel`

Alternativen

`tile_images`, `tile_images_offset`

Siehe auch

`change_format`, `crop_part`, `crop_rectangle1`

Modul

Foundation

`tile_images ( Images : TiledImage : NumColumns, TileOrder : )`

Zusammenfügen von mehreren Bildobjekten zu einem großen Bild.

`tile_images` fügt mehrere Bildobjekte, die die gleiche Anzahl von Kanälen besitzen müssen, durch Kachelung zu einem großen Bild zusammen. Das Eingabeobjekt `Images` besteht aus *Num* Bildern, die unterschiedlich groß sein können. Alle Kanäle von `Images` müssen vom gleichen Typ sein. Das Ausgabebild `TiledImage` besteht aus einem Bildobjekt, das genauso viele Kanäle besitzt, wie die Eingabebilder. Im Ausgabebild sind die *Num* Eingabekanäle in `NumColumns` Spalten gekachelt. Jede Kachel besitzt dieselbe Größe, die sich aus der maximalen Breite und Höhe der Eingabebilder bestimmt. Falls ein Eingabebild kleiner als die Kachelgröße ist, wird es in die Mitte der entsprechenden Kachel kopiert. Der Parameter `TileOrder` legt die Richtung fest, in der die Eingabekanäle in die Ausgabe kopiert werden, falls dies nicht schon durch `NumColumns` festgelegt wird (d.h., falls `NumColumns` != 1 und `NumColumns` != *Num*). Falls `TileOrder` = *'horizontal'*, werden die Bilder in horizontaler Richtung kopiert, d.h. das zweite Eingabebild liegt rechts neben dem ersten Eingabebild. Falls `TileOrder` = *'vertical'*, werden die Bilder in vertikaler Richtung kopiert, d.h. das zweite Eingabebild liegt unter dem ersten Eingabebild. Der Definitionsbereich (die Region) des Ausgabebildes `TiledImage` wird berechnet, indem die Regionen des Eingabebildes `Images` an die entsprechenden Stellen im Ausgabebild kopiert werden. Falls *Num* kein Vielfaches von `NumColumns` ist, hat das Ausgabebild undefinierte Grauwerte in der unteren linken Ecke des Bildes. Die Ausgaberegion ist entsprechend gesetzt.

Parameter

▷ **`Images`** (input_object) ..... (multichannel-)image-array ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real

Eingabebilder.

▷ **`TiledImage`** (output_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real

Gekacheltes Ausgabebild.

▷ **NumColumns** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Spalten, die für das Ausgabebild verwendet werden
Default: 1
Wertevorschläge: NumColumns ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}
Restriktion: NumColumns >= 1

▷ **TileOrder** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Reihenfolge der Eingabebilder im Ausgabebild.
Default: 'vertical'
Werteliste: TileOrder ∈ {'horizontal', 'vertical'}

Beispiel

```
* Grab 5 (multi-channel) images and stack them vertically.
gen_empty_obj (Images)
for I := 1 to 5 by 1
    grab_image_async (ImageGrabbed, AcqHandle, -1)
    concat_obj (Images, ImageGrabbed, Images)
endfor
tile_images (Images, TiledImage, 1, 'vertical')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert tile_images den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

append_channel

Alternativen

tile_channels, tile_images_offset

Siehe auch

change_format, crop_part, crop_rectangle1

Modul

Foundation

tile_images_offset (Images : TiledImage : OffsetRow, OffsetCol, Row1, Col1, Row2, Col2, Width, Height :)

Zusammenfügen von mehreren Bildobjekten zu einem großen Bild mit expliziter Positionsangabe.

tile_images_offset fügt mehrere Bildobjekte, die die gleiche Anzahl von Kanälen besitzen müssen, durch Kachelung zu einem großen Bild zusammen. Das Eingabeobjekt Images besteht aus *Num* Bildern, die unterschiedlich groß sein können. Alle Kanäle von Images müssen vom gleichen Typ sein. Das Ausgabebild TiledImage besteht aus einem Bildobjekt, das genauso viele Kanäle besitzt, wie die Eingabebilder. Die Größe des Ausgabebildes wird durch die Parameter Width und Height bestimmt. Die Position der oberen linken Ecke der Eingabebilder im Ausgabebild wird durch die Parameter OffsetRow und OffsetCol bestimmt. Die beiden Parameter müssen genau *Num* Werte enthalten. Optional kann jedes Eingabebild auf ein beliebiges Rechteck, das kleiner als das Eingabebild ist, zugeschnitten werden. Hierzu sind die Parameter Row1, Col1, Row2 und Col2 entsprechend zu setzen. Wird irgendeiner dieser vier Parameter auf *-1* gesetzt, wird das entsprechende Eingabebild nicht beschnitten. In jedem Fall müssen alle vier Parameter *Num* Werte enthalten. Falls die Eingabebilder beschnitten werden, beziehen sich die Positionsparameter OffsetRow und OffsetCol auf die obere

linke Ecke des beschnittenen Bildes. Falls sich die Eingabebilder im Ausgabebild überlappen (unter der Beachtung des jeweiligen Definitionsbereiches), so überschreibt ein Bild mit höherem Index in `Images` die Bilddaten eines vorhergehenden Bildes. Der Definitionsbereich (die Region) des Ausgabebildes `TiledImage` wird berechnet, indem die Regionen des Eingabebildes `Images` an die entsprechenden Stellen im Ausgabebild kopiert werden.

Achtung

Falls die Bilder alle gleich groß sind und sich genau aneinanderfügen, ist der Operator `tile_images` normalerweise etwas schneller.

Parameter

- ▷ **`Images`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
  Eingabebilder.
- ▷ **`TiledImage`** (output_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
  Gekacheltes Ausgabebild.
- ▷ **`OffsetRow`** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinate der linken oberen Ecke der Eingabebilder im Ausgabebild.
  Default: 0
  Wertevorschläge: `OffsetRow` ∈ {0, 50, 100, 150, 200, 250}
- ▷ **`OffsetCol`** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinate der linken oberen Ecke der Eingabebilder im Ausgabebild.
  Default: 0
  Wertevorschläge: `OffsetCol` ∈ {0, 50, 100, 150, 200, 250}
- ▷ **`Row1`** (input_control) ..... rectangle.origin.y(-array) ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinate der oberen linken Ecke des zu kopierenden Teils des jeweiligen Bildes.
  Default: -1
  Wertevorschläge: `Row1` ∈ {-1, 0, 10, 20, 50, 100, 200, 300, 500}
- ▷ **`Col1`** (input_control) ..... rectangle.origin.x(-array) ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinate der oberen linken Ecke des zu kopierenden Teils des jeweiligen Bildes.
  Default: -1
  Wertevorschläge: `Col1` ∈ {-1, 0, 10, 20, 50, 100, 200, 300, 500}
- ▷ **`Row2`** (input_control) ..... rectangle.corner.y(-array) ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinate der rechten unteren Ecke des zu kopierenden Teils des jeweiligen Bildes.
  Default: -1
  Wertevorschläge: `Row2` ∈ {-1, 0, 10, 20, 50, 100, 200, 300, 500}
- ▷ **`Col2`** (input_control) ..... rectangle.corner.x(-array) ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinate der rechten unteren Ecke des zu kopierenden Teils des jeweiligen Bildes.
  Default: -1
  Wertevorschläge: `Col2` ∈ {-1, 0, 10, 20, 50, 100, 200, 300, 500}
- ▷ **`Width`** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite des Ausgabebildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: `Width` ∈ {32, 64, 128, 256, 512, 768, 1024, 2048, 4096}
- ▷ **`Height`** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe des Ausgabebildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: `Height` ∈ {32, 64, 128, 256, 512, 525, 1024, 2048, 4096}

Beispiel

```
* Example 1
* Grab 2 (multi-channel) NTSC images, crop the bottom 5 lines off
* of each image, the right 5 columns off of the first image, and
* the left five lines off of the second image, and put the cropped
* images side-by-side.
gen_empty_obj (Images)
for I := 1 to 2 by 1
    grab_image_async (ImageGrabbed, AcqHandle, -1)
```

```
    concat_obj (Images, ImageGrabbed, Images)
endfor
tile_images_offset (Images, TiledImage, [0,635], [0,0], [0,0], \
                    [0,5], [474,474], [634,639], 635, 950)

* Example 2
* Enlarge image by 15 rows and columns on all sides
EnlargeColsBy := 15
EnlargeRowsBy := 15
get_image_pointer1 (Image, Pointer, Type, WidthImage, HeightImage)
tile_images_offset (Image, EnlargedImage, EnlargeRowsBy, EnlargeColsBy, \
                    -1, -1, -1, -1, WidthImage + EnlargeColsBy*2, \
                    HeightImage + EnlargeRowsBy*2)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert `tile_images_offset` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`append_channel`

Alternativen

`tile_channels`, `tile_images`

Siehe auch

`change_format`, `crop_part`, `crop_rectangle1`

Modul

Foundation

6.4 Generierung

`copy_image` (Image : DupImage : :)

Physikalisches Kopieren eines Bildes.

`copy_image` kopiert das Eingabebild in eine neues Bild mit gleichem Definitionsbereich wie das Eingabebild. Im Gegensatz zu HALCON-Operatoren wie `copy_obj` wird hierbei eine physikalische Kopie der Kanäle angelegt. Diese kann z.B. dazu verwendet werden, um die Grauwerte zu modifizieren (siehe `get_image_pointer1`).

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Bild, das kopiert werden soll.

▷ **`DupImage`** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Kopiertes Bild.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_image, gen_image_const

Nachfolger

set_grayval, get_image_pointer1

Alternativen

set_grayval, paint_gray, gen_image_const, gen_image_proto

Siehe auch

get_image_pointer1

Modul

Foundation

gen_image1 (: Image : Type, Width, Height, PixelPointer :)

Erzeugen eines Bildes aus einem Zeiger auf die Pixel.

gen_image1 erzeugt ein Bild in der Größe Width × Height. Die Pixel in PixelPointer sind zeilensequentiell abgelegt. Der Typ der übergebenen Pixel (PixelPointer) muss mit Type übereinstimmen (siehe gen_image_const für eine detailliertere Beschreibung der Pixeltypen). Der Speicher für das neue Bild wird von HALCON neu angelegt. Der Speicherplatz auf den PixelPointer kann also nach dem Aufruf freigegeben werden. Wie ein Zeigerwert übergeben wird hängt von der benutzten Operatorsignatur und der Programmierumgebung ab. Es ist sicherzustellen, dass die tatsächliche Speicheradresse unter der die Bilddaten gespeichert sind übergeben wird und nicht die Adresse der Zeigervariablen. Es ist darauf zu achten, dass 64-Bit-Zeiger auf 64-Bit-Architekturen nicht beschnitten werden.

Achtung

gen_image1 überprüft nicht, ob PixelPointer einen gültigen Wert hat oder nicht. Es muss also darauf geachtet werden, dass der Wert gültig ist, da es sonst zum Programmabsturz kommen kann!

Parameter

▷ **Image** (output_object) . . . . . image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Erzeugtes Bild mit neuer Bildmatrix.

▷ **Type** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Pixeltyp.
Default: 'byte'
Werteliste: Type ∈ {'byte', 'direction', 'cyclic', 'int1', 'int2', 'uint2', 'int4', 'real'}

▷ **Width** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Breite des Bildes.
Default: 512
Wertevorschläge: Width ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ Width (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Height** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Bildes.
Default: 512
Wertevorschläge: Height ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ Height (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **PixelPointer** (input_control) . . . . . pointer ⇝ *integer*
Zeiger auf den ersten Grauwert.

Beispiel

```
void NewImage(Hobject *new)
{
  unsigned char  image[768*525];
  int            r,c;
  for (r=0; r<525; r++)
    for (c=0; c<768; c++)
      image[r*768+c] = c % 255;
  gen_image1(new,"byte",768,525,(Hlong)image);
}
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_image1` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_image_const`, `get_image_pointer1`

Alternativen

`gen_image3`, `gen_image1_extern`, `gen_image_const`, `get_image_pointer1`

Siehe auch

`reduce_domain`, `paint_gray`, `paint_region`, `set_grayval`

Modul

Foundation

gen_image1_extern (: Image : Type, Width, Height, PixelPointer, ClearProc :)

Erzeugen eines Bildes aus einem Zeiger auf Pixel (mit Speicherverwaltung).

`gen_image1_extern` erzeugt ein Bild in der Größe `Width` × `Height`. Die Pixel in `PixelPointer` sind zeilensequentiell abgelegt. Der Typ der übergebenen Pixel (`PixelPointer`) muss mit `Type` übereinstimmen (siehe `gen_image_const` für eine detailliertere Beschreibung der Pixeltypen). Wie ein Zeigerwert übergeben wird hängt von der benutzten Operatorsignatur und der Programmierumgebung ab. Es ist sicherzustellen, dass die tatsächliche Speicheradresse unter der die Bilddaten gespeichert sind übergeben wird und nicht die Adresse der Zeigervariablen. Es ist darauf zu achten, dass 64-Bit-Zeiger auf 64-Bit-Architekturen nicht beschnitten werden.

Der Speicher für das neue Bild wird von HALCON im Gegensatz zu `gen_image1` nicht neu angelegt und damit auch nicht kopiert. Der Speicherplatz auf den `PixelPointer` zeigt, muss also beim Löschen des Objektes `Image` freigegeben werden. Dies geschieht durch die, vom Aufrufer zur Verfügung gestellte, Prozedur `ClearProc`. Diese Prozedur muss folgende Signatur haben

```
void ClearProc(void* ptr);
```

und wird beim Löschen von `Image` mit der `__cdecl` Aufrufkonvention aufgerufen. Falls der Speicher nicht freigegeben werden soll (im Fall von Framegrabbern oder statischem Speicher), kann eine Prozedur "ohne Rumpf"oder der NULL-Pointer übergeben werden. Analog zum Parameter `PixelPointer` muss der Zeiger auf die Prozedur abhängig von der benutzten Operatorsignatur und der Programmierumgebung übergeben werden.

Achtung

`gen_image1_extern` überprüft nicht, ob in `PixelPointer` genug Speicher für ein Bild der Größe `Width` × `Height` allokiert wurde.

Ebenso überprüft `gen_image1_extern` nicht, ob `PixelPointer` einen gültigen Wert hat oder nicht. Es muss also darauf geachtet werden, dass der Wert gültig ist, da es sonst zum Programmabsturz kommen kann!

Parameter

▷ **`Image`** (output_object) . . . . . image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Erzeugtes HALCON-Bild.

▷ **`Type`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Pixeltyp.
Default: 'byte'
Werteliste: `Type` ∈ {'int1', 'int2', 'uint2', 'int4', 'byte', 'real', 'direction', 'cyclic'}

▷ **`Width`** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Breite des Bildes.
Default: 512
Wertevorschläge: `Width` ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ Width (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **`Height`** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Bildes.
Default: 512
Wertevorschläge: `Height` ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ Height (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **`PixelPointer`** (input_control) . . . . . pointer ⇝ *integer*
Zeiger auf den ersten Grauwert.

▷ **`ClearProc`** (input_control) . . . . . pointer ⇝ *integer*
Zeiger auf die Prozedur, die den Speicher des Bildes beim Löschen des Objektes wieder freigibt.
Default: 0

Beispiel

```
void NewImage(Hobject *new)
{
  unsigned char  *image;
  int            r,c;
  image = malloc(640*480);
  for (r=0; r<480; r++)
    for (c=0; c<640; c++)
      image[r*640+c] = c % 255;
  gen_image1_extern(new,"byte",640,480,(Hlong)image,(Hlong)free);
}
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_image1_extern` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`gen_image1`, `gen_image_const`, `get_image_pointer1`, `gen_image3_extern`

Siehe auch

`reduce_domain`, `paint_gray`, `paint_region`, `set_grayval`

Modul

Foundation

gen_image1_rect (: Image : PixelPointer, Width, Height, VerticalPitch, HorizontalBitPitch, BitsPerPixel, DoCopy, ClearProc :)

Erzeugen eines Bildes mit rechteckiger Domäne aus einem Zeiger auf Pixel (mit Speicherverwaltung).

Der Operator gen_image1_rect erzeugt ein Bild in der Größe (VerticalPitch / (HorizontalBitPitch/8)) * Height. Die Pixel in PixelPointer werden zeilensequentiell abgelegt. Wie ein Zeigerwert übergeben wird hängt von der benutzten Operatorsignatur und der Programmierumgebung ab. Es ist sicherzustellen, dass die tatsächliche Speicheradresse unter der die Bilddaten gespeichert sind übergeben wird und nicht die Adresse der Zeigervariablen. Es ist darauf zu achten, dass 64-Bit-Zeiger auf 64-Bit-Architekturen nicht beschnitten werden. VerticalPitch entspricht dem Abstand (in Bytes) des m-ten Bildpunktes in Zeile n und des m-ten Bildpunktes in Zeile n+1 innerhalb des Speichers und ist für alle Zeilen des 'Eingabebildes' identisch. Die Breite des Ausgabebildes ist VerticalPitch / (HorizontalBitPitch / 8), seine Höhe ist Height. Die Domäne des Ausgabebildes Image ist ein Rechteck der Größe Width * Height. Der Parameter HorizontalBitPitch ist der horizontale Abstand (in Bits) benachbarter Pixel. BitsPerPixel ist die Anzahl der verwendeten Bits pro Pixel.

Ist DoCopy auf *'true'* gesetzt, werden die von PixelPointer referenzierten Bilddaten kopiert und Speicher für das neue Bild wird von HALCON neu angelegt. Andernfalls muss der Speicherbereich auf den PixelPointer zeigt wieder freigegeben werden. Dies geschieht durch die vom Aufrufer zur Verfügung gestellte Prozedur ClearProc. Diese Prozedur muss folgende Signatur haben

```
void ClearProc(void* ptr);
```

und wird beim Löschen von Image mit der __cdecl Aufrufkonvention aufgerufen. Falls der Speicher nicht freigegeben werden soll (im Fall von Framegrabbern oder statischem Speicher) kann eine Prozedur "ohne Rumpf" oder der NULL-Pointer übergeben werden. Analog zum Parameter PixelPointer muss der Zeiger auf die Prozedur abhängig von der benutzten Operatorsignatur und der Programmierumgebung übergeben werden. Ist DoCopy gleich *'true'* so ist ClearProc irrelevant. Der Operator gen_image1_rect ist symmetrisch zu get_image_pointer1_rect.

Achtung

gen_image1_rect überprüft nicht, ob PixelPointer einen gültigen Wert hat oder nicht. Es muss also darauf geachtet werden, dass der Wert gültig ist, da es sonst zum Programmabsturz kommen kann!

Parameter

- ▷ **Image** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte / uint2 / int4
  Erzeugtes HALCON-Bild.
- ▷ **PixelPointer** (input_control) ..... pointer ⇝ *integer*
  Zeiger auf das erste Pixel.
- ▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite des Bildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: Width ∈ {128, 256, 512, 1024}
  Wertebereich: 1 ≤ Width (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- ▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe des Bildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: Height ∈ {128, 256, 512, 1024}
  Wertebereich: 1 ≤ Height (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- ▷ **VerticalPitch** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Abstand (in Bytes) zwischen Pixel m in Zeile n und Pixel m in Zeile n+1 des 'Eingabebildes'.
  Restriktion: VerticalPitch >= Width * HorizontalBitPitch / 8
- ▷ **HorizontalBitPitch** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Abstand benachbarter Pixel in Bits.
  Default: 8
  Werteliste: HorizontalBitPitch ∈ {8, 16, 32}

▷ **BitsPerPixel** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl verwendeter Bits pro Pixel.
Default: 8
Werteliste: BitsPerPixel ∈ {8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 32}
Restriktion: BitsPerPixel <= HorizontalBitPitch

▷ **DoCopy** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Bilddaten kopieren.
Default: 'false'
Wertevorschläge: DoCopy ∈ {'true', 'false'}

▷ **ClearProc** (input_control) ..... pointer ⇝ *integer*
Zeiger auf die Prozedur, die den Speicher des Bildes beim Löschen des Objektes wieder freigibt.
Default: 0

Beispiel

```
void NewImage(Hobject *new)
{
  unsigned char       *image;
  int                 r,c;

  image = malloc(640*480);
  for (r=0; r<480; r++)
    for (c=0; c<640; c++)
      image[r*640+c] = c % 255;
  gen_image1_rect(new,(Hlong)image,400,480,640,8,8,'false',(long)free);
}
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gen_image1_rect den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

get_image_pointer1_rect

Alternativen

gen_image1, gen_image1_extern, gen_image_const

Siehe auch

get_image_pointer1_rect

Modul

Foundation

gen_image3 (: ImageRGB : Type, Width, Height, PixelPointerRed, PixelPointerGreen, PixelPointerBlue :)

Erzeugen eines Bildes aus drei Zeigern auf die Pixel (rot/grün/blau).

gen_image3 erzeugt ein dreikanaliges Bild in der Größe Width × Height. Die Pixel in PixelPointerRed, PixelPointerGreen und PixelPointerBlue sind zeilensequentiell abgelegt. Der Typ der übergebenen Pixel (PixelPointerRed etc.) muss mit Type übereinstimmen (siehe gen_image_const für eine detailliertere Beschreibung der Pixeltypen). Der Speicher für das neue Bild wird von HALCON neu angelegt. Er kann also nach dem Aufruf freigegeben werden. Wie ein Zeigerwert übergeben wird hängt von der benutzten Operatorsignatur und der Programmierumgebung ab. Es ist sicherzustellen, dass die

tatsächliche Speicheradresse unter der die Bilddaten gespeichert sind übergeben wird und nicht die Adresse der Zeigervariablen. Es ist darauf zu achten, dass 64-Bit-Zeiger auf 64-Bit-Architekturen nicht beschnitten werden.

Achtung

`gen_image3_extern` überprüft nicht, ob die Pixel in `PixelPointerRed`, `PixelPointerGreen` und `PixelPointerBlue` einen gültigen Wert haben oder nicht. Es muss also darauf geachtet werden, dass diese Werte gültig sind, da es sonst zum Programmabsturz kommen kann!

Parameter

- ▷ **`ImageRGB`** (output_object) . . . . . image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
  Erzeugtes Bild mit neuer Bildmatrix.
- ▷ **`Type`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Pixeltyp.
  Default: 'byte'
  Werteliste: `Type` ∈ {'byte', 'direction', 'cyclic', 'int1', 'int2', 'uint2', 'int4', 'real'}
- ▷ **`Width`** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
  Breite des Bildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: `Width` ∈ {128, 256, 512, 1024}
  Wertebereich: 1 ≤ Width (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- ▷ **`Height`** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
  Höhe des Bildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: `Height` ∈ {128, 256, 512, 1024}
  Wertebereich: 1 ≤ Height (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- ▷ **`PixelPointerRed`** (input_control) . . . . . pointer ⇝ *integer*
  Zeiger auf den ersten Rot-Wert (Kanal 1).
- ▷ **`PixelPointerGreen`** (input_control) . . . . . pointer ⇝ *integer*
  Zeiger auf den ersten Grün-Wert (Kanal 2).
- ▷ **`PixelPointerBlue`** (input_control) . . . . . pointer ⇝ *integer*
  Zeiger auf den ersten Blau-Wert (Kanal 3).

Beispiel

```
void NewRGBImage(Hobject *new)
{
  unsigned char  red[768*525];
  unsigned char  green[768*525];
  unsigned char  blue[768*525];
  int            r,c;
  for (r=0; r<525; r++)
    for (c=0; c<768; c++)
    {
      red[r*768+c]   = c % 255;
      green[r*768+c] = (767 - c) % 255;
      blue[r*768+c]  = r % 255;
    }
    gen_image3(new,"byte",768,525,(Hlong)red,(long)green,(long)blue);
}

main()
{
  Hobject  rgb;
  open_window(0,0,768,525,0,"","",&WindowHandle);
  NewRGBImage(&rgb);
```

```
  disp_color(rgb,WindowHandle);
}
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gen_image3 den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_image_const, get_image_pointer1

Nachfolger

disp_color

Alternativen

gen_image1, compose3, gen_image_const

Siehe auch

reduce_domain, paint_gray, paint_region, set_grayval, get_image_pointer1, decompose3

Modul

Foundation

gen_image3_extern (: Image : Type, Width, Height, PointerRed, PointerGreen, PointerBlue, ClearProc :)

Erzeugen eines dreikanaligen Bildes aus drei Zeigern auf Pixel (mit Speicherverwaltung).

gen_image3_extern erzeugt ein Dreikanalbild in der Größe Width × Height. Die Pixel in PointerRed, PointerGreen und PointerBlue sind zeilensequentiell abgelegt. Der Typ der übergebenen Pixel muss mit Type übereinstimmen (siehe gen_image_const für eine detailliertere Beschreibung der Pixeltypen). Wie ein Zeigerwert übergeben wird hängt von der benutzten Operatorsignatur und der Programmierumgebung ab. Es ist sicherzustellen, dass die tatsächliche Speicheradresse unter der die Bilddaten gespeichert sind übergeben wird und nicht die Adresse der Zeigervariablen. Es ist darauf zu achten, dass 64-Bit-Zeiger auf 64-Bit-Architekturen nicht beschnitten werden.

Der Speicher für das neue Bild wird von HALCON im Gegensatz zu gen_image3 nicht neu angelegt und damit auch nicht kopiert. Der Speicherplatz auf den (PointerRed, PointerGreen, PointerBlue) zeigt, muss also beim Löschen des Objektes Image freigegeben werden. Dies geschieht durch die, vom Aufrufer zur Verfügung gestellte, Prozedur ClearProc. Diese Prozedur muss folgende Signatur haben

```
void ClearProc(void* ptr);
```

und wird beim Löschen von Image mit der __cdecl Aufrufkonvention aufgerufen. Falls der Speicher nicht freigegeben werden soll (im Fall von Framegrabbern oder statischem Speicher), kann eine Prozedur "ohne Rumpf"oder der NULL-Pointer übergeben werden. Analog zu den Parametern PointerRed, PointerGreen und PointerBlue muss der Zeiger auf die Prozedur abhängig von der benutzten Operatorsignatur und der Programmierumgebung übergeben werden.

Achtung

gen_image3_extern überprüft nicht, ob in PointerRed, PointerGreen und PointerBlue genug Speicher für ein Bild der Größe Width × Height allokiert wurde.

Ebenso überprüft gen_image3_extern nicht, ob die Pixel in PointerRed, PointerGreen und PointerBlue einen gültigen Wert haben oder nicht. Es muss also darauf geachtet werden, dass diese Werte gültig sind, da es sonst zum Programmabsturz kommen kann!

Parameter

- ▷ **Image** (output_object) . . . . . image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
  Erzeugtes HALCON-Bild.
- ▷ **Type** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Pixeltyp.
  Default: 'byte'
  Werteliste: `Type` ∈ {'int1', 'int2', 'uint2', 'int4', 'byte', 'real', 'direction', 'cyclic'}
- ▷ **Width** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
  Breite des Bildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: `Width` ∈ {128, 256, 512, 1024}
  Wertebereich: 1 ≤ Width (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- ▷ **Height** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
  Höhe des Bildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: `Height` ∈ {128, 256, 512, 1024}
  Wertebereich: 1 ≤ Height (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- ▷ **PointerRed** (input_control) . . . . . pointer ⇝ *integer*
  Zeiger auf den ersten Grauwert des ersten Kanals.
- ▷ **PointerGreen** (input_control) . . . . . pointer ⇝ *integer*
  Zeiger auf den ersten Grauwert des zweiten Kanals.
- ▷ **PointerBlue** (input_control) . . . . . pointer ⇝ *integer*
  Zeiger auf den ersten Grauwert des dritten Kanals.
- ▷ **ClearProc** (input_control) . . . . . pointer ⇝ *integer*
  Zeiger auf die Prozedur, die den Speicher des Bildes beim Löschen des Objektes wieder freigibt.
  Default: 0

Beispiel

```
void NewImage(Hobject *new)
{
  unsigned char  *image_red;
  unsigned char  *image_green;
  unsigned char  *image_blue;
  int            r,c;
  image_red = malloc(640*480);
  image_green = malloc(640*480);
  image_blue = malloc(640*480);
  for (r=0; r<480; r++)
    for (c=0; c<640; c++)
    {
      image_red[r*640+c] = c % 255;
      image_green[r*640+c] = (c+64) % 255;
      image_blue[r*640+c] = (c+128) % 255;
    }
  gen_image3_extern(new,"byte",640,480,(Hlong)image_red,\
(Hlong)image_green,(Hlong)image_blue,(Hlong)free);
}
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_image3_extern` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

gen_image3, gen_image_const, get_image_pointer3, gen_image1_extern

Siehe auch

reduce_domain, paint_gray, paint_region, set_grayval

Modul

Foundation

gen_image_const (: Image : Type, Width, Height :)

Erzeugen eines Bildes mit konstantem Grauwert.

gen_image_const erzeugt ein Bild in der angegebenen Größe. Die Breite und Höhe des Bildes wird mit Width und Height festgelegt. HALCON unterstützt folgende Bildtypen:

'byte' 1 Byte pro Pixel, ohne Vorzeichen
Wertebereich: (0..255)

'int1' 1 Byte pro Pixel, mit Vorzeichen
Wertebereich: (-128..127)

'uint2' 2 Byte pro Pixel, ohne Vorzeichen
Wertebereich: (0..65535)

'int2' 2 Byte pro Pixel, mit Vorzeichen
Wertebereich: (-32768..32767)

'int4' 4 Byte pro Pixel, mit Vorzeichen
Wertebereich: (-2147483648..2147483647)

'int8' 8 Byte pro Pixel, mit Vorzeichen (nur auf 64-Bit-Systemen verfügbar)
Wertebereich: (-9223372036854775808..9223372036854775807)

'real' 4 Byte pro Pixel, Fließkomma
Genauigkeit: 6 Stellen
Wertebereich: (-3.4e38..3.4e38)

'complex' zwei Matrizen vom Typ *'real'*

'vector_field_relative' zwei Matrizen vom Typ *'real'*
Interpretation: Vektoren

'vector_field_absolute' zwei Matrizen vom Typ *'real'*
Interpretation: Absolute Koordinaten

'direction' 1 Byte pro Pixel, ohne Vorzeichen
Interpretation: Halber Winkel
Wertebereich: (0..179)
Achtung: Die Werte 180..254 werden auf den Wert 255 gesetzt, der als undefinierter Winkel interpretiert wird.

'cyclic' 1 Byte pro Pixel, ohne Vorzeichen, zyklische Arithmetik
Wertebereich: (0..255)

Ob das erzeugte Bild mit 0 initialisiert wird oder nicht, wird mit set_system ('init_new_image',<'true'/'false'>) festgelegt.

Parameter

▷ **Image** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field
Erzeugtes Bild mit neuer Bildmatrix.

▷ **Type** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Pixeltyp.
Default: 'byte'
Werteliste: `Type` ∈ {'byte', 'direction', 'cyclic', 'int1', 'int2', 'uint2', 'int4', 'int8', 'real', 'complex', 'vector_field_absolute', 'vector_field_relative'}

▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
Breite des Bildes.
Default: 512
Wertevorschläge: `Width` ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ Width (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Bildes.
Default: 512
Wertevorschläge: `Height` ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ Height (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

Beispiel

```
gen_image_const(&New,"byte",width,height);
get_image_pointer1(New,(Hlong*)&pointer,type,&width,&height);
for (row=0; row<height-1; row++)
{
  for (col=0; col<width-1; col++)
  {
    pointer[row*width+col] = (row + col) % 256;
  }
}
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert`gen_image_const` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`paint_region`, `reduce_domain`, `get_image_pointer1`, `copy_obj`

Alternativen

`gen_image1`, `gen_image3`

Siehe auch

`reduce_domain`, `paint_gray`, `paint_region`, `set_grayval`, `get_image_pointer1`

Modul

Foundation

gen_image_gray_ramp (: ImageGrayRamp : Alpha, Beta, Mean, Row, Column, Width, Height :)

Erzeugen einer Grauwertrampe.

gen_image_gray_ramp erzeugt eine Grauwertrampe nach folgender Gleichung:

$$\texttt{ImageGrayRamp}(r,c) = \texttt{Alpha}(r - \texttt{Row}) + \texttt{Beta}(c - \texttt{Column}) + \texttt{Mean}$$

Die Größe des Bildes wird mit Width und Height bestimmt. Die Grauwerte sind vom Typ byte. Grauwerte außerhalb des gültigen Bereichs werden beschnitten.

Parameter

▷ **ImageGrayRamp** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte
Erzeugtes Bild mit neuer Bildmatrix.

▷ **Alpha** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Steigung in Zeilenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: Alpha ∈ {-2.0, -1.0, -0.5, -0.0, 0.5, 1.0, 2.0}
Minimale Schrittweite: 0.000001
Empfohlene Schrittweite: -0.005

▷ **Beta** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Steigung in Spaltenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: Beta ∈ {-2.0, -1.0, -0.5, -0.0, 0.5, 1.0, 2.0}
Minimale Schrittweite: 0.000001
Empfohlene Schrittweite: -0.005

▷ **Mean** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Mittlerer Grauwert.
Default: 128
Wertevorschläge: Mean ∈ {0.0, 20.0, 40.0, 60.0, 80.0, 100.0, 120.0, 140.0, 160.0, 180.0, 200.0, 220.0, 255.0}
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Row** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer*
Zeilenindex des Bezugspunktes.
Default: 256
Wertevorschläge: Row ∈ {128, 256, 512, 1024}
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Column** (input_control) ..... point.x ⇝ *integer*
Spaltenindex des Bezugspunktes.
Default: 256
Wertevorschläge: Column ∈ {128, 256, 512, 1024}
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
Breite des Bildes.
Default: 512
Wertevorschläge: Width ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ Width (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Bildes.
Default: 512
Wertevorschläge: Height ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ Height (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert`gen_image_gray_ramp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`moments_gray_plane`

Nachfolger

`paint_region`, `reduce_domain`, `get_image_pointer1`, `copy_obj`

Alternativen

`gen_image1`

Siehe auch

`reduce_domain`, `paint_gray`, `gen_image_const`

Modul

Foundation

gen_image_interleaved (: ImageRGB : PixelPointer, ColorFormat, OriginalWidth, OriginalHeight, Alignment, Type, ImageWidth, ImageHeight, StartRow, StartColumn, BitsPerChannel, BitShift :)

Erzeugen eines dreikanaligen Bildes aus einem Zeiger auf die verschränkten Pixel.

`gen_image_interleaved` erzeugt ein dreikanaliges Bild aus einem Eingabebild, dessen Pixel in `PixelPointer` zeilensequentiell abgelegt sind. Die Größe des Eingabebildes muss in `OriginalWidth` und `OriginalHeight` übergeben werden, das Format der verschränkten Pixel in `ColorFormat`.

Das Ausgabebild bekommt die Größe `ImageWidth` × `ImageHeight`. In Verbindung mit den Koordinaten der linken, oberen Ecke `StartRow` und `StartColumn` lässt sich jeder beliebige Ausschnitt innerhalb des Eingabebildes erzeugen. Wird an `ImageWidth`, `ImageHeight`, `StartRow` und `StartColumn` jeweils *0* übergeben, so erhält das Ausgabebild die gleichen Abmessungen wie das Eingabebild.

Es ist zu beachten, dass der Typ `Type` (siehe `gen_image_const`) des Ausgabebildes `ImageRGB` so gewählt sein muss, dass sich die Farbwerte aus dem Eingabebild in ihrem vollen Umfang darstellen lassen. D.h. `gen_image_interleaved` erlaubt es nicht, aus einem Eingabebild mit *'rgb48'* Pixeln ein byte Bild zu erzeugen.

Wird bei den Formaten *'rgb48'*, *'bgr48'*, *'rgbx64'* und *'bgr64'* nicht der volle Umfang von 16 Bit pro Pixel und Kanal ausgeschöpft, so sollte in `BitsPerChannel` die tatsächlich verwendete Anzahl von Bits übergeben werden. Außerdem können die Pixelwerte aus dem Eingabebild noch um `BitShift` Bits nach rechts geshiftet werden.

Bei vierkanaligen Eingabebildern in den Formaten *'rgbx'*, *'bgrx'*, *'rgbx64'* und *'bgrx64'* wird der vierte Kanal ignoriert.

Der Speicher für das neue Bild wird von HALCON neu angelegt. Er kann also nach dem Aufruf freigegeben werden. Wie ein Zeigerwert übergeben wird hängt von der benutzten Operatorsignatur und der Programmierumgebung ab. Es ist sicherzustellen, dass die tatsächliche Speicheradresse unter der die Bilddaten gespeichert sind übergeben wird und nicht die Adresse der Zeigervariablen. Es ist darauf zu achten, dass 64-Bit-Zeiger auf 64-Bit-Architekturen nicht beschnitten werden.

Mögliche Werte für `ColorFormat`:

'rgb555': 16 Bit RGB-Tripel (5 Bit pro Pixel und Kanal), wobei das Auffüllbit (X) das erste Bit ist. Das Bitmuster ist XRRRRRGG|GGGBBBBB.

'bgr555': 16 Bit BGR-Tripel (5 Bit pro Pixel und Kanal), wobei das Auffüllbit (X) das erste Bit ist. Das Bitmuster ist XBBBBBGG|GGGRRRRR.

'rgb5551': 16 Bit RGB-Tripel (5 Bit pro Pixel und Kanal), wobei das Auffüllbit (X) das letzte Bit ist. Das Bitmuster ist RRRRRGGG|GGBBBBBX.

'bgr5551': 16 Bit BGR-Tripel (5 Bit pro Pixel und Kanal), wobei das Auffüllbit (X) das letzte Bit ist. Das Bitmuster ist BBBBBGGG|GGRRRRRX.

'rgb565': 16 Bit RGB-Tripel (5 Bit pro Pixel und Kanal, 6 Bit für den Grünkanal). Das Bitmuster ist RRRRRGGG|GGGBBBBB.

'bgr565': 16 Bit BGR-Tripel (5 Bit pro Pixel und Kanal, 6 Bit für den Grünkanal). Das Bitmuster ist BBBBBGGG|GGGRRRRR.

'rgb': 24 Bit RGB-Tripel (8 Bit pro Pixel und Kanal)

'bgr': 24 Bit BGR-Tripel (8 Bit pro Pixel und Kanal)

'rgbx': 32 Bit RGBX-Quadrupel (8 Bit pro Pixel und Kanal)

'bgrx': 32 Bit BGRX-Quadrupel (8 Bit pro Pixel und Kanal)

'rgb48': 48 Bit RGB-Tripel (16 Bit pro Pixel und Kanal)

'bgr48': 48 Bit BGR-Tripel (16 Bit pro Pixel und Kanal)

'rgbx64': 64 Bit RGBX-Quadrupel (16 Bit pro Pixel und Kanal)

'bgrx64': 64 Bit BGRX-Quadrupel (16 Bit pro Pixel und Kanal)

Die Parameterwerte *'rgb555'*, *'bgr555'*, *'rgb565'*, *'bgr565'*, *'rgb5551'* und *'bgr5551'* können zudem das Suffix 'le' (Little Endian: Niederwertiges Byte wird zuerst erwartet) oder - was der Standard ist, falls das Suffix weggelassen wird - 'be' (Big Endian: Höherwertiges Byte wird zuerst erwartet) erhalten. Zum Beispiel ist das Bitmuster für `ColorFormat` = *'rgb555'* XRRRRRGG|GGGBBBBB, während das Bitmuster für `ColorFormat` = *'rgb555le'* GGGBBBBB|XRRRRRGG ist.

Achtung

`gen_image_interleaved` überprüft nicht, ob `PixelPointer` einen gültigen Wert hat oder nicht. Es muss also darauf geachtet werden, dass der Wert gültig ist, da es sonst zum Programmabsturz kommen kann!

Parameter

▷ **`ImageRGB`** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte / uint2
Erzeugtes Bild mit neuer Bildmatrix.

▷ **`PixelPointer`** (input_control) ..... pointer ⇝ *integer*
Zeiger auf die verschränkten Pixel.

▷ **`ColorFormat`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Format der Eingabepixel.
Default: 'rgb'
Werteliste: `ColorFormat` ∈ {'rgb', 'bgr', 'rgbx', 'bgrx', 'rgb48', 'bgr48', 'rgbx64', 'bgrx64', 'rgb555', 'bgr555', 'rgb565', 'bgr565', 'rgb555le', 'bgr555le', 'rgb565le', 'bgr565le', 'rgb555be', 'bgr555be', 'rgb565be', 'bgr565be', 'rgb5551', 'bgr5551', 'rgb5551le', 'bgr5551le', 'rgb5551be', 'bgr5551be'}

▷ **`OriginalWidth`** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
Breite des Eingabebildes.
Default: 512
Wertevorschläge: `OriginalWidth` ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ OriginalWidth (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **`OriginalHeight`** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Eingabebildes.
Default: 512
Wertevorschläge: `OriginalHeight` ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ OriginalHeight (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **`Alignment`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Reserviert.

▷ **Type** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Pixeltyp des Ausgabebildes.
Default: 'byte'
Werteliste: Type ∈ {'byte', 'uint2'}

▷ **ImageWidth** (input_control) ..... rectangle.extent.x ⇝ *integer*
Breite des Ausgabebildes.
Default: 0
Wertevorschläge: ImageWidth ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 0 ≤ ImageWidth (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **ImageHeight** (input_control) ..... rectangle.extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Ausgabebildes.
Default: 0
Wertevorschläge: ImageHeight ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 0 ≤ ImageHeight (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **StartRow** (input_control) ..... rectangle.origin.y ⇝ *integer*
Zeilennummer der oberen linken Ecke des gewünschten Bildausschnittes.
Default: 0
Wertevorschläge: StartRow ∈ {-1, 0}

▷ **StartColumn** (input_control) ..... rectangle.origin.x ⇝ *integer*
Spaltennummer der oberen linken Ecke des gewünschten Bildausschnittes.
Default: 0
Wertevorschläge: StartColumn ∈ {-1, 0}

▷ **BitsPerChannel** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl benutzter Bits pro Pixel und Kanal des Ausgabebildes (-1: Alle Bits werden benutzt).
Default: -1
Wertevorschläge: BitsPerChannel ∈ {5, 8, 10, 12, 16, -1}

▷ **BitShift** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Bits, um die die Farbwerte der Eingabepixel nach rechts geshiftet werden (nur für uint2 Bilder).
Default: 0
Wertevorschläge: BitShift ∈ {0, 2, 4, 6}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gen_image_interleaved den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

disp_color

Siehe auch

reduce_domain, paint_gray, paint_region, set_grayval, gen_image_const

Modul

Foundation

gen_image_proto (Image : ImageCleared : Grayval :)

Erzeugen eines Bildes mit einem konstanten Grauwert.

gen_image_proto erzeugt ein Ausgabebild ImageCleared mit dem konstanten Grauwert Grayval. Ist das Eingabebild vom Typ direction, werden Grauwerte im Ausgabebild, die nicht innerhalb des für direction-Bilder erlaubten Wertebereichs liegen, auf den Wert 255 gesetzt, um sie als ungültig zu kennzeichnen. ImageCleared hat dieselbe Größe und denselben Pixeltyp wie das Eingabebild Image.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild.

▷ **ImageCleared** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Mit konstantem Wert belegtes Bild.

▷ **Grayval** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer

Mit diesem Grauwert wird das Ausgabebild erzeugt.
Default: 0
Wertevorschläge: Grayval ∈ {0, 1, 2, 5, 10, 16, 32, 64, 128, 253, 254, 255}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gen_image_proto den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

set_grayval, paint_gray, gen_image_const, copy_image

Siehe auch

get_image_pointer1

Modul

Foundation

gen_image_surface_first_order (: ImageSurface : Type, Alpha, Beta, Gamma, Row, Column, Width, Height :)

Erzeugen einer Grauwertfläche mit einem Polynom erster Ordnung.

gen_image_surface_first_order erzeugt eine geneigte Grauwertfläche nach folgender Gleichung:

$$\begin{aligned} \texttt{ImageSurface}(r,c) &= \texttt{Alpha}(r-\texttt{Row}) \\ &+ \texttt{Beta}(c-\texttt{Column}) \\ &+ \texttt{Gamma} \end{aligned}$$

Die Größe des Bildes wird mit Width und Height bestimmt. Die Parameter Row und Column definieren den Referenzpunkt der zu erzeugenden Grauwertfläche. Dieser Referenzpunkt sollte, falls zur Bestimmung der Parameter der Grauwertfläche fit_surface_first_order verwendet wurde, dem in der Flächengleichung verwendeten Schwerpunkt entsprechen (siehe fit_surface_first_order). Seine Koordinaten können wie folgt ermittelt werden:

```
intersection(ROI, Image, RegionIntersection)
fit_surface_first_order(RegionIntersection, Image, Algorithm,
Iterations, ClippingFactor, Alpha, Beta, Gamma)
area_center(RegionIntersection, Area, Row, Column)
gen_image_surface_first_order(ImageSurface, Type, Alpha, Beta,
Gamma, Row, Column, Width, Height)
```

Die Grauwerte sind vom Type `Type` (siehe `gen_image_const` für eine detailliertere Beschreibung der Pixeltypen). Grauwerte außerhalb des gültigen Bereichs werden beschnitten.

Parameter

- ▷ **`ImageSurface`** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Erzeugtes Bild mit neuer Bildmatrix.
- ▷ **`Type`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Pixeltyp.
  Default: 'byte'
  Werteliste: `Type` ∈ {'byte', 'uint2', 'real'}
- ▷ **`Alpha`** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Koeffizient erster Ordnung in vertikaler Richtung.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `Alpha` ∈ {-2.0, -1.0, -0.5, -0.0, 0.5, 1.0, 2.0}
  Minimale Schrittweite: 0.000001
  Empfohlene Schrittweite: -0.005
- ▷ **`Beta`** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Koeffizient erster Ordnung in horizontaler Richtung.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `Beta` ∈ {-2.0, -1.0, -0.5, -0.0, 0.5, 1.0, 2.0}
  Minimale Schrittweite: 0.000001
  Empfohlene Schrittweite: -0.005
- ▷ **`Gamma`** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Koeffizient nullter Ordnung.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `Gamma` ∈ {-2.0, -1.0, -0.5, -0.0, 0.5, 1.0, 2.0}
  Minimale Schrittweite: 0.000001
  Empfohlene Schrittweite: -0.005
- ▷ **`Row`** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Referenzpunktes der Fläche.
  Default: 256.0
  Wertevorschläge: `Row` ∈ {0.0, 128.0, 256.0, 512.0}
  Minimale Schrittweite: 0.000001
  Empfohlene Schrittweite: -0.005
- ▷ **`Column`** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Referenzpunktes der Fläche.
  Default: 256.0
  Wertevorschläge: `Column` ∈ {0.0, 128.0, 256.0, 512.0}
  Minimale Schrittweite: 0.000001
  Empfohlene Schrittweite: -0.005
- ▷ **`Width`** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite des Bildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: `Width` ∈ {128, 256, 512, 1024}
  Wertebereich: 1 ≤ Width (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- ▷ **`Height`** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe des Bildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: `Height` ∈ {128, 256, 512, 1024}
  Wertebereich: 1 ≤ Height (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert`gen_image_surface_first_order` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fit_surface_first_order`

Nachfolger

`sub_image`

Siehe auch

`gen_image_gray_ramp`, `gen_image_surface_second_order`, `gen_image_const`

Modul

Foundation

`gen_image_surface_second_order` `( : ImageSurface : Type, Alpha, Beta, Gamma, Delta, Epsilon, Zeta, Row, Column, Width, Height : )`

Erzeugen einer Grauwertfläche mit einem Polynom zweiter Ordnung.

`gen_image_surface_second_order` erzeugt eine gekrümmte Grauwertfläche nach folgender Gleichung:

$$\begin{aligned} \texttt{ImageSurface}(r,c) &= \texttt{Alpha}(r-\texttt{Row})^2 \\ &+ \texttt{Beta}(c-\texttt{Column})^2 \\ &+ \texttt{Gamma}(r-\texttt{Row})*(c-\texttt{Column}) \\ &+ \texttt{Delta}(r-\texttt{Row}) \\ &+ \texttt{Epsilon}(c-\texttt{Column}) \\ &+ \texttt{Zeta} \end{aligned}$$

Die Größe des Bildes wird mit `Width` und `Height` bestimmt. Die Parameter `Row` und `Column` definieren den Referenzpunkt der zu erzeugenden Grauwertfläche. Dieser Referenzpunkt sollte, falls zur Bestimmung der Parameter der Grauwertfläche `fit_surface_second_order` verwendet wurde, dem in der Flächengleichung verwendeten Schwerpunkt entsprechen (siehe `fit_surface_second_order`). Seine Koordinaten können wie folgt ermittelt werden:

```
intersection(ROI, Image, RegionIntersection)
fit_surface_second_order(RegionIntersection, Image, Algorithm,
Iterations, ClippingFactor, Alpha, Beta, Gamma, Delta, Epsilon,
Zeta)
area_center(RegionIntersection, Area, Row, Column)
gen_image_surface_second_order(ImageSurface, Type, Alpha, Beta,
Gamma, Delta, Epsilon, Zeta, Row, Column, Width, Height)
```

Die Grauwerte sind vom Typ `Type` (siehe `gen_image_const` für eine detailliertere Beschreibung der Pixeltypen). Grauwerte außerhalb des gültigen Bereichs werden beschnitten.

Parameter

▷ **`ImageSurface`** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Erzeugtes Bild mit neuer Bildmatrix.

▷ **`Type`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Pixeltyp.
Default: 'byte'
Werteliste: `Type` ∈ {'byte', 'uint2', 'real'}

▷ **Alpha** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Koeffizient zweiter Ordnung in vertikaler Richtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Alpha` ∈ {-2.0, -1.0, -0.5, -0.0, 0.5, 1.0, 2.0}
Minimale Schrittweite: 0.000001
Empfohlene Schrittweite: -0.005

▷ **Beta** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Koeffizient zweiter Ordnung in horizontaler Richtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Beta` ∈ {-2.0, -1.0, -0.5, -0.0, 0.5, 1.0, 2.0}
Minimale Schrittweite: 0.000001
Empfohlene Schrittweite: -0.005

▷ **Gamma** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Gemischter Koeffizient zweiter Ordnung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Gamma` ∈ {-2.0, -1.0, -0.5, -0.0, 0.5, 1.0, 2.0}
Minimale Schrittweite: 0.000001
Empfohlene Schrittweite: -0.005

▷ **Delta** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Koeffizient erster Ordnung in vertikaler Richtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Delta` ∈ {-2.0, -1.0, -0.5, -0.0, 0.5, 1.0, 2.0}
Minimale Schrittweite: 0.000001
Empfohlene Schrittweite: -0.005

▷ **Epsilon** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Koeffizient erster Ordnung in horizontaler Richtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Epsilon` ∈ {-2.0, -1.0, -0.5, -0.0, 0.5, 1.0, 2.0}
Minimale Schrittweite: 0.000001
Empfohlene Schrittweite: -0.005

▷ **Zeta** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Koeffizient nullter Ordnung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Zeta` ∈ {-2.0, -1.0, -0.5, -0.0, 0.5, 1.0, 2.0}
Minimale Schrittweite: 0.000001
Empfohlene Schrittweite: -0.005

▷ **Row** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Zeilenkoordinate des Referenzpunktes der Fläche.
Default: 256.0
Wertevorschläge: `Row` ∈ {0.0, 128.0, 256.0, 512.0}
Minimale Schrittweite: 0.000001
Empfohlene Schrittweite: -0.005

▷ **Column** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Spaltenkoordinate des Referenzpunktes der Fläche.
Default: 256.0
Wertevorschläge: `Column` ∈ {0.0, 128.0, 256.0, 512.0}
Minimale Schrittweite: 0.000001
Empfohlene Schrittweite: -0.005

▷ **Width** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Breite des Bildes.
Default: 512
Wertevorschläge: `Width` ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ Width (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Height** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Bildes.
Default: 512
Wertevorschläge: Height ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ Height (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

Beispiel

```
* Adjust an inhomogeneous illumination
* using gen_image_surface_second_order
read_image (Image, 'cap_illumination/cap_illumination_01')
get_image_size (Image, Width, Height)
gen_circle (Circle, 495, 630, 350.5)
difference (Image, Circle, RegionDifference)
fit_surface_second_order (RegionDifference, Image, 'regression', 5, 2, \
                          Alpha, Beta, Gamma, Delta, Epsilon, Zeta)
area_center (RegionDifference, Area, Row, Column)
gen_image_surface_second_order (ImageSurface, 'byte', Alpha, Beta, \
                                Gamma, Delta, Epsilon, Zeta, Row, Column, \
                                Width, Height)
sub_image (Image, ImageSurface, ImageSub, 1, 128)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefertgen_image_surface_second_order den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

fit_surface_second_order

Nachfolger

sub_image

Siehe auch

gen_image_gray_ramp, gen_image_surface_first_order, gen_image_const

Modul

Foundation

interleave_channels (
MultichannelImage : InterleavedImage : PixelFormat, RowBytes,
Alpha :)

Erzeugen eines verschachtelten Bildes aus einem Mehrkanalbild.

Der Operator interleave_channels erzeugt das verschachtelte Bild InterleavedImage aus dem drei- oder vierkanaligen MultichannelImage. Das ist hilfreich um ein Farbbild für die Darstellung vorzubereiten, z.B. um es in ein .NET Bitmap zu konvertieren.

Pixelformat

Das Format der Pixel von InterleavedImage wird mit PixelFormat festgelegt. Mögliche Formate sind *'rgb'*, *'rgba'*, *'argb'*, *'bgr'*, *'bgra'* und *'abgr'* für byte-Bilder und *'rgb48'*, *'bgr48'*, *'rgba64'*, *'bgra64'*, *'argb64'* und *'abgr64'* für uint2 Bilder, wobei 'a' für den vierten ('Alpha') Kanal steht. Im Gegensatz zu gen_image_interleaved wird dabei LittleEndian als Byteordnung angenommen.

Alphakanal

Der Alphakanal wird auf folgende Art und Weise bestimmt:

Kanäle	Domäne	
3	nicht vorhanden/voll	Der Wert von `Alpha` wird für das gesamte Bild verwendet.
3	eingeschränkt	Innerhalb der Domäne: Alpha wird auf `Alpha` gesetzt. Außerhalb der Domäne: Alpha wird auf Null gesetzt.
4		Alpha wird auf den entsprechenden Wert des vierten Kanals gesetzt, Domäne und `Alpha` werden ignoriert.

Zeilenausrichtung

Die Anzahl der Bytes zwischen dem Anfang von zwei Zeilen im Ausgabebild kann mit `RowBytes` bestimmt werden. So können zum Beispiel Ausrichtungskriterien erfüllt werden. Werden keine Füllbytes benötigt, kann `RowBytes` auf *'match'* gesetzt werden. `RowBytes` muss mindestens so groß sein wie die Anzahl der Bytes in `PixelFormat` mal der Breite von `MultichannelImage`.

Parameter

- ▷ **`MultichannelImage`** (input_object) ..... multichannel-image ⇝ *object :* byte
  Mehrkanaliges Eingabebild.
- ▷ **`InterleavedImage`** (output_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte
  Verschränktes Ausgabebild.
- ▷ **`PixelFormat`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Zielformat für InterleavedImage.
  Default: 'rgba'
  Werteliste: `PixelFormat` ∈ {'rgb', 'bgr', 'rgba', 'abgr', 'argb', 'bgra', 'rgb48', 'bgr48', 'rgba64', 'bgra64', 'argb64', 'abgr64'}
- ▷ **`RowBytes`** (input_control) ..... integer ⇝ *string* / integer
  Anzahl der Bytes in einer Zeile von InterleavedImage.
  Default: 'match'
  Wertevorschläge: `RowBytes` ∈ {'match'}
- ▷ **`Alpha`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Alphawert für dreikanalige Eingabebilder.
  Default: 255
  Wertevorschläge: `Alpha` ∈ {255, 0}

Beispiel

```
HTuple type, width, height;
HImage patras = new HImage("patras");

HImage interleaved = patras.InterleaveChannels("argb", "match", 255);
IntPtr ptr = interleaved.GetImagePointer1(out type, out width, out height);

Image img = new Bitmap(width/4, height, width,
                       PixelFormat.Format32bppArgb, ptr);

pictureBox.Image = img;
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Siehe auch

`gen_image_interleaved`

Modul

Foundation

region_to_bin (Region : BinImage : ForegroundGray, BackgroundGray, Width, Height :)

Umwandeln von Regionen in ein binäres byte-Bild.

region_to_bin erzeugt ein byte-Bild und stellt darin die Eingaberegionen mit dem durch den Eingabe-Steuerparameter ForegroundGray vorgegebenen Grauwert dar. Regionen, die über die Größe des angegebenen Bildes hinausgehen, werden entsprechend beschnitten. Der Hintergrund wird auf BackgroundGray gesetzt.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Enthält die darzustellenden Regionen.
- ▷ **BinImage** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte
  Ergebnisbild der Größe Width × Height mit eingetragenen Regionen.
- ▷ **ForegroundGray** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Grauwert für die Darstellung der Regionen.
  Default: 255
  Wertevorschläge: ForegroundGray ∈ {0, 1, 50, 100, 128, 150, 200, 254, 255}
  Wertebereich: 0 ≤ ForegroundGray ≤ 255 (lin)
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **BackgroundGray** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Grauwert für die Darstellung des Hintergrunds.
  Default: 0
  Wertevorschläge: BackgroundGray ∈ {0, 1, 50, 100, 128, 150, 200, 254, 255}
  Wertebereich: 0 ≤ BackgroundGray ≤ 255 (lin)
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite des zu erstellenden Bildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: Width ∈ {256, 512, 1024}
  Wertebereich: 1 ≤ Width ≤ 1024 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 16
  Restriktion: Width >= 1
- ▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe des zu erstellenden Bildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: Height ∈ {256, 512, 1024}
  Wertebereich: 1 ≤ Height ≤ 1024 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 16
  Restriktion: Height >= 1

Komplexität

$O(2 * \text{Height} * \text{Width})$.

Ergebnis

region_to_bin liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>), das bei leerer Region mit set_system('empty_region_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

threshold, connection, regiongrowing, pouring

Nachfolger

`get_grayval`

Alternativen

`region_to_label`, `paint_region`, `set_grayval`

Siehe auch

`gen_image_proto`, `paint_gray`

Modul

Foundation

`region_to_label` (Region : ImageLabel : Type, Width, Height :)

Eintragen von Regionen in ein (Label-)Bild.

`region_to_label` trägt die Regionen mit ihrem Index $(1..n)$ in eine Bildmatrix ein. Die erste Region erhält den „Grauwert“ 1, die zweite den „Grauwert“ 2 usw. Es werden also nur positive Zahlen verwendet. Bei byte-Bildern wird der Index modulo 256 genommen.

Regionen, die über die Größe des angegebenen Bildes hinausgehen, werden entsprechend beschnitten. Falls sich Regionen überlappen, so gibt die Reihenfolge vor, welche Region in dem Bild eingetragen wird: Es wird in der Reihenfolge der Regionen in die Matrix gezeichnet. Die zuletzt gezeichnete Region bleibt folglich im Ergebnisbild markiert. Die Regionen können gegebenenfalls mit `expand_region` aufbereitet werden.

Der Hintergrund (keine Regionenpunkte) wird auf 0 gesetzt. Hiermit kann getestet werden, in welchen Bildbereichen keine Regionen vorhanden sind.

Parameter

- ▷ **`Region`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Enthält die einzutragenden Regionen.
- ▷ **`ImageLabel`** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte / int2 / int4
  Ergebnisbild der Größe Width × Height mit eingetragenen Regionen.
- ▷ **`Type`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Pixeltyp
  Default: ’int2’
  Werteliste: `Type` ∈ {’byte’, ’int2’, ’int4’, ’int8’}
- ▷ **`Width`** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Breite des zu erstellenden Bildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: `Width` ∈ {64, 128, 256, 512, 1024}
  Wertebereich: 1 ≤ `Width` ≤ 1024 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 16
  Restriktion: Width >= 1
- ▷ **`Height`** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Höhe des zu erstellenden Bildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: `Height` ∈ {64, 128, 256, 512, 1024}
  Wertebereich: 1 ≤ `Height` ≤ 1024 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 16
  Restriktion: Height >= 1

Komplexität

$O(2 * \texttt{Height} * \texttt{Width})$.

Ergebnis

`region_to_label` liefert normalerweise den Wert 2 (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)`, das bei leerer Region mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, expand_region

Nachfolger

get_grayval, get_image_pointer1

Alternativen

region_to_bin, paint_region

Siehe auch

label_to_region

Modul

Foundation

region_to_mean (Regions, Image : ImageMean : :)

Einfärben von Regionen mit ihrem mittleren Grauwert.

region_to_mean liefert ein Ergebnisbild, in das die Eingaberegionen Regions mit ihrem mittleren Grauwert innerhalb des zugrundegelegten Bildes Image eingezeichnet wurden. Diese Routine ist insbesondere zur Visualisierung von Segmentierungsergebnissen nützlich.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Eingaberegionen.
- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
  Zugrundeliegendes Grauwertbild.
- ▷ **ImageMean** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte / uint2
  Ausgabebild mit eingefärbten Regionen.

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
regiongrowing(Image,Regions,3,3,6,100)
region_to_mean(Regions,Image,Disp)
dev_display(Disp)
dev_set_draw('margin')
dev_display(Regions)
```

Ergebnis

region_to_mean liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Vorgänger

regiongrowing, connection

Nachfolger

disp_image

Alternativen

paint_region, intensity

Modul

Foundation

6.5 Kanal

access_channel (MultiChannelImage : Image : Channel :)

Zugriff auf Kanäle eines mehrkanaligen Bildes.

access_channel greift auf einen oder mehrere Kanäle des (mehrkanaligen) Eingabebildes MultiChannelImage zu. Das Ergebnis in Image ist ein Bild mit so vielen Kanälen wie in Channel angegeben. Die Region wird von der Eingabe übernommen.

Die Kanäle sind von 1 bis n durchnummeriert. Die Anzahl der Kanäle lässt sich mit count_channels bestimmen.

Wenn in Channel ein leeres Tupel übergeben wird, wird ein Objekt, das nur aus der Region der Eingabe besteht, zurückgegeben.

Parameter

▷ **MultiChannelImage** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Mehrkanaliges Bild.

▷ **Image** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgewählte Kanäle von MultiChannelImage.

▷ **Channel** (input_control) ..... channel(-array) ⇝ *integer*

Indizes der Kanäle, auf welche zugegriffen werden soll.
Default: 1
Wertevorschläge: Channel ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12}
Wertebereich: 1 ≤ Channel

Beispiel

```
read_image(&Color,"patras");   /* read color image */
access_channel(Color,&Red,1);  /* extract red channel */
disp_image(Red,WindowHandle);
```

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

count_channels

Nachfolger

disp_image

Alternativen

decompose2, decompose3, decompose4, decompose5

Siehe auch

count_channels

Modul

Foundation

append_channel (MultiChannelImage, Image : ImageExtended : :)

Erweitern des Bildes um zusätzliche Matrizen (Kanäle).

append_channel hängt die Matrizen des Bildes Image an die Matrizen von MultiChannelImage an. Hierdurch erhält man ein Bild das so viele Matrizen (Kanäle) enthält, wie MultiChannelImage und Image zusammen. Der Definitionsbereich des Ausgabebildes berechnet sich als der Durchschnitt aus den Definitionsbereichen der beiden Eingabebilder. MultiChannelImage darf auch nur eine Region sein, die dann als Definitionsbereich eines Bildes ohne Kanäle betrachtet wird. Beim Erstellen des Mehrkanalbildes werden die Bilder nicht dupliziert. Es werden neue Bilder angelegt, die Referenzen auf die Eingabebilder enthalten.

Parameter

▷ **MultiChannelImage** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Mehrkanaliges Bild.

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Neu anzufügendes Bild.

▷ **ImageExtended** (output_object) ..... multichannel-image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Um Image erweitertes Bild.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

disp_image

Alternativen

compose2, compose3, compose4, compose5

Modul

Foundation

channels_to_image (Images : MultiChannelImage : :)

Umwandlung von Einkanalbildern in ein Mehrkanalbild

channels_to_image erzeugt aus mehreren einkanaligen Bildern ein Mehrkanalbild. Der neue Definitionsbereich ergibt sich als Durchschnitt der Definitionsbereiche der Eingabebilder. Beim Erstellen des Mehrkanalbildes wird kein weiterer Speicherplatz für die Bilder allokiert, es sei denn Bilder verschiedener Dimensionen werden

kombiniert. In diesem Fall wird für die Bilder neuer Speicherplatz allokiert, die nicht sowohl die maximale Breite als auch die maximale Höhe unter allen Eingabebildern aufweisen. Für alle Bilder mit maximalen Dimensionen enthalten die erstellten Mehrkanalbilder Referenzen auf die existierenden Eingabebilder.

Parameter

▷ **Images** (input_object) ..... singlechannelimage-array ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Einkanalbilder die zu einem Mehrkanalbild zusammengefasst werden sollen.

▷ **MultiChannelImage** (output_object) ..... multichannel-image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Mehrkanalbild.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`count_channels`, `disp_image`

Siehe auch

`image_to_channels`

Modul

Foundation

compose2 (Image1, Image2 : MultiChannelImage : :)

Umwandlung von 2 Bildern in ein zweikanaliges Bild.

`compose2` erzeugt aus 2 einkanaligen Bildern ein 2-kanaliges Bild. Der Definitionsbereich berechnet sich als der Durchschnitt der Definitionsbereiche der Eingabebilder. Beim Erstellen des Mehrkanalbildes werden die Bilder nicht dupliziert. Es werden neue Bilder angelegt, die Referenzen auf die Eingabebilder enthalten.

Parameter

▷ **Image1** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 1.

▷ **Image2** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 2.

▷ **MultiChannelImage** (output_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Mehrkanaliges Bild.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

disp_image

Alternativen

append_channel

Siehe auch

decompose2

Modul

Foundation

compose3 (Image1, Image2, Image3 : MultiChannelImage : :)

Umwandlung von 3 Bildern in ein dreikanaliges Bild.

compose3 erzeugt aus 3 einkanaligen Bildern ein 3-kanaliges Bild. Der Definitionsbereich berechnet sich als der Durchschnitt der Definitionsbereiche der Eingabebilder. Beim Erstellen des Mehrkanalbildes werden die Bilder nicht dupliziert. Es werden neue Bilder angelegt, die Referenzen auf die Eingabebilder enthalten.

Parameter

▷ **Image1** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 1.

▷ **Image2** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 2.

▷ **Image3** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 3.

▷ **MultiChannelImage** (output_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Mehrkanaliges Bild.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

disp_image

Alternativen

append_channel

Siehe auch

decompose3

Modul

Foundation

compose4 (Image1, Image2, Image3, Image4 : MultiChannelImage : :)

Umwandlung von 4 Bildern in ein vierkanaliges Bild.

compose4 erzeugt aus 4 einkanaligen Bildern ein 4-kanaliges Bild. Der Definitionsbereich berechnet sich als der Durchschnitt der Definitionsbereiche der Eingabebilder. Beim Erstellen des Mehrkanalbildes werden die Bilder nicht dupliziert. Es werden neue Bilder angelegt, die Referenzen auf die Eingabebilder enthalten.

Parameter

▷ **Image1** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 1.

▷ **Image2** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 2.

▷ **Image3** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 3.

▷ **Image4** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 4.

▷ **MultiChannelImage** (output_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Mehrkanaliges Bild.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

disp_image

Alternativen

append_channel

Siehe auch

decompose4

Modul

Foundation

compose5 (Image1, Image2, Image3, Image4, Image5 : MultiChannelImage : :)

Umwandlung von 5 Bildern in ein fünfkanaliges Bild.

compose5 erzeugt aus 5 einkanaligen Bildern ein 5-kanaliges Bild. Der Definitionsbereich berechnet sich als der Durchschnitt der Definitionsbereiche der Eingabebilder. Beim Erstellen des Mehrkanalbildes werden die Bilder nicht dupliziert. Es werden neue Bilder angelegt, die Referenzen auf die Eingabebilder enthalten.

Parameter

▷ **Image1** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 1.

▷ **Image2** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 2.

▷ **Image3** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 3.

▷ **Image4** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 4.

▷ **Image5** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 5.

▷ **MultiChannelImage** (output_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Mehrkanaliges Bild.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`append_channel`

Siehe auch

`decompose5`

Modul

Foundation

compose6 (Image1, Image2, Image3, Image4, Image5, Image6 : MultiChannelImage : :)

Umwandlung von 6 Bildern in ein sechskanaliges Bild.

`compose6` erzeugt aus 6 einkanaligen Bildern ein 6-kanaliges Bild. Der Definitionsbereich berechnet sich als der Durchschnitt der Definitionsbereiche der Eingabebilder. Beim Erstellen des Mehrkanalbildes werden die Bilder nicht dupliziert. Es werden neue Bilder angelegt, die Referenzen auf die Eingabebilder enthalten.

Parameter

▷ **Image1** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 1.

▷ **Image2** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 2.

▷ **Image3** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 3.

▷ **Image4** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 4.

▷ **Image5** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 5.

▷ **Image6** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 6.

▷ **MultiChannelImage** (output_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Mehrkanaliges Bild.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`append_channel`

Siehe auch

`decompose6`

Modul

Foundation

compose7 (Image1, Image2, Image3, Image4, Image5, Image6, Image7 : MultiChannelImage : :)

Umwandlung von 7 Bildern in ein siebenkanaliges Bild.

`compose7` erzeugt aus 7 einkanaligen Bildern ein 7-kanaliges Bild. Der Definitionsbereich berechnet sich als der Durchschnitt der Definitionsbereiche der Eingabebilder. Beim Erstellen des Mehrkanalbildes werden die Bilder nicht dupliziert. Es werden neue Bilder angelegt, die Referenzen auf die Eingabebilder enthalten.

Parameter

▷ **Image1** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 1.

▷ **Image2** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 2.

▷ **Image3** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 3.

▷ **Image4** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 4.

▷ **Image5** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 5.

▷ **Image6** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 6.

▷ **Image7** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild 7.

▷ **MultiChannelImage** (output_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Mehrkanaliges Bild.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`append_channel`

Siehe auch

`decompose7`

Modul

Foundation

count_channels (MultiChannelImage : : : Channels)

Anzahl Kanäle eine Bildes.

`count_channels` berechnet zu allen Eingabebildern die Anzahl der Kanäle.

Parameter

▷ **MultiChannelImage** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ein- oder Mehrkanaliges Bild.

▷ **Channels** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*

Anzahl Kanäle.

Beispiel

```
read_image(&Color,"patras");
count_channels(Color,&num_channels);
for (i=1; i<=num_channels; i++)
{
  access_channel(Color,&Channel,i);
  disp_image(Channel,WindowHandle);
  clear_obj(Channel);
}
```

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`access_channel`, `append_channel`, `disp_image`

Siehe auch

`append_channel`, `access_channel`

Modul

Foundation

decompose2 (MultiChannelImage : Image1, Image2 : :)

Umwandlung eines zweikanaligen Bildes in zwei Bilder.

`decompose2` erzeugt aus einem 2-kanaligen Bild zwei einkanalige Bilder mit gleichem Definitionsbereich. Beim Erstellen der Ausgabebilder werden die Bilder nicht dupliziert. Es werden neue Bilder angelegt, die Referenzen auf die Eingabebilder enthalten.

Parameter

▷ **MultiChannelImage** (input_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Mehrkanaliges Bild.

▷ **Image1** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 1.

▷ **Image2** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 2.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`count_channels`

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`access_channel`, `image_to_channels`

Siehe auch

`compose2`

Modul

Foundation

decompose3 (MultiChannelImage : Image1, Image2, Image3 : :)

Umwandlung eines dreikanaligen Bildes in drei Bilder.

`decompose3` erzeugt aus einem 3-kanaligen Bild drei einkanalige Bilder mit gleichem Definitionsbereich. Beim Erstellen der Ausgabebilder werden die Bilder nicht dupliziert. Es werden neue Bilder angelegt, die Referenzen auf die Eingabebilder enthalten.

Parameter

▷ **MultiChannelImage** (input_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Mehrkanaliges Bild.

▷ **Image1** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 1.

▷ **Image2** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 2.

▷ **Image3** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 3.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`count_channels`

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`access_channel`, `image_to_channels`

Siehe auch

`compose3`

Modul

Foundation

decompose4 (MultiChannelImage : Image1, Image2, Image3, Image4 : :)

Umwandlung eines vierkanaligen Bildes in vier Bilder.

`decompose4` erzeugt aus einem 4-kanaligen Bild vier einkanalige Bilder mit gleichem Definitionsbereich. Beim Erstellen der Ausgabebilder werden die Bilder nicht dupliziert. Es werden neue Bilder angelegt, die Referenzen auf die Eingabebilder enthalten.

Parameter

▷ **MultiChannelImage** (input_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Mehrkanaliges Bild.

▷ **Image1** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 1.

▷ **Image2** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 2.

▷ **Image3** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 3.

▷ **Image4** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 4.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`count_channels`

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`access_channel`, `image_to_channels`

Siehe auch

`compose4`

Modul

Foundation

decompose5 (MultiChannelImage : Image1, Image2, Image3, Image4, Image5 : :)

Umwandlung eines fünfkanaligen Bildes in fünf Bilder.

`decompose5` erzeugt aus einem 5-kanaligen Bild fünf einkanalige Bilder mit gleichem Definitionsbereich. Beim Erstellen der Ausgabebilder werden die Bilder nicht dupliziert. Es werden neue Bilder angelegt, die Referenzen auf die Eingabebilder enthalten.

Parameter

▷ **MultiChannelImage** (input_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Mehrkanaliges Bild.

▷ **Image1** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 1.

▷ **Image2** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 2.

▷ **Image3** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 3.

▷ **Image4** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 4.

▷ **Image5** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 5.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`count_channels`

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`access_channel`, `image_to_channels`

Siehe auch

`compose5`

Modul

Foundation

decompose6 (MultiChannelImage : Image1, Image2, Image3, Image4, Image5, Image6 : :)

Umwandlung eines sechskanaligen Bildes in sechs Bilder.

`decompose6` erzeugt aus einem 6-kanaligen Bild sechs einkanalige Bilder mit gleichem Definitionsbereich. Beim Erstellen der Ausgabebilder werden die Bilder nicht dupliziert. Es werden neue Bilder angelegt, die Referenzen auf die Eingabebilder enthalten.

Parameter

▷ **MultiChannelImage** (input_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Mehrkanaliges Bild.

▷ **Image1** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 1.

▷ **Image2** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 2.

▷ **Image3** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 3.

▷ **Image4** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 4.

▷ **Image5** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 5.

▷ **Image6** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 6.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`count_channels`

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`access_channel`, `image_to_channels`

Siehe auch

`compose6`

Modul

Foundation

decompose7 (MultiChannelImage : Image1, Image2, Image3, Image4, Image5, Image6, Image7 : :)

Umwandlung eines siebenkanaligen Bildes in sieben Bilder.

`decompose7` erzeugt aus einem 7-kanaligen Bild sieben einkanalige Bilder mit gleichem Definitionsbereich. Beim Erstellen der Ausgabebilder werden die Bilder nicht dupliziert. Es werden neue Bilder angelegt, die Referenzen auf die Eingabebilder enthalten.

Parameter

▷ **MultiChannelImage** (input_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Mehrkanaliges Bild.

▷ **Image1** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 1.

▷ **Image2** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 2.

▷ **Image3** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 3.

▷ **Image4** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 4.

▷ **Image5** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 5.

▷ **Image6** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 6.

▷ **Image7** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Ausgabebild 7.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`count_channels`

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`access_channel`, `image_to_channels`

Siehe auch

`compose7`

Modul

Foundation

image_to_channels (MultiChannelImage : Images : :)

Umwandlung eines Mehrkanalbildes in Einkanalbilder

`image_to_channels` erzeugt aus dem Mehrkanalbild in `MultiChannelImage` für jeden Kanal ein einkanaliges Bild. Die Definitionsbereiche werden von dem Eingabebild übernommen. Es werden so viele Bilder erzeugt wie `MultiChannelImage` Kanäle hat. Beim Erstellen der Ausgabebilder werden die Bilder nicht dupliziert. Es werden neue Bilder angelegt, die Referenzen auf die Eingabebilder enthalten.

Parameter

▷ **MultiChannelImage** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Mehrkanalbild das zerlegt werden soll.

▷ **Images** (output_object) ..... singlechannelimage-array ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Erzeugte Einkanalbilder.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

count_channels

Nachfolger

disp_image

Alternativen

access_channel, decompose2, decompose3, decompose4, decompose5

Siehe auch

channels_to_image

Modul

Foundation

6.6 Manipulation

overpaint_gray (ImageDestination, ImageSource : : :)

Überschreibt die Grauwerte eines Bildes.

overpaint_gray zeichnet die Grauwerte des Bildes aus ImageSource in das Bild in ImageDestination ein. Kopiert werden nur die Grauwerte aus dem Definitionsbereich von ImageSource (siehe reduce_domain).

Als Alternative zu overpaint_gray zeichnet der Operator paint_gray die Grauwerte nicht direkt in ImageDestination ein, sondern gibt das Ergebnis in einem neu erzeugten Bild zurück.

Achtung

overpaint_gray verändert den Inhalt eines bereits bestehenden Bildes (ImageDestination). Zudem können aber auch andere Bildobjekte betroffen sein: Wenn man z.B. ImageDestination mit Hilfe von copy_obj aus einem anderen Bildobjekt erzeugt hat (oder umgekehrt), wird auch dessen Bildmatrix überschrieben. Deshalb sollte overpaint_gray nur zum Einzeichnen in neu erzeugte Bildobjekte verwendet werden. Typische Operatoren hierfür sind z.B. gen_image_const (erzeugt ein neues Bild mit angegebener Größe), gen_image_proto (erzeugt ein Bild mit der Größe eines angegebenen Prototyp-Bildes) oder copy_image (erzeugt ein Bild als Kopie eines angegebenen Bildes).

Parameter

▷ **ImageDestination** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real / complex / vector_field

Eingabebild, in das eingezeichnet werden soll.

▷ **ImageSource** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real / complex / vector_field

Eingabebild, das die zusätzlichen Grauwerte liefert.

Beispiel

```
* Copy a circular part of the image 'monkey' into a new image (New1):

read_image(Image,'monkey')
gen_circle(Circle,200,200,150)
reduce_domain(Image,Circle,Mask)
* New image with black (0) background
gen_image_proto(Image,New1,0.0)
* Copy a part of the image 'monkey' into New1
overpaint_gray(New1,Mask)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, liefert `overpaint_gray` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ImageDestination

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`read_image`, `gen_image_const`, `gen_image_proto`

Alternativen

`get_image_pointer1`, `paint_gray`, `set_grayval`, `copy_image`

Siehe auch

`paint_region`, `overpaint_region`

Modul

Foundation

overpaint_region (Image, Region : : Grayval, Type :)

Zeichnet Regionen in ein Bild ein.

`overpaint_region` zeichnet die Regionen aus `Region` in das Bild `Image` mit den vorgegebenen Grauwerten `Grayval` ein. Die Grauwerte können entweder einmal für jeden Bildkanal, geltend für alle Regionen, definiert werden, oder für jede Region und jeden Bildkanal einzeln. Um Letzteres zu definieren, werden die Kanal-Grauwerte g zu jeder Region gruppiert und zu einem Tupel entsprechend der Reihenfolge der Regionen verknüpft, z.B. für ein dreikanaliges Bild:

$$[g(channel1,region1), g(channel2,region1), g(channel3,region1), g(channel1,region2), \ldots]$$

Ist das Bild vom Typ `direction`, werden Grauwerte, die nicht innerhalb des für `direction`-Bilder erlaubten Wertebereichs liegen, auf den Wert 255 gesetzt, um sie als ungültig zu kennzeichnen. Der Parameter `Type` gibt an, ob die Regionen ausgefüllt (*'fill'*) oder nur der Rand (*'margin'*) eingetragen werden soll.

Als Alternative zu `overpaint_region` zeichnet der Operator `paint_region` die Regionen nicht direkt in `Image` ein, sondern gibt das Ergebnis in einem neu erzeugten Bild zurück.

Achtung

`overpaint_region` verändert den Inhalt eines bereits bestehenden Bildes (`Image`). Zudem können aber auch

andere Bildobjekte betroffen sein: Wenn man z.B. Image mit Hilfe von copy_obj aus einem anderen Bildobjekt erzeugt hat (oder umgekehrt), wird auch dessen Bildmatrix überschrieben. Deshalb sollte overpaint_region nur zum Einzeichnen in neu erzeugte Bildobjekte verwendet werden. Typische Operatoren hierfür sind z.B. gen_image_const (erzeugt ein neues Bild mit angegebener Größe), gen_image_proto (erzeugt ein Bild mit der Größe eines angegebenen Prototyp-Bildes) oder copy_image (erzeugt ein Bild als Kopie eines angegebenen Bildes).

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object* : byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex
Bild, in das die Regionen eingezeichnet werden.

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen, die eingezeichnet werden soll.

▷ **Grayval** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
Mit diesen Grauwerten werden die Regionen in Image eingetragen.
Default: 255.0
Wertevorschläge: Grayval ∈ {0.0, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 16.0, 32.0, 64.0, 128.0, 253.0, 254.0, 255.0}

▷ **Type** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Regionen ausfüllen oder nur den Rand eintragen.
Default: 'fill'
Werteliste: Type ∈ {'fill', 'margin'}

Beispiel

```
* Paint a rectangle into a new image (New1)

gen_rectangle1(Rectangle,100.0,100.0,300.0,300.0)
* generate a black image
gen_image_const(New1,'byte', 768, 576)
* paint a white rectangle
overpaint_region(New1,Rectangle,255.0,'fill')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert overpaint_region den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- Image

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

read_image, gen_image_const, gen_image_proto, reduce_domain

Alternativen

set_grayval, paint_region, paint_xld

Siehe auch

reduce_domain, set_draw, paint_gray, overpaint_gray, gen_image_const

Modul

Foundation

paint_gray (ImageSource, ImageDestination : MixedImage : :)

Zeichnet die Grauwerte eines Bildes in ein anderes Bild ein.

paint_gray zeichnet die Grauwerte des Bildes aus ImageSource in das Bild in ImageDestination ein und liefert das resultierende Bild in MixedImage zurück. Kopiert werden nur die Grauwerte aus dem Definitionsbereich von ImageSource (siehe reduce_domain).

Als Alternative zu paint_gray zeichnet der Operator overpaint_gray die Grauwerte direkt in ImageDestination ein.

Parameter

▷ **ImageSource** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real / complex / vector_field

Eingabebild, das die zusätzlichen Grauwerte liefert.

▷ **ImageDestination** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real / complex / vector_field

Eingabebild, in das eingezeichnet werden soll.

▷ **MixedImage** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real / complex / vector_field

Ergebnisbild.

Beispiel

```
* Copy a circular part of the image 'monkey' into the image 'fabrik':

read_image(Image,'monkey')
gen_circle(Circle,200,200,150)
reduce_domain(Image,Circle,Mask)
read_image(Image2,'fabrik')
* Copy a part of the image 'monkey' into 'fabrik'
paint_gray(Mask,Image2,MixedImage)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, liefert paint_gray den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_image, gen_image_const, gen_image_proto

Alternativen

get_image_pointer1, set_grayval, copy_image, overpaint_gray

Siehe auch

paint_region, overpaint_region

Modul

Foundation

paint_region (Region, Image : ImageResult : Grayval, Type :)

Zeichnet Regionen in ein Bild ein.

paint_region zeichnet die Regionen aus Region in das Bild Image mit den vorgegebenen Grauwerten Grayval ein und liefert das Ergebnis in ImageResult zurück. Die Grauwerte können entweder einmal für jeden Bildkanal, geltend für alle Regionen, definiert werden, oder für jede Region und jeden Bildkanal einzeln. Um Letzteres zu definieren, werden die Kanal-Grauwerte g zu jeder Region gruppiert und zu einem Tupel entsprechend der Reihenfolge der Regionen verknüpft, z.B. für ein dreikanaliges Bild:

$$[g(channel1,region1), g(channel2,region1), g(channel3,region1), g(channel1,region2), \ldots]$$

Ist das Eingabebild vom Typ direction, werden Grauwerte, die nicht innerhalb des für direction-Bilder erlaubten Wertebereichs liegen, auf den Wert 255 gesetzt, um sie als ungültig zu kennzeichnen. Der Parameter Type gibt an, ob die Regionen ausgefüllt (*'fill'*) oder nur der Rand (*'margin'*) eingetragen werden soll.

Als Alternative zu paint_region zeichnet der Operator overpaint_region die Regionen direkt in Image ein.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen, die eingezeichnet werden sollen.

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex
Bild, in das die Regionen eingezeichnet werden.

▷ **ImageResult** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex
Bild, in das die Regionen eingezeichnet wurden.

▷ **Grayval** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
Mit diesen Grauwerten werden die Regionen in ImageResult eingetragen.
Default: 255.0
Wertevorschläge: Grayval ∈ {0.0, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 16.0, 32.0, 64.0, 128.0, 253.0, 254.0, 255.0}

▷ **Type** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Regionen ausfüllen oder nur den Rand eintragen.
Default: 'fill'
Werteliste: Type ∈ {'fill', 'margin'}

Beispiel

```
* Paint a rectangle into the image 'monkey'

read_image(Image,'monkey')
gen_rectangle1(Rectangle,100.0,100.0,300.0,300.0)
* paint a white rectangle
paint_region(Rectangle,Image,ImageResult,255.0,'fill')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert paint_region den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_image, gen_image_const, gen_image_proto, reduce_domain

Alternativen

set_grayval, overpaint_region, paint_xld

Siehe auch

reduce_domain, paint_gray, overpaint_gray, set_draw, gen_image_const

Modul

Foundation

paint_xld (XLD, Image : ImageResult : Grayval :)

Zeichnet XLD-Objekte in ein Bild ein.

paint_xld zeichnet die XLD-Objekte XLD vom Typ *Contour* oder *Polygon* in die einzelnen Bildkanäle des Hintergrundbildes Image mit den vorgegebenen Grauwerten Grayval ein und liefert das Ergebnis in ImageResult zurück. Offene XLD-Objekte werden zuvor geschlossen und die eingeschlossene Region gefüllt. Die Ränder der subpixelgenauen XLD-Objekte werden im Anti-Aliasing-Verfahren auf den Hintergrund gezeichnet.

Beachten Sie, dass XLD-Objekte, die sich selbst schneiden, nicht korrekt gefüllt werden können; es entstehen Artefakte. Der set_system Parameter *'neighborhood'* definiert, ob auch diagonal oder nur orthogonal benachbarte Pixel gefüllt werden.

Grayval legt den Grauwert fest, mit welchem jedes XLD-Objekt in den entsprechenden Bildkanal gezeichnet werden soll. Die Grauwerte können entweder einmal für jeden Bildkanal, geltend für alle XLD-Objekte, definiert werden, oder für jedes XLD-Objekt und jeden Bildkanal einzeln. Um Letzteres zu definieren, werden die Kanal-Grauwerte g zu jedem XLD-Objekt gruppiert und zu einem Tupel entsprechend der Reihenfolge der XLD-Objekte verknüpft, z.B. für ein dreikanaliges Bild:

$$[g(channel1,xld1), g(channel2,xld1), g(channel3,xld1), g(channel1,xld2), \ldots]$$

Ist das Eingabebild vom Typ direction, werden Grauwerte, die nicht innerhalb des für direction-Bilder erlaubten Wertebereichs liegen, auf den Wert 255 gesetzt, um sie als ungültig zu kennzeichnen.

Parameter

- ▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  XLD-Objekte, die eingezeichnet werden sollen.
- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real / complex
  Bild, in das die XLD-Objekte eingezeichnet werden.
- ▷ **ImageResult** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real / complex
  Bild, in das die XLD-Objekte eingezeichnet wurden.
- ▷ **Grayval** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Mit diesen Grauwerten werden die XLD-Objekte in ImageResult eingetragen.
  Default: 255.0
  Wertevorschläge: Grayval ∈ {0.0, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 16.0, 32.0, 64.0, 128.0, 253.0, 254.0, 255.0}

Beispiel

```
* Paint colored xld objects into a gray image

* read and copy image to generate a three channel image
read_image(Image1,'green-dot')
copy_image(Image1,Image2)
copy_image(Image1,Image3)
compose3(Image1,Image2,Image3,Image)
* extract subpixel border
threshold_sub_pix(Image1,Border,128)
* select the circle and the arrows
select_obj(Border,circle,14)
select_obj(Border,arrows,16)
concat_obj(circle,arrows,green_dot)
* paint a green circle and white arrows (to paint all
* objects e.g., blue, pass [0,0,255] tuple for GrayVal)
paint_xld(green_dot,Image,ImageResult,[0,255,0,255,255,255])
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `paint_xld` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabe-XLD-Objekte vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_image`, `gen_image_const`, `gen_image_proto`, `gen_contour_polygon_xld`, `threshold_sub_pix`

Alternativen

`set_grayval`, `paint_gray`, `paint_region`

Siehe auch

`gen_image_const`

Modul

Foundation

`set_grayval` (`Image` : : `Row`, `Column`, `Grayval` :)

Setzen von einzelnen Grauwerten in einem Bildobjekt.

`set_grayval` setzt die Grauwerte des Eingabebildes `Image`. `Grayval` ist dabei ein Tupel von Gleitkomma- bzw. ganzen Zahlen, das die Grauwerte enthält, die den ausgewählten Bildpunkten von `Image` zugewiesen werden sollen. Die Zeilenkoordinaten der Bildpunkte stehen in `Row`, die Spaltenkoordinaten in `Column`. Die Grauwerte können entweder einmal für jedes Pixel, geltend für alle Kanäle, definiert werden, oder für jedes Pixel und jeden Bildkanal einzeln. Um Letzteres zu definieren, werden die Kanal-Grauwerte g zu jedem Pixel gruppiert und zu einem Tupel entsprechend der Reihenfolge der Kanäle verknüpft, z.B. für ein dreikanaliges Bild:

$$[g(\mathit{channel0},\mathit{pixel0}), g(\mathit{channel1},\mathit{pixel0}), g(\mathit{channel2},\mathit{pixel0}), g(\mathit{channel0},\mathit{pixel1}), \ldots]$$

Dabei ist zu beachten, dass für komplexe und Vektorfeld-Bilder zwei Grauwerte pro Pixel (pro Kanal) übergeben werden müssen.

Ist das Bild vom Typ `direction`, werden Grauwerte, die nicht innerhalb des für `direction`-Bilder erlaubten Wertebereichs liegen, auf den Wert 255 gesetzt, um sie als ungültig zu kennzeichnen.

Achtung

Der Aufwand von `set_grayval` ist relativ hoch. Normalerweise wird der Operator verwendet, um einzelne Grauwerte eines Bildes zu setzen. Für die Programmierung von Bildverarbeitungsoperationen wie Filter ist er nicht geeignet. Hier ist es sinnvoller, den Operator `get_image_pointer1` und direkt die C- oder C++-Schnittstelle zum Einbinden von eigenen Prozeduren zu verwenden.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass `set_grayval` den Inhalt eines bereits bestehenden Bildes (`Image`) verändert. Zudem können aber auch andere Bildobjekte betroffen sein: Wenn z.B. `Image` mit Hilfe von `copy_obj` aus einem anderen Bildobjekt erzeugt wurde, wird auch dessen Bildmatrix überschrieben. Deshalb sollte `set_grayval` nur zum Einzeichnen in neu erzeugte Bildobjekte verwendet werden.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Dieses Bild wird modifiziert.

▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *integer*
Zeilenkoordinaten der zu modifizierenden Bildpunkte.
Default: 0
Wertevorschläge: Row ∈ {0, 10, 50, 127, 255, 511}
Wertebereich: 0 ≤ Row
Restriktion: 0 <= Row && Row < height(Image)

▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *integer*
Spaltennummern der zu modifizierenden Bildpunkte.
Default: 0
Wertevorschläge: Column ∈ {0, 10, 50, 127, 255, 511}
Wertebereich: 0 ≤ Column
Restriktion: 0 <= Column && Column < width(Image)

▷ **Grayval** (input_control) . . . . . grayval(-array) ⇝ *real* / integer
Zu setzende Grauwerte.
Default: 255.0
Wertevorschläge: Grayval ∈ {0.0, 1.0, 10.0, 128.0, 255.0}

Ergebnis

Bei korrekter Besetzung der Parameter liefert set_grayval den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- Image

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

read_image, get_image_pointer1, gen_image_proto, gen_image1

Alternativen

get_image_pointer1, paint_gray, paint_region

Siehe auch

get_grayval, gen_image_const, gen_image1, gen_image_proto

Modul

Foundation

6.7 Merkmale

area_center_gray (Regions, Image : : : Area, Row, Column)

Berechnung der Fläche und des Schwerpunktes von Regionen in Grauwertbildern.

area_center_gray berechnet die Fläche und den Schwerpunkt der Eingaberegionen Regions, die die durch das Eingabebild Image definierten Grauwerte besitzen. Dieser Operator verhält sich ähnlich wie der Operator area_center, nur dass hier die Grauwerte zur Berechnung der Fläche und des Schwerpunktes verwendet werden.

Die Fläche A einer Region R im Bild mit den Grauwerten $g(r, c)$ wird definiert durch

$$A = \sum_{(r,c) \in R} g(r, c).$$

Das bedeutet, dass die Fläche durch das Volumen der durch die Grauwerte definierten Funktion $g(r,c)$ definiert wird. Der Schwerpunkt wird durch die ersten zwei normalisierten Momente der Funktion $g(r,c)$ definiert, d.h. durch $(m_{1,0}, m_{0,1})$, wobei

$$m_{p,q} = \frac{1}{A} \sum_{(r,c) \in R} r^p c^q g(r,c).$$

In dem Fall, dass Area Null ist, sind die Koordinaten des Schwerpunkts Row und Column ebenfalls Null.

Achtung

Der Operator area_center_gray berücksichtigt nur die mittels Regions übergebenen Regionen und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild Image festgelegt wurde. area_center_gray kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden, sofern die OpenCL-Erweiterungen cl_khr_fp64 und cl_khr_int64_base_atomics vom Gerät unterstützt werden.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Region(en).
- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
  Grauwertdaten.
- ▷ **Area** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Grauwertvolumen der Region.
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Grauwert-Schwerpunktes.
- ▷ **Column** (output_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Grauwert-Schwerpunktes.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert area_center_gray den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Alternativen

area_center

Siehe auch

area_center_xld, elliptic_axis_gray

Modul

Foundation

cooc_feature_image (Regions, Image : : LdGray, Direction : Energy, Correlation, Homogeneity, Contrast)

Berechnung der Co-Occurrence-Matrix und daraus abgeleiteter Grauwertmerkmale.

Der Aufruf von cooc_feature_image entspricht der Hintereinanderausführung von gen_cooc_matrix und cooc_feature_matrix. Wenn mehrere Richtungsmatrizen der Co-Occurrence-Matrix hintereinander ausgewertet werden sollen, ist es günstiger, die Matrix mit gen_cooc_matrix zu erstellen und danach

cooc_feature_matrix für die Ergebnismatrix aufzurufen. Bei dem Parameter Direction wird die Richtung der Nachbarschaft in Winkel oder *'mean'* übergeben. Bei *'mean'* wird der Mittelwert aller vier Richtungen berechnet.

Achtung

Der Operator cooc_feature_image berücksichtigt nur die mittels Regions übergebenen Regionen und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild Image festgelegt wurde.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object* : byte
  Zugehörige Grauwerte.
- ▷ **LdGray** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der zu unterscheidenden Grauwerte ($2^{\texttt{LdGray}}$).
  Default: 6
  Werteliste: LdGray ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}
- ▷ **Direction** (input_control) ..... integer ⇝ *integer* / string
  Auszuwertende Richtung in der Matrix.
  Default: 0
  Werteliste: Direction ∈ {0, 45, 90, 135, 'mean'}
- ▷ **Energy** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Energie der Grauwerte.
- ▷ **Correlation** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Korrelation der Grauwerte.
- ▷ **Homogeneity** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Lokale Homogenität der Grauwerte.
- ▷ **Contrast** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Kontrast der Grauwerte.

Ergebnis

cooc_feature_image liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls ein Bild mit definierten Grauwerten (byte) eingegeben wird und die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder) wird mit set_system(::'no_object_result',<Result>:), das bei leerer Region mit set_system(::'empty_region_result',<Result>:) festgelegt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

gen_cooc_matrix

Alternativen

cooc_feature_matrix

Siehe auch

intensity, min_max_gray, entropy_gray, select_gray

Modul

Foundation

cooc_feature_matrix (CoocMatrix : : : Energy, Correlation, Homogeneity, Contrast)

Berechnung von Grauwertmerkmalen aus einer Co-Occurrence-Matrix.

Der Operator cooc_feature_matrix berechnet aus einer Co-Occurrence-Matrix (CoocMatrix) die Energie (Energy), Korrelation (Correlation), lokale Homogenität (Homogeneity) und den Kontrast (Contrast).

cooc_feature_matrix berechnet aus dem Teil der mit gen_cooc_matrix generierten Eingabe-Matrix, der der mit dem dortigen Parametern LdGray und Direction angegebenen Richtungsmatrix entspricht, die Grauwertmerkmale nach folgenden Formeln:

- Energie (Maß für Bildhomogenität):
  $\texttt{Energy} = \sum_{i,j=0}^{width} c_{ij}^2$
- Korrelation (Maß für die Grauwertabhängigkeiten):
  $\texttt{Correlation} = \frac{\sum_{i,j=0}^{width} (i-u_x)(j-u_y)c_{ij}}{s_x s_y}$
- Lokale Homogenität:
  $\texttt{Homogeneity} = \sum_{i,j=0}^{width} \frac{1}{1+(i-j)^2} c_{ij}$
- Kontrast (Maß für die Größe der Intensitätsunterschiede):
  $\texttt{Contrast} = \sum_{i,j=0}^{width} (i-j)^2 c_{ij}$

wobei

$width$ = Breite von CoocMatrix,

c_{ij} Eintrag der Co-Occurrence-Matrix,

$u_x = \sum_{i,j=0}^{width} i * c_{ij}$,

$u_y = \sum_{i,j=0}^{width} j * c_{ij}$,

$s_x^2 = \sum_{i,j=0}^{width} (i-u_x)^2 * c_{ij}$,

$s_y^2 = \sum_{i,j=0}^{width} (i-u_y)^2 * c_{ij}$.

Achtung

Die Region des Eingabebildes wird nicht beachtet.

Parameter

▷ **CoocMatrix** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* real
Co-Occurrence-Matrix.

▷ **Energy** (output_control) ..... real ⇝ *real*
Homogenität der Grauwerte.

▷ **Correlation** (output_control) ..... real ⇝ *real*
Korrelation der Grauwerte.

▷ **Homogeneity** (output_control) ..... real ⇝ *real*
Lokale Homogenität der Grauwerte.

▷ **Contrast** (output_control) ..... real ⇝ *real*
Kontrast der Grauwerte.

Ergebnis

cooc_feature_matrix liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls ein Bild mit definierten Grauwerten eingegeben wird und die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder) wird mit set_system(::'no_object_result',<Result>:) festgelegt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

gen_cooc_matrix

Alternativen

cooc_feature_image

Siehe auch

intensity, min_max_gray, entropy_gray, select_gray

Modul

Foundation

elliptic_axis_gray (Regions, Image : : : Ra, Rb, Phi)

Berechnung der Orientierung und der Hauptachsen von Regionen in Grauwertbildern.

elliptic_axis_gray berechnet die Hauptachsen Ra und Rb und die Orientierung Phi der Ellipse, die die „gleiche Orientierung“ und das “gleiche Seitenverhältnis“ wie die Eingaberegion in Regions haben. Dabei werden die aus dem Bild Image abgeleiteten Grauwertmomente verwendet. Es können auch mehrere Eingaberegionen als Tupel in Regions übergeben werden. Es wird die Länge der großen Halbachse Ra und der kleinen Halbachse Rb sowie die Orientierung der großen Halbachse bezüglich der x-Achse (Phi) bestimmt. Der Winkel wird dabei im Bogenmaß angegeben. Die Berechnung erfolgt dabei analog zu elliptic_axis, nur dass hier Grauwertmomente verwendet werden. Zur Definition der Grauwertmomente siehe area_center_gray.

In dem Fall, dass das Grauwertvolumen der Ellipse Null ist, sind die Ellipsenparameter Ra, Rb und Phi ebenfalls Null.

Achtung

Der Operator elliptic_axis_gray berücksichtigt nur die mittels Regions übergebenen Regionen und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild Image festgelegt wurde.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Region(en).
- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
  Grauwertdaten.
- ▷ **Ra** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Große Halbachse der Region.
- ▷ **Rb** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Kleine Halbachse der Region.
- ▷ **Phi** (output_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Winkel zwischen der großen Halbachse und der x-Achse.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert elliptic_axis_gray den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Nachfolger

gen_ellipse

Alternativen

elliptic_axis

Siehe auch

area_center_gray

Modul

Foundation

entropy_gray (Regions, Image : : : Entropy, Anisotropy)

Bestimmung der Entropie und der Anisotropie von Bildern.

entropy_gray erstellt das Histogramm der relativen Häufigkeiten der Grauwerte im Eingabebild und errechnet daraus nach folgenden Formeln im Eingabebild und errechnet daraus für jede Region aus Regions nach folgenden Formeln die Entropie und den Anisotropiekoeffizienten:

Entropie:

$$Entropy = -\sum_{0}^{255} rel[i] * \log_2(rel[i])$$

Anisotropiekoeffizient:

$$Anisotropy = \frac{\sum_{0}^{k} rel[i] * \log_2(rel[i])}{Entropy}$$

wobei:

$rel[i]$ = Histogramm der relativen Grauwerthäufigkeiten
i = Grauwert des Eingabebildes $(0 \ldots 255)$
k = Kleinstmöglicher Grauwert mit $\sum_{0}^{k} rel[i] \geq 0.5$

Achtung

Der Operator entropy_gray berücksichtigt nur die mittels Regions übergebenen Regionen und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild Image festgelegt wurde.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, in denen die Merkmale bestimmt werden sollen.
- ▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte
  Grauwertdaten.
- ▷ **Entropy** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Informationsgehalt (Entropie) der Grauwerte.
  Zusicherung: 0 <= Entropy && Entropy <= 8
- ▷ **Anisotropy** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Bewertung der Symmetrie der Grauwertverteilung.

Komplexität

Sei F die Fläche der Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität $O(F + 255)$.

Ergebnis

entropy_gray liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls ein Bild mit definierten Grauwerten eingegeben wird und die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder) wird mit set_system(::'no_object_result',<Result>:), das bei leerer Region mit set_system(::'empty_region_result',<Result>:) festgelegt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Alternativen

`select_gray`

Siehe auch

`entropy_image`, `gray_histo`, `gray_histo_abs`, `fuzzy_entropy`, `fuzzy_perimeter`

Modul

Foundation

estimate_noise (Image : : Method, Percent : Sigma)

Schätzung des Bildrauschens aus einem Bild.

Der Operator `estimate_noise` schätzt die Standardabweichung von additivem Rauschen innerhalb des Definitionsbereiches des in `Image` übergebenen Bildes.

Die folgenden vier Methoden zur Schätzung des Rauschens stehen zur Verfügung:

- *'foerstner'*: Falls für `Method` *'foerstner'* gewählt wird, wird zunächst für jedes Pixel ein Homogenitätsmaß basierend auf den ersten Ableitungen der Grauwerte von `Image` berechnet. Durch Anwendung eines Schwellenwertes auf das Homogenitätsmaß erhält man die homogenen Bildbereiche. Der Schwellenwert wird aus einem Näherungswert für das Bildrauschen gewonnen. Als Näherungswert dient der mit Hilfe der Methode *'immerkaer'* (siehe unten) ermittelte Wert. Die Rauschschätzung basiert auf der Annahme, dass die Grauwertschwankungen innerhalb der homogenen Bildbereiche ausschließlich auf das Bildrauschen zurückzuführen sind. Außerdem wird angenommen, dass das Bildrauschen Gaußverteilt ist. Das über die homogenen Bereiche gemittelte Homogenitätsmaß wird dazu genutzt, eine verbesserte Schätzung für das Bildrauschen zu erhalten. Aus der verbesserten Schätzung kann schließlich ein neuer Schwellenwert für das Homogenitätsmaß abgeleitet werden. Der bisher beschriebene Vorgang wird solange wiederholt, bis die verbesserte Schätzung genügend genau ermittelt worden ist. Letztendlich wird die Standardabweichung des geschätzten Bildrauschens in `Sigma` zurückgeliefert.

  Es ist zu beachten, dass die Iteration in einigen Fällen fälschlicherweise gegen den Wert *0* konvergiert. Dies kann z.B. dann auftreten, wenn Lücken im Grauwerthistogramm des Eingabebildes vorhanden sind. Lücken im Grauwerthistogramm können sowohl durch eine automatische radiometrische Skalierung innerhalb der Kamera oder des Framegrabbers verursacht werden als auch durch eine manuelle Spreizung der Grauwerte im Bild mit einem Skalierungsfaktor > 1.

  Das mit dieser Methode ermittelte Ergebnis ist unabhängig von dem in `Percent` übergebenen Wert.
- *'immerkaer'*: Bei der Methode *'immerkaer'* wird zunächst folgende Filtermaske auf das Eingabebild angewendet:

$$M = \begin{vmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{vmatrix} .$$

  Der Vorteil dieser Methode ist, dass M weitgehend unabhängig vom Bildinhalt ist und nur vom Bildrauschen beeinflusst wird. Geht man von einem Gaußverteilten Rauschen aus, so kann dessen Standardabweichung schließlich wie folgt ermittelt werden:

$$\texttt{Sigma} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{6N} \sum_{\texttt{Image}} |\texttt{Image} * M| ,$$

  Dabei beschreibt N die Anzahl der Pixel, auf die M angewendet wurde.

  Das mit dieser Methode ermittelte Ergebnis ist unabhängig von dem in `Percent` übergebenen Wert.

- *'least_squares'*: Falls für `Method` *'least_squares'* gewählt wird, werden die Grauwertschwankungen relativ zu einer lokal geschätzten Grauwertebene genutzt, um das Bildrauschen zu ermitteln. Dafür wird zunächst ein Homogenitätsmaß basierend auf den ersten Ableitungen der Grauwerte von `Image` berechnet. Homogene Bildbereiche werden ermittelt, indem die `Percent` Prozent homogensten Pixel, d.h. Pixel mit kleiner erster Ableitung, im Definitionsbereich des Eingabebildes ausgewählt werden. Für jedes ausgewählte Pixel wird eine Ebene an die Grauwerte innerhalb einer 3×3-Umgebung angepasst. Die Differenzen zwischen dieser Ebene und den Grauwerten in der 3×3-Umgebung dienen dazu, die Standardabweichung des Rauschens zu ermitteln. Schließlich wird die über alle homogenen Pixel gemittelte Standardabweichung in `Sigma` zurückgegeben.
- *'mean'*: Falls für `Method` *'mean'* gewählt wird, basiert die Ermittlung des Bildrauschens auf der Differenz zwischen dem Eingabebild und einer rauschfreien Version des Eingabebildes. Dafür wird zunächst ein Homogenitätsmaß basierend auf den ersten Ableitungen der Grauwerte von `Image` berechnet. Homogene Bildbereiche werden ermittelt, indem die `Percent` Prozent homogensten Pixel, d.h. Pixel mit kleiner erster Ableitung, im Definitionsbereich des Eingabebildes ausgewählt werden. Die anschließende Anwendung eines Mittelwertfilters auf die homogenen Bildregionen dient der Eliminierung des Bildrauschens. Es wird angenommen, dass die Differenz zwischen dem Eingabebild und dessen rauschfreier Version das zu ermittelnde Rauschen enthält. Schließlich wird die Standardabweichung der Differenzen in `Sigma` zurückgegeben. Bei der Anwendung dieses Verfahrens ist darauf zu achten, dass eine zuverlässige Ermittlung des Bildrauschens große zusammenhängende homogene Bildregionen voraussetzt.

Es gilt zu beachten, dass die Methoden *'foerstner'* und *'immerkaer'* von einem Gaußverteilten Bildrauschen ausgehen, während die Methoden *'least_squares'* und *'mean'* auch auf Bilder mit beliebig verteiltem Rauschen angewendet werden können. Allgemein gilt, dass die Methode *'foerstner'* die genauesten Ergebnisse liefert, während die Methode *'immerkaer'* die kürzeste Berechnungszeit aufweist.

Sollte das Bildrauschen nicht zuverlässig geschätzt werden können, wird der Fehler 3175 zurückgegeben. Dies tritt insbesondere dann auf, wenn das Eingabebild nicht genügend homogene Regionen beinhaltet, das Eingabebild künstlich erzeugt wurde oder das Rauschen nicht Gaußverteilt ist. Um diesen Fehler zu vermeiden, kann es in manchen Fällen sinnvoll sein, in Abhängigkeit der verwendeten Methode `Method`, eine der folgenden Änderungen vorzunehmen:

- Vergrößern des Definitionsbereiches des Eingabebildes (bei allen Methoden anwendbar).
- Erhöhen des Wertes für den Parameter `Percent` (bei den Methoden *'least_squares'* und *'mean'* anwendbar).
- Verwenden der Methode *'immerkaer'* anstatt der Methoden *'foerstner'*, *'least_squares'*, oder *'mean'*. Die Methode *'immerkaer'* ist nicht auf das Vorhandensein homogener Bildregionen angewiesen und ist somit in fast allen Fällen anwendbar.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild.

▷ **`Method`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Methode zur Schätzung des Bildrauschens.
Default: 'foerstner'
Werteliste: `Method` ∈ {'foerstner', 'immerkaer', 'least_squares', 'mean'}

▷ **`Percent`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Prozentsatz der verwendeten Bildpunkte.
Default: 20
Wertevorschläge: `Percent` ∈ {1, 2, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 40, 50}
Restriktion: 0 < Percent && Percent <= 50.

▷ **`Sigma`** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Standardabweichung des Bildrauschens.
Zusicherung: Sigma >= 0

Beispiel

```
read_image (Image, 'combine')
estimate_noise (ImageNoise, 'foerstner', 20, SigmaFoerstner)
estimate_noise (ImageNoise, 'immerkaer', 20, SigmaImmerkaer)
estimate_noise (ImageNoise, 'least_squares', 20, SigmaLeastSquares)
estimate_noise (ImageNoise, 'mean', 20, SigmaMean)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `estimate_noise` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Konnte das Rauschen nicht zuverlässig geschätzt werden, wird die Fehlermeldung 3175 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`grab_image`, `grab_image_async`, `read_image`, `reduce_domain`

Nachfolger

`binomial_filter`, `gauss_filter`, `mean_image`, `smooth_image`

Alternativen

`noise_distribution_mean`, `intensity`, `min_max_gray`

Siehe auch

`gauss_distribution`, `add_noise_distribution`

Literatur

W. Förstner: „Image Preprocessing for Feature Extraction in Digital Intensity, Color and Range Images„, Springer Lecture Notes on Earth Sciences, Summer School on Data Analysis and the Statistical Foundations of Geomatics, 1999

J. Immerkaer: „Fast Noise Variance Estimation„, Computer Vision and Image Understanding, Vol. 64, No. 2, pp. 300-302, 1996

Modul

Foundation

fit_surface_first_order (Regions, Image : : Algorithm, Iterations, ClippingFactor : Alpha, Beta, Gamma)

Berechnung der Grauwertmomente und der Approximation durch eine Fläche erster Ordnung (Ebene).

`fit_surface_first_order` berechnet die Grauwertmomente und die Approximation der Grauwerte durch eine Fläche erster Ordnung. Dazu wird der Abstand zwischen der Fläche und den Grauwerten minimiert. Eine Fläche erster Ordnung wird durch folgende Gleichung beschrieben:

$$\begin{aligned} \texttt{Image}(r,c) &= \texttt{Alpha}(r - r_{center}) \\ &+ \texttt{Beta}(c - c_{center}) \\ &+ \texttt{Gamma} \end{aligned}$$

r_{center} und c_{center} sind die Koordinaten des Schwerpunkts des Schnitts der Eingaberegion mit dem vollen Definitionsbereich des Bildes. Bei der Minimierung des Abstands werden die Parameter `Alpha` bis `Gamma` berechnet.

Das gewünschte Approximationsverfahren wird über den Parameter `Algorithm` ausgewählt:

'regression' Standard 'least squares' Anpassung.

'huber' Gewichtete *least squares* Anpassung, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Huber gedämpft werden.

'tukey' Gewichtete *least squares* Anpassung, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Tukey ignoriert werden.

Der Parameter `ClippingFactor` (ein Skalierungsfaktor für diese Standardabweichung) steuert in diesen Modi den Grad der Ausreißerdämpfung: Je kleiner der Wert gewählt wird, desto stärker ist die Dämpfung. Die Ausreißerdetektion wird iteriert. Der Parameter `Iterations` enthält die Anzahl durchzuführender Iterationen. Ist *'regression'* als `Algorithm` gesetzt wird `Iterations` ignoriert.

Achtung

Der Operator `fit_surface_first_order` berücksichtigt nur die mittels `Regions` übergebenen Regionen und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild `Image` festgelegt wurde.

Parameter

- ▷ **`Regions`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / direction / cyclic / real
  Zugehörige Grauwerte.
- ▷ **`Algorithm`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Algorithmus Anpassung.
  Default: 'regression'
  Werteliste: `Algorithm` ∈ {'regression', 'huber', 'tukey'}
- ▷ **`Iterations`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Maximale Anzahl von Iterationen (unbenutzt bei 'regression').
  Default: 5
  Restriktion: Iterations >= 0
- ▷ **`ClippingFactor`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Clipping Faktor für die Ausreißerdämpfung.
  Default: 2.0
  Werteliste: `ClippingFactor` ∈ {1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0}
  Restriktion: ClippingFactor > 0
- ▷ **`Alpha`** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Parameter Alpha der Fläche.
- ▷ **`Beta`** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Parameter Beta der Fläche.
- ▷ **`Gamma`** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Parameter Gamma der Fläche.

Ergebnis

`fit_surface_first_order` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls ein Bild mit definierten Grauwerten (byte) eingegeben wird und die Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

`gen_image_surface_first_order`

Siehe auch

`moments_gray_plane`, `fit_surface_second_order`

Modul

Foundation

`fit_surface_second_order` `( Regions, Image : : Algorithm, Iterations, ClippingFactor : Alpha, Beta, Gamma, Delta, Epsilon, Zeta )`

Berechnung der Grauwertmomente und der Approximation durch eine Fläche zweiter Ordnung.

`fit_surface_second_order` berechnet die Grauwertmomente und die Approximation der Grauwerte durch eine Fläche zweiter Ordnung. Dazu wird der Abstand zwischen der Fläche und den Grauwerten minimiert. Eine Fläche zweiter Ordnung wird durch folgende Gleichung beschrieben:

$$\begin{aligned} \texttt{Image}(r,c) &= \texttt{Alpha}(r-r_{center})^2 \\ &+ \texttt{Beta}(c-c_{center})^2 \\ &+ \texttt{Gamma}(r-r_{center})*(c-c_{center}) \\ &+ \texttt{Delta}(r-r_{center}) \\ &+ \texttt{Epsilon}(c-c_{center}) \\ &+ \texttt{Zeta} \end{aligned}$$

r_{center} und c_{center} sind die Koordinaten des Schwerpunkts des Schnitts der Eingaberegion mit dem vollen Definitionsbereich des Bildes. Bei der Minimierung des Abstands werden die Parameter `Alpha` bis `Zeta` berechnet.

Das gewünschte Approximationsverfahren wird über den Parameter `Algorithm` ausgewählt:

'regression' Standard 'least squares' Anpassung.

'huber' Gewichtete *least squares* Geradenanpassung, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Huber gedämpft werden.

'tukey' Gewichtete *least squares* Geradenanpassung, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Tukey ignoriert werden.

Der Parameter `ClippingFactor` (ein Skalierungsfaktor für diese Standardabweichung) steuert in diesen Modi den Grad der Ausreißerdämpfung: Je kleiner der Wert gewählt wird, desto stärker ist die Dämpfung. Die Ausreißerdetektion wird iteriert. Der Parameter `Iterations` enthält die Anzahl durchzuführender Iterationen. Ist *'regression'* als `Algorithm` gesetzt wird `Iterations` ignoriert.

Achtung

Der Operator `fit_surface_second_order` berücksichtigt nur die mittels `Regions` übergebenen Regionen und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild `Image` festgelegt wurde.

Parameter

▷ **`Regions`** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Regionen.

▷ **`Image`** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / direction / cyclic / real
Zugehörige Grauwerte.

▷ **`Algorithm`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Algorithmus Anpassung.
Default: 'regression'
Werteliste: `Algorithm` ∈ {'regression', 'tukey', 'huber'}

▷ **`Iterations`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Maximale Anzahl von Iterationen (unbenutzt bei 'regression').
Default: 5
Restriktion: Iterations >= 0

▷ **`ClippingFactor`** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Clipping Faktor für die Ausreißerdämpfung.
Default: 2.0
Werteliste: `ClippingFactor` ∈ {1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0}
Restriktion: ClippingFactor > 0

▷ **`Alpha`** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Parameter Alpha der Fläche.

▷ **`Beta`** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Parameter Beta der Fläche.

▷ **`Gamma`** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Parameter Gamma der Fläche.

▷ **`Delta`** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Parameter Delta der Fläche.

▷ **Epsilon** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Parameter Epsilon der Fläche.

▷ **Zeta** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Parameter Zeta der Fläche.

Ergebnis

`fit_surface_second_order` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls ein Bild mit definierten Grauwerten (byte) eingegeben wird und die Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

`gen_image_surface_second_order`

Siehe auch

`moments_gray_plane`, `fit_surface_first_order`

Modul

Foundation

`fuzzy_entropy ( Regions, Image : : Apar, Cpar : Entropy )`

Fuzzy-Entropie von Regionen.

`fuzzy_entropy` berechnet die Entropy einer Fuzzy Menge. Hierbei wird das Bild als eine Fuzzy Menge betrachtet. Die Entropy bewertet, wie gut das Bild ein schwarzes bzw. weißes Bild annähert. Sie wird durch folgende Gleichung definiert:

$$H(X) \quad = \quad \frac{1}{MNln2} \sum_l T_e(l) h(l)$$

wobei $M \times N$ die Dimension des Bildes und $h(l)$ das Histogramm des Bildes ist. Außerdem

$$T_e(l) \quad = \quad -\mu(l) \ln \mu(l) - (1 - \mu(l)) \ln(1 - \mu(l))$$

Hier ist $u(x(m, n))$ eine Zugehörigkeitsfunktion (siehe `fuzzy_perimeter`), die die Fuzzy-Menge definiert. Dabei gelten für die Parameter die gleiche Bedingungen wie in `fuzzy_perimeter`.

Achtung

`fuzzy_entropy` erwartet, dass die Region `Regions` vollständig innerhalb der angegebenen Domäne liegt. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Parameter

▷ **Regions** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Regionen in den das Merkmal bestimmt werden soll.

▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte
Bild für die Grauwerte (Fuzzy-Zugehörigkeitswerte).

▷ **Apar** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anfang der Fuzzyfunktion
Default: 0
Wertevorschläge: `Apar` ∈ {0, 5, 10, 20, 50, 100}
Wertebereich: 0 ≤ `Apar` ≤ 255 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 5

▷ **Cpar** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Ende der Fuzzyfunktion.
Default: 255
Wertevorschläge: Cpar ∈ {50, 100, 150, 200, 220, 255}
Wertebereich: 0 ≤ Cpar ≤ 255 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 5
Restriktion: Apar <= Cpar

▷ **Entropy** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Fuzzy Entropy einer Region.

Beispiel

```
* To find a Fuzzy Entropy from an Image
read_image(Image,'monkey')
fuzzy_entropy(Trans,Trans,0,255,Entro)
```

Ergebnis

fuzzy_entropy liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Siehe auch

fuzzy_perimeter

Literatur

M.K. Kundu, S.K. Pal: „Automatic selection of object enhancement operator with quantitative justification based on fuzzy set theoretic measures“; Pattern Recognition Letters 11; 1990; pp. 811-829.

Modul

Foundation

fuzzy_perimeter (Regions, Image : : Apar, Cpar : Perimeter)

Fuzzy-Umfang einer Region.

Mit Hilfe des Merkmals fuzzy_perimeter werden die Unterschiede in der Zugehörigkeitswerte zwischen einem Bildpunkt und seinem Nachbarbildpunkt gemessen. Dabei wird der rechte und der untere Nachbar berücksichtigt. Der Umfang ist wie folgt definiert:

$$p(X) = \sum_{m=1}^{M-1}\sum_{n=1}^{N-1} |\mu_X(x_{m,n}) - \mu_X(x_{m,n+1})| + \sum_{m=1}^{M-1}\sum_{n=1}^{N-1} |\mu_X(x_{m,n}) - \mu_X(x_{m+1,n})|$$

wobei $M \times N$ die Dimension des Bildes ist und $u(x(m,n))$ die Zugehörigkeitsfunktion. Bei dieser Implementation wurde die Standard-S Funktion nach Zadeh verwendet und wird wie folgt definiert:

$$\mu_X(x) = \begin{cases} 0, & x \le a \\ 2\left(\frac{x-a}{c-a}\right)^2, & a < x \le b \\ 1 - 2\left(\frac{x-a}{c-a}\right)^2, & b < x \le c \\ 1, & c \le x \end{cases}$$

Für die Parameter a, b und c gelten nachstehende Bedingungen: $b = \frac{a+c}{2}$ ist der Wendepunkt der Funktion, $\Delta b = b - a = c - b$ ist die Bandbreite, für $x = b$ gilt $\mu(x) = 0.5$. In `fuzzy_perimeter` sind die Parameter `Apar` und `Cpar` folgendermaßen definiert: b ist $\frac{\texttt{Apar}+\texttt{Cpar}}{2}$.

Achtung

`fuzzy_perimeter` erwartet, dass die Regionen `Regions` vollständig innerhalb der angegebenen Domäne liegen. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Parameter

- ▷ **`Regions`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen in den das Merkmal bestimmt werden soll.
- ▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object : byte*
  Bild für die Grauwerte (Fuzzy-Zugehörigkeitswerte).
- ▷ **`Apar`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anfang der Fuzzyfunktion
  Default: 0
  Wertevorschläge: `Apar` ∈ {0, 5, 10, 20, 50, 100}
  Wertebereich: 0 ≤ `Apar` ≤ 255 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 5
- ▷ **`Cpar`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Ende der Fuzzyfunktion.
  Default: 255
  Wertevorschläge: `Cpar` ∈ {50, 100, 150, 200, 220, 255}
  Wertebereich: 0 ≤ `Cpar` ≤ 255 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 5
  Restriktion: Apar <= Cpar
- ▷ **`Perimeter`** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Fuzzy-Umfang einer Region.

Beispiel

```
* To find a Fuzzy Entropy from an Image
read_image(Image,'monkey')
fuzzy_perimeter(Trans,Trans,0,255,Per)
```

Ergebnis

`fuzzy_perimeter` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Siehe auch

`fuzzy_entropy`

Literatur

M.K. Kundu, S.K. Pal: „Automatic selection of object enhancement operator with quantitative justification based on fuzzy set theoretic measures“; Pattern Recognition Letters 11; 1990; pp. 811-829.

Modul

Foundation

`gen_cooc_matrix` (Regions, Image : Matrix : LdGray, Direction :)

Berechnung der Co-Occurrence-Matrix einer Region in einem Bild.

gen_cooc_matrix ermittelt aus den Eingaberegionen, wie oft die Grauwerte i und j in einer bestimmten Richtung (*0*, *45*, *90*, *135* Grad) nebeneinander liegen, speichert diese Zahl in der Co-Occurrence-Matrix an den Stellen (i, j) und (j, i) ab (die Matrix ist also symmetrisch) und normiert am Schluss die Matrix mit der Zahl der Einträge. LdGray git die Anzahl der zu unterscheidenden Grauwerte (nämlich $2^{\texttt{LdGray}}$) an.

Beispiel: Eingabebild mit Grauwerten (normiert mit LdGray=2):

0	0	3
1	1	2
1	2	3

Co-Occurrence-Matrizen (nicht normiert):

0:

2	0	0	1
0	2	2	0
0	2	0	1
1	0	1	0

135:

0	1	1	0
1	0	1	1
1	1	0	0
0	1	0	0

90:

0	2	0	0
2	2	1	0
0	1	0	2
0	0	2	0

45:

0	1	0	0
1	2	0	1
0	0	2	0
0	1	0	0

Achtung

Der Operator gen_cooc_matrix berücksichtigt nur die mittels Regions übergebenen Regionen und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild Image festgelegt wurde.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte
  Bild das die Grauwerte liefert.
- ▷ **Matrix** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* real
  Co-Occurrence-Matrix (Matrizen).
- ▷ **LdGray** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Anzahl der zu unterscheidenden Grauwerte ($2^{\texttt{LdGray}}$).
  Default: 6
  Werteliste: LdGray ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **Direction** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Richtung der Nachbarschaftsbeziehung.
  Default: 0
  Werteliste: Direction ∈ {0, 45, 90, 135}

Ergebnis

gen_cooc_matrix liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls ein Bild mit definierten Grauwerten eingegeben wird und die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Bilder) wird mit set_system(::'no_object_result',<Result>:), das bei leerer Region mit set_system(::'empty_region_result',<Result>:) festgelegt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

draw_region, gen_circle, gen_ellipse, gen_rectangle1, gen_rectangle2, threshold, erosion_circle, binomial_filter, gauss_filter, smooth_image, sub_image

Alternativen

cooc_feature_image

Siehe auch

cooc_feature_matrix

Modul

Foundation

gray_features (Regions, Image : : Features : Value)

Berechnet Grauwertmerkmale von Regionen .

gray_features hat als Eingabe mehrere Regionen (Regions). Für jede dieser Regionen werden die Merkmale (Features) berechnet und in Value zurückgegeben.

Mögliche Werte für Features:

- *'area'*: Volumen des Grauwertgebirges (vgl. area_center_gray)
- *'row'*: Zeilenindex des Schwerpunkts des Grauwertgebirges (vgl. area_center_gray)
- *'column'*: Spaltenindex des Schwerpunkts des Grauwertgebirges (vgl. area_center_gray)
- *'ra'*: Hauptradius der äquivalenten Ellipse (vgl. elliptic_axis_gray)
- *'rb'*: Nebenradius der äquivalenten Ellipse (vgl. elliptic_axis_gray)
- *'phi'*: Hauptradius der äquivalenten Ellipse (vgl. elliptic_axis_gray)
- *'min'*: Minimaler Grauwert (vgl. min_max_gray)
- *'max'*: Maximaler Grauwert (vgl. min_max_gray)
- *'median'*: Zentraler Grauwert (vgl. min_max_gray, mit Percent=*50*)
- *'mean'*: Mittlerer Grauwert (vgl. intensity)
- *'deviation'*: Standardabweichung der Grauwerte (vgl. intensity)
- *'plane_deviation'*: Standardabweichung von der approximierten Grauwertebene (vgl. plane_deviation)
- *'anisotropy'*: Anisotropie (vgl. entropy_gray)
- *'entropy'*: Entropie (vgl. entropy_gray)
- *'fuzzy_entropy'*: Fuzzy-Entropie der Region (vgl. fuzzy_entropy, mit einer Fuzzyfunktion von Apar=*0* bis Cpar=*255*)
- *'fuzzy_perimeter'*: Fuzzy-Umfang der Region (vgl. fuzzy_perimeter, mit einer Fuzzyfunktion von Apar=*0* bis Cpar=*255*)
- *'moments_row'*: Gemischte Grauwertmomente der Zeile (vgl. moments_gray_plane)
- *'moments_column'*: Gemischte Grauwertmomente der Spalte (vgl. moments_gray_plane)
- *'alpha'*: Ebenengleichung, Parameter Alpha (vgl. moments_gray_plane)
- *'beta'*: Ebenengleichung, Parameter Beta (vgl. moments_gray_plane)

Achtung

Einige der Features werden in der Reihenfolge abgearbeitet, in der sie angegeben wurden. Der Operator gray_features berücksichtigt nur die mittels Regions übergebenen Regionen und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild Image festgelegt wurde.

Parameter

▷ **Regions** (input_object) . . . . . region-array ⇝ *object*
Zu untersuchende Regionen.

▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Grauwertdaten.

▷ **Features** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Namen der Merkmale.
Default: 'mean'
Werteliste: Features ∈ {'area', 'row', 'column', 'ra', 'rb', 'phi', 'min', 'max', 'median', 'mean', 'deviation', 'plane_deviation', 'anisotropy', 'entropy', 'fuzzy_entropy', 'fuzzy_perimeter', 'moments_row', 'moments_column', 'alpha', 'beta'}

▷ **Value** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Werte der Merkmale.

Komplexität

Sei F die Fläche der Region und N die Anzahl der Merkmale, dann beträgt die Laufzeitkomplexität $O(F * N)$.

Ergebnis

`gray_features` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Eingabebild definierte Grauwerten besitzt und die Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`connection`, `mean_image`, `entropy_image`, `sobel_amp`, `median_separate`

Nachfolger

`select_gray`, `shape_trans`, `reduce_domain`, `count_obj`

Siehe auch

`select_gray`, `deviation_image`, `entropy_gray`, `intensity`, `mean_image`, `min_max_gray`, `select_obj`

Modul

Foundation

gray_histo (Region, Image : : : AbsoluteHisto, RelativeHisto)

Verteilung der Grauwerte.

`gray_histo` berechnet für das übergebene Bild (`Image`) innerhalb von `Region` das absolute (`AbsoluteHisto`) und relative (`RelativeHisto`) Histogramm der Grauwerte.

Beide Histogramme sind Tupel von 256 Werten, die (beginnend mit 0) die Häufigkeiten der einzelnen Grauwerte im Bild enthalten.

`AbsoluteHisto` gibt dabei die absoluten Häufigkeiten der Grauwerte durch ganze Zahlen an, `RelativeHisto` die relativen, d.h. die absoluten Häufigkeiten dividiert durch die Fläche des Bildes, als Gleitpunktzahlen.

'real'- *'int2'*-, *'uint2'*- und *'int4'*-Bilder werden in *'byte'*-Bilder umgewandelt (zuerst wird der größte und der kleinste Grauwert im Bild bestimmt und anschließend werden die Originalgrauwerte linear in den Bereich 0..255 abgebildet) und dann wie oben verarbeitet.

Achtung

Der Operator `gray_histo` berücksichtigt nur die mittels `Region` übergebenen Regionen und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild `Image` festgelegt wurde.

real-, int2, uint2 und int4-Bilder werden auf 256 Grauwerte reduziert.

Für byte-, int1-, direction- und cyclic-Bilder kann `gray_histo` auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden, sofern das Gerät die in OpenCL 1.0 optionalen Erweiterungen cl_khr_local_int32_base_atomics und cl_khr_global_int32_base_atomics unterstützt. Im Gegensatz zu den meisten anderen HALCON Operatoren kann `gray_histo` auf OpenCL-Geräten deutlich langsamer laufen, wenn das Bild `Image` sich nicht komplett innerhalb der Regionen `Region` befindet.

In HALCON XL ist keine Ausführung mit OpenCL möglich, da atomare 64-Bit-Festkommaarithmetik erforderlich wäre.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region ⇝ *object*
Region, in der das Histogramm berechnet werden soll.

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / cyclic / direction / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Bild, dessen Grauwertverteilung berechnet werden soll.

▷ **AbsoluteHisto** (output_control) ..... histogram-array ⇝ *integer*
Absolute Häufigkeiten der Grauwerte.

▷ **RelativeHisto** (output_control) ..... histogram-array ⇝ *real*
Häufigkeiten, normiert auf die Fläche der Region.

Komplexität

Sei F die Fläche der Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität $O(F + 255)$.

Ergebnis

`gray_histo` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Bild definierte Grauwerte hat und die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder) wird mit `set_system(::'no_object_result',<Result>:)`, das bei leerer Region mit `set_system(::'empty_region_result',<Result>:)` festgelegt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

`histo_to_thresh`, `gen_region_histo`

Alternativen

`min_max_gray`, `intensity`, `gray_histo_abs`, `gray_histo_range`

Siehe auch

`set_paint`, `histo_2dim`, `scale_image_max`, `entropy_gray`

Modul

Foundation

gray_histo_abs (Region, Image : : Quantization : AbsoluteHisto)

Verteilung der Grauwerte.

`gray_histo_abs` berechnet für das übergebene Bild (`Image`) innerhalb von `Region` das absolute (`AbsoluteHisto`)) Histogramm der Grauwerte.

Der Parameter `Quantization` bestimmt die Granularität des Histogramms und gibt an, wie viele Häufigkeitswerte von benachbarte Grauwerten zu einem Häufigkeitswert zusammengefasst werden. Das resultierende Histogramm `AbsoluteHisto` ist ein Tupel, dessen Indizes sich auf die Grauwerte des Eingabebildes `Image` abbilden und dessen Elemente die Grauwerthäufigkeiten enthalten. Die Indizes i der Häufigkeitswerte berechnen sich aus den Grauwerten g und der Quantisierung q daher durch

- Für vorzeichenlose Bildtypen:

$$i = \left\lceil \frac{g + 0.5}{q} \right\rceil$$

- Für vorzeichenbehaftete Bildtypen:

$$i = \left\lceil \frac{g - (MIN - 0.5)}{q} \right\rceil$$

wobei MIN den minimalen Grauwert bezeichnet, beispielsweise -128 für den *int1* Bildtyp. Die Größe des Tupels ergibt sich folglich aus dem Verhältnis vom Grauwertebereich und der Quantelung, für *int2* Bilder und der Quantelung 3.0 beispielsweise zu $\lceil \frac{65536}{3.0} \rceil = 21846$. Der Null-Grauwert wird bei den vorzeichenbehafteten Bildtypen *int1 b.z.w. int2* auf den Index 128 b.z.w. 32768 abgebildet, negative b.z.w. positive Grauwerte haben entsprechend kleinere b.z.w. größere Indizes.

Achtung

Der Operator gray_histo_abs berücksichtigt nur die mittels Region übergebenen Regionen und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild Image festgelegt wurde.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) . . . . . region ⇝ *object*
  Region, in der das Histogramm berechnet werden soll.
- ▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object* : byte / cyclic / direction / int1 / int2 / uint2
  Bild, dessen Grauwertverteilung berechnet werden soll.
- ▷ **Quantization** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Quantelung der Grauwerte.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: Quantization ∈ {1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 10.0}
  Restriktion: Quantization >= 1.0
- ▷ **AbsoluteHisto** (output_control) . . . . . histogram-array ⇝ *integer*
  Absolute Häufigkeiten der Grauwerte.

Ergebnis

gray_histo_abs liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Bild definierte Grauwerte hat und die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder) wird mit set_system(::'no_object_result',<Result>:), das bei leerer Region mit set_system(::'empty_region_result',<Result>:) festgelegt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

histo_to_thresh, gen_region_histo

Alternativen

min_max_gray, intensity, gray_histo, gray_histo_range

Siehe auch

disp_image, histo_2dim, scale_image_max, entropy_gray

Modul

Foundation

gray_histo_range (Region, Image : : Min, Max, NumBins : Histo, BinSize)

Berechne die Grauwertverteilung eines einkanaligen Bildes innerhalb eines bestimmten Grauwertbereichs.

gray_histo_range erstellt die Grauwertverteilung Histo des einkanaligen Bildes Image innerhalb von Region und des Grauwertbereichs [Min, Max]. Die Werte für Min und Max werden abgerundet falls das Bild Image nicht vom Datentyp *'real'* ist. Der Grauwertbereich wird in NumBins gleichgroße Klassen aufgeteilt. Die Größe einer solchen Klasse wird in BinSize ausgegeben. Liegt ein Grauwert zwischen zwei Klassen wird er immer der kleineren Klasse zugeordnet. Bei einem Bild vom Datentyp *'real'* ist die Klassengröße $\texttt{BinSize} = \frac{\texttt{Max}-\texttt{Min}}{\texttt{NumBins}}$. Bei einem Bild mit diskreten Grauwerten wird die Klassengröße über $\texttt{BinSize} = \frac{\texttt{Max}-\texttt{Min}+1}{\texttt{NumBins}}$ berechnet. Die Erstellung des Grauwerthistogramms Histo über gray_histo_range eignet sich vor allem bei Bildern vom Typ *'real'* und bei Bildern vom Typ *'integer'* mit hoher Bittiefe da über NumBins die Genauigkeit des Histogramms Histo beliebig angepasst werden kann.

Achtung

Der Operator gray_histo_range berücksichtigt nur die mittels Region übergebenen Regionen und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild Image festgelegt wurde.

Bei einem Bild mit diskreten Grauwerten kann es in Abhängigkeit von BinSize zu den folgenden Effekten kommen: Für BinSize $>$ *1* werden mehrere benachbarte Grauwerte derselben Klasse zugeordnet. Ist BinSize dabei keine natürliche Zahl werden die Grauwerte ungleichmäßig auf die Klassen verteilt (Für BinSize $=$ *1.5* werden beispielsweise die ersten beiden Grauwerte der ersten Klasse, der dritte Grauwert der zweiten Klasse und der vierte und fünfte Grauwert der dritten Klasse zugeordnet). Dies macht sich durch einzelne Spitzen im Histogramm Histo bemerkbar. Gilt BinSize $<$ *1* werden je nach BinSize einigen Klassen keine Grauwerte zugeordnet (Für BinSize $=$ *0.5* wird beispielsweise der erste Grauwert der ersten Klasse und der zweite Grauwert der dritten Klasse zugeordnet). Das Histogramm Histo weist dann einige Lücken auf, was der Struktur eines Kamms ähnelt.

Bei einem Bild vom Datentyp *'real'* werden für Min $=$ Max alle Pixel des entsprechenden Grauwertes nur der ersten Klasse zugeordnet.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region ⇝ *object*
Region, in der das Histogramm berechnet werden soll.

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / cyclic / direction / int1 / uint2 / int2 / int4 / int8 / real
Eingabebild.

▷ **Min** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
Minimaler Grauwert.
Default: 0
Wertevorschläge: Min ∈ {0}

▷ **Max** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
Maximaler Grauwert.
Default: 255
Wertevorschläge: Max ∈ {255}
Restriktion: Max >= Min

▷ **NumBins** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl Klassen.
Default: 256
Wertevorschläge: NumBins ∈ {16, 32, 64, 128, 256}
Restriktion: NumBins >= 1

▷ **Histo** (output_control) ..... histogram(-array) ⇝ *integer*
Zu berechnendes Histogramm.

▷ **BinSize** (output_control) ..... real ⇝ *real*
Klassengröße.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gray_histo_range den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

min_max_gray

Nachfolger

create_funct_1d_array

Alternativen

gray_histo, gray_histo_abs

Siehe auch

histo_2dim, scale_image_max

Modul

Foundation

gray_projections (Region, Image : : Mode : HorProjection, VertProjection)

Horizontale und vertikale Grauwertprojektionen.

gray_projections berechnet die horizontalen und vertikalen Grauwertprojektionen, d.h. die Mittelwerte der Grauwerte des Eingabebildes Image in horizontaler und vertikaler Richtung innerhalb der Eingaberegion Region.

Falls Mode = *'simple'* gewählt wird, erfolgt die Projektion entlang der Koordinatenachsen des Bildes, d.h.:

$$\begin{aligned} \texttt{HorProjection}(r) &= \frac{1}{n(r+r')} \sum_{(r+r',c+c')\in\texttt{Region}} \texttt{Image}(r+r',c+c') \\ \texttt{VertProjection}(c) &= \frac{1}{n(c+c')} \sum_{(r+r',c+c')\in\texttt{Region}} \texttt{Image}(r+r',c+c') \end{aligned}$$

Hierbei ist (r', c') der linke obere Eckpunkt des kleinsten umschließenden achsenparallelen Rechtecks der Eingaberegion (siehe smallest_rectangle1) und $n(x)$ die Anzahl der Regionenpunkte in der entsprechenden Zeile $r+r'$ bzw. Spalte $c+c'$. Die horizontale Projektion liefert also eine eindimensionale Funktion, die den vertikalen Grauwertverlauf wiedergibt. Entsprechend liefert die vertikale Projektion eine Funktion, die den horizontalen Grauwertverlauf wiedergibt.

Falls Mode = *'rectangle'* gewählt wird, erfolgt die Projektion entlang der Hauptachsen des kleinsten umschließenden nicht-achsenparallelen Rechtecks der Eingaberegion (siehe smallest_rectangle2). Hierbei entspricht die horizontale Projektionsrichtung der Richtung der großen Hauptachse des Rechtecks, die vertikale Richtung die der kleinen Achse. In diesem Modus werden alle Grauwerte innerhalb des kleinsten umschließenden nicht-achsenparallelen Rechtecks der Eingaberegion zur Berechnung der Projektionen verwendet.

Achtung

Der Operator gray_projections berücksichtigt nur die mittels Region übergebene Region und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild Image festgelegt wurde.

Ist $n(x) = 0$, gibt es also keine Regionenpunkte in der entsprechenden Zeile $r+r'$ bzw. Spalte $c+c'$, so wird der entsprechende Wert von HorProjection bzw. VertProjection auf -1 gesetzt.

gray_projections kann für den *'simple'* Modus auf OpenCL Geräten ausgeführt werden, sofern das OpenCL-Gerät die cl_khr_global_int32_base_atomics Erweiterung unterstützt. Für Bilder vom Typ real muss das OpenCL-Gerät die Erweiterungen cl_khr_fp64 und cl_khr_int64_base_atomics unterstützen.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Zu untersuchende Region.
- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Grauwerte für die Messung.
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der Projektionsberechnung.
  Default: 'simple'
  Werteliste: Mode ∈ {'simple', 'rectangle'}
- ▷ **HorProjection** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Horizontale Projektion.
- ▷ **VertProjection** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Vertikale Projektion.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

1D Metrology

histo_2dim (Regions, ImageCol, ImageRow : Histo2Dim : :)

Histogramm von zweikanaligen Grauwertbildern.

histo_2dim berechnet das 2-dimensionale Histogramm von zwei Bildern innerhalb von Regions. Die Grauwerte von Kanal 1 (ImageCol) werden als Zeilenindex, diejenigen von Kanal 2 (ImageRow) als Spaltenindex interpretiert. Der Grauwert an einem Punkt $P(g1, g2)$ im Ergebnisbild Histo2Dim gibt die Häufigkeit der Grauwertkombination ($g1$,$g2$) an, wobei $g1$ den Zeilen- und $g2$ den Spaltenindex darstellt.

Achtung

Der Operator histo_2dim berücksichtigt nur die mittels Regions übergebenen Regionen und ignoriert jede Domäne, die zuvor für die Eingabebilder festgelegt wurde.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Region, in der das Histogramm berechnet werden soll.
- ▷ **ImageCol** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1
  Kanal 1.
- ▷ **ImageRow** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1
  Kanal 2.
- ▷ **Histo2Dim** (output_object) ..... image ⇝ *object :* int4
  Zu berechnendes Histogramm.

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
get_domain (Image, Domain)
gauss_filter (Image, ImageGauss, 7)
histo_2dim(Domain,ImageGauss, Image,Histo2Dim)
dev_display(Histo2Dim)
```

Komplexität

Sei F die Fläche der Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität $O(F + 256^2)$.

Ergebnis

histo_2dim liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die beiden Bilder definierte Grauwerte haben. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder) wird mit set_system(::'no_object_result',<Result>:), das bei leerer Region mit set_system(::'empty_region_result',<Result>:) festgelegt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

decompose3, decompose2, draw_region

Nachfolger

threshold, class_2dim_sup, pouring, local_max, gray_skeleton

Alternativen

gray_histo, gray_histo_abs

Siehe auch

get_grayval

Modul

Foundation

intensity (Regions, Image : : : Mean, Deviation)

Mittelwert und Abweichung der Grauwerte.

intensity berechnet den Mittelwert und die Abweichung der Grauwerte im Eingabebild innerhalb von Regions. Sei R eine Region, p ein Punkt aus R mit Grauwert $g(p)$ und F die Fläche ($F = |R|$), dann sind die Merkmale definiert durch:

$$\texttt{Mean} = \frac{\sum_{p \in R} g(p)}{F}$$

$$\texttt{Deviation} = \sqrt{\frac{\sum_{p \in R} (g(p) - \texttt{Mean})^2}{F}}$$

Achtung

Der Operator intensity berücksichtigt nur die mittels Regions übergebenen Regionen und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild Image festgelegt wurde. Es ist zu beachten, dass die Berechnung von Deviation nicht der üblichen Definition folgt. Sie ist hier so festgelegt, dass sie für ein Bild mit nur einem Pixel den Wert 0.0 liefert.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, deren Merkmale berechnet werden sollen.
- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
  Grauwertdaten.
- ▷ **Mean** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Mittlerer Grauwert einer Region.
- ▷ **Deviation** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Abweichung der Grauwerte innerhalb einer Region.

Komplexität

Sei F die Fläche der Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität $O(F)$.

Ergebnis

intensity liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder) wird mit set_system(::'no_object_result',<Result>:), das bei leerer Region mit set_system(::'empty_region_result',<Result>:) festgelegt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

threshold

Alternativen

select_gray, min_max_gray

Siehe auch

mean_image, gray_histo, gray_histo_abs

Modul

Foundation

min_max_gray (Regions, Image : : Percent : Min, Max, Range)

Minimale und maximale Grauwerte innerhalb von Regionen.

min_max_gray erstellt das Histogramm der absoluten Häufigkeiten der Grauwerte innerhalb von Regions im Eingabebild Image (siehe gray_histo) und berechnet die Anzahl der Bildpunkte, die Percent der Fläche des Eingabebildes entspricht. Daraufhin wird auf beiden Seiten des Histogramms um diese Anzahl von Bildpunkten nach innen gegangen und der kleinste und größte Grauwert bestimmt:

Beispiel:

Mit Fläche = 60, Percent = *5*, d.h. 3 Bildpunkte, Histogramm = [2,8,0,7,13,0,0,...,0,10,10,5,3,1,1],
⇒ Minimum = 0, Maximum = 255, Spanne = 255
min_max_gray liefert: Min = *1*, Max = *253*, Range = *252*.

Für Bilder vom Typ int4, int8 und real wird die obige Berechnung nicht über Histogramme sondern über Selektion des entsprechenden Grauwertes durchgeführt. Wird Percent auf *50* gesetzt, dann ist Min = Max = Median. Wenn Percent gleich *0* ist, dann wird kein Histogramm berechnet, um die Laufzeit zu verbessern.

Achtung

Der Operator min_max_gray berücksichtigt nur die mittels Regions übergebenen Regionen und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild Image festgelegt wurde.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, deren Merkmale berechnet werden sollen.
- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
  Grauwertdaten.
- ▷ **Percent** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Prozentsatz unterhalb (oberhalb) des absoluten Maximums (Minimums).
  Default: 0
  Wertevorschläge: Percent ∈ {0, 1, 2, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 40, 50}
  Restriktion: 0 <= Percent && Percent <= 50
- ▷ **Min** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  „Minimaler“ Grauwert.
- ▷ **Max** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  „Maximaler“ Grauwert.
  Zusicherung: Max >= Min
- ▷ **Range** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Differenz aus Max und Min.
  Zusicherung: Range >= 0

Beispiel

```
* Threshold segmentation with training region:
read_image(Image,'fabrik')
draw_region(Region,WindowHandle)
min_max_gray(Region,Image,5,Min,Max,Range)
threshold(Image,SegmentedRegion,Min,Max)
dev_display(SegmentedRegion)
```

Ergebnis

min_max_gray liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Eingabebild definierte Grauwerte besitzt und die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder) wird mit set_system(::'no_object_result',<Result>:), das bei leerer Region mit set_system(::'empty_region_result',<Result>:) festgelegt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

draw_region, gen_circle, gen_ellipse, gen_rectangle1, threshold, regiongrowing

Nachfolger

threshold

Alternativen

select_gray, intensity

Siehe auch

gray_histo, scale_image, scale_image_max, learn_ndim_norm

Modul

Foundation

moments_gray_plane (Regions, Image : : : MRow, MCol, Alpha, Beta, Mean)

Berechnung der Grauwertmomente und der Approximation durch eine Ebene.

moments_gray_plane berechnet die Grauwertmomente und die Approximation der Grauwerte durch eine Ebene. Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel:

$$\begin{aligned}
\texttt{MRow} &= \frac{1}{F^2} \sum_{(r,c)\in\texttt{Regions}} (r-\overline{r})(\texttt{Image}(r,c)-\texttt{Mean}) \\
\texttt{MCol} &= \frac{1}{F^2} \sum_{(r,c)\in\texttt{Regions}} (c-\overline{c})(\texttt{Image}(r,c)-\texttt{Mean}) \\
\texttt{Alpha} &= \frac{\texttt{MRow}Fm_{02}-m_{11}\texttt{MCol}}{F} m_{20}m_{02}-m_{11}^2 \\
\texttt{Beta} &= \frac{m_{20}\texttt{MCol}F-\texttt{MRow}Fm_{11}}{m_{20}m_{02}-m_{11}^2}
\end{aligned}$$

wobei F die Fläche, $\overline{r}$, $\overline{c}$ der Schwerpunkt, m_{11}, m_{20} und m_{02} die normierten Momente von Regions sind.

Die Parameter Alpha, Beta und Mean beschreiben dabei eine Ebene über der Region:

$$\texttt{Image}'(r,c) = \texttt{Alpha}(r-\overline{r}) + \texttt{Beta}(c-\overline{c}) + \texttt{Mean}$$

Alpha gibt also die Steigung in Richtung der Zeilenachse (nach „unten“), Beta die Steigung in Richtung der Spaltenachse (nach „rechts“) an.

Achtung

Der Operator moments_gray_plane berücksichtigt nur die mittels Regions übergebenen Regionen und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild Image festgelegt wurde.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / uint2 / real
  Zugehörige Grauwerte.
- ▷ **MRow** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Gemischte Momente der Zeile.
- ▷ **MCol** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Gemischte Momente der Spalte.

▷ **Alpha** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Parameter Alpha der Ebenengleichung.

▷ **Beta** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Parameter Beta der Ebenengleichung.

▷ **Mean** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Mittlerer Grauwert.

Ergebnis

`moments_gray_plane` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls ein Bild mit definierten Grauwerten (byte) eingegeben wird und die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder) wird mit `set_system(::'no_object_result',<Result>:)`, das bei leerer Region mit `set_system(::'empty_region_result',<Result>:)` festgelegt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`draw_region`, `gen_circle`, `gen_ellipse`, `gen_rectangle1`, `gen_rectangle2`, `threshold`, `regiongrowing`

Siehe auch

`intensity`, `moments_region_2nd`

Literatur

R. Haralick, L. Shapiro; „Computer and Robot Vision“; Addison-Wesley, 1992, pp 75-76

Modul

Foundation

plane_deviation (Regions, Image : : : Deviation)

Abweichung der Grauwerte von der approximierten Bildebene.

`plane_deviation` berechnet die Abweichung der Grauwerte in `Image` von der Approximation der Grauwerte durch eine Ebene. Im Gegensatz zur Standardabweichung bei `intensity` erhalten auch geneigte Grauwertflächen den Wert Null. Die Berechnung der Grauwertebene erfolgt gemäß `gen_image_gray_ramp`. Sei F die Fläche der Region, α, β, μ die Parameter der Bildebene und (r', c') der Schwerpunkt der Region, dann ist `Deviation` definiert durch:

$$\texttt{Deviation} = \sqrt{\frac{sum_{(r,c)\in\texttt{Regions}}((\alpha(r-r')+\beta(c-c')+\mu)-\texttt{Image}(r,c))^2}{F}} \quad .$$

Achtung

Der Operator `plane_deviation` berücksichtigt nur die mittels `Regions` übergebenen Regionen und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild `Image` festgelegt wurde. Es ist zu beachten, dass die Berechnung von `Deviation` nicht der üblichen Definition folgt. Sie ist hier so festgelegt, dass sie für ein Bild mit nur einem Pixel den Wert 0.0 liefert.

Parameter

▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen, deren Abweichung berechnet werden sollen.

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / cyclic
Grauwertdaten.

▷ **Deviation** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Abweichung der Grauwerte innerhalb einer Region.

Komplexität

Sei F die Fläche der Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität $O(F)$.

Ergebnis

`plane_deviation` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls `Image` vom Typ byte ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder) wird mit `set_system(::'no_object_result',<Result>:)`, das bei leerer Region mit `set_system(::'empty_region_result',<Result>:)` festgelegt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Alternativen

`intensity`, `gen_image_gray_ramp`, `sub_image`

Siehe auch

`moments_gray_plane`

Modul

Foundation

select_gray (Regions, Image : SelectedRegions : Features, Operation, Min, Max :)

Auswahl von Regionen aufgrund von Grauwertmerkmalen.

`select_gray` hat als Eingabe eine Anzahl von Regionen (`Regions`). Für jede dieser Regionen werden die Merkmale (`Features`) berechnet. Wenn jedes (`Operation` = *'and'*) oder mindestens eines (`Operation` = *'or'*) der berechneten Merkmale in den für `Features` festgelegten Grenzen liegt, wird die Region in die Ausgabe `SelectedRegions` übernommen (dupliziert). Die Grenzen werden von den Parametern `Min` und `Max` definiert. Für diese Parameter können dabei auch *'min'* beziehungsweise *'max'* als Werte gesetzt werden, wodurch die Grenze auf den niedrigsten beziehungsweise höchsten für dieses Merkmal möglichen Wert gesetzt wird. Der Parameter `Image` enthält ein Bild, das die Grauwerte zur Berechnung der Merkmale liefert.

Bedingung:

$$\mathtt{Min}_i \leq \mathtt{Features}_i(\mathtt{Regions}, \mathtt{Image}) \leq \mathtt{Max}_i$$

Mögliche Werte für `Features`:

- *'area'*: Volumen des Grauwertgebirges (vgl. `area_center_gray`)
- *'row'*: Zeilenindex des Schwerpunkts des Grauwertgebirges (vgl. `area_center_gray`)
- *'column'*: Spaltenindex des Schwerpunkts des Grauwertgebirges (vgl. `area_center_gray`)
- *'ra'*: Hauptradius der äquivalenten Ellipse (vgl. `elliptic_axis_gray`)
- *'rb'*: Nebenradius der äquivalenten Ellipse (vgl. `elliptic_axis_gray`)
- *'phi'*: Hauptradius der äquivalenten Ellipse (vgl. `elliptic_axis_gray`)
- *'min'*: Minimaler Grauwert (vgl. `min_max_gray`)
- *'max'*: Maximaler Grauwert (vgl. `min_max_gray`)
- *'median'*: Zentraler Grauwert (vgl. `min_max_gray`, mit `Percent`=*50*)
- *'mean'*: Mittlerer Grauwert (vgl. `intensity`)
- *'deviation'*: Standardabweichung der Grauwerte (vgl. `intensity`)
- *'plane_deviation'*: Standardabweichung von der approximierten Grauwertebene (vgl. `plane_deviation`)
- *'anisotropy'*: Anisotropie (vgl. `entropy_gray`)

- *'entropy'*: Entropie (vgl. `entropy_gray`)
- *'fuzzy_entropy'*: Fuzzy-Entropie der Region (vgl. `fuzzy_entropy`, mit einer Fuzzyfunktion von `Apar`=*0* bis `Cpar`=*255*)
- *'fuzzy_perimeter'*: Fuzzy-Umfang der Region (vgl. `fuzzy_perimeter`, mit einer Fuzzyfunktion von `Apar`=*0* bis `Cpar`=*255*)
- *'moments_row'*: Gemischte Grauwertmomente der Zeile (vgl. `moments_gray_plane`)
- *'moments_column'*: Gemischte Grauwertmomente der Spalte (vgl. `moments_gray_plane`)
- *'alpha'*:Ebenengleichung, Parameter Alpha (vgl. `moments_gray_plane`)
- *'beta'*: Ebenengleichung, Parameter Beta (vgl. `moments_gray_plane`)

Achtung

Der Operator `select_gray` berücksichtigt nur die mittels `Regions` übergebenen Regionen und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild `Image` festgelegt wurde. Wird nur ein Merkmal verwendet, dann ist der Wert von `Operation` bedeutungslos. Mehrere Merkmale werden in der Reihenfolge abgearbeitet, in der sie eingegeben werden. Es können maximal 100 Merkmale angegeben werden.

Parameter

▷ **`Regions`** (input_object) ..... region-array ⇝ *object*
Zu untersuchende Regionen.

▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object* : byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Grauwertdaten.

▷ **`SelectedRegions`** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Regionen, deren Merkmale innerhalb der Grenzen liegen.

▷ **`Features`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Namen der Merkmale.
Default: 'mean'
Werteliste: `Features` ∈ {'area', 'row', 'column', 'ra', 'rb', 'phi', 'min', 'max', 'median', 'mean', 'deviation', 'plane_deviation', 'anisotropy', 'entropy', 'fuzzy_entropy', 'fuzzy_perimeter', 'moments_row', 'moments_column', 'alpha', 'beta'}

▷ **`Operation`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Logische Verknüpfung der Merkmale.
Default: 'and'
Werteliste: `Operation` ∈ {'and', 'or'}

▷ **`Min`** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer / string
Untergrenze(n) der Merkmale oder 'min'.
Default: 128.0
Wertevorschläge: `Min` ∈ {0.5, 1.0, 10.0, 20.0, 50.0, 128.0, 255.0, 1000.0, 'min'}

▷ **`Max`** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer / string
Obergrenze(n) der Merkmale oder 'max'.
Default: 255.0
Wertevorschläge: `Max` ∈ {0.5, 1.0, 10.0, 20.0, 50.0, 128.0, 255.0, 1000.0, 'max'}

Komplexität

Sei F die Fläche der Region und N die Anzahl der Merkmale, dann beträgt die Laufzeitkomplexität $O(F * N)$.

Ergebnis

`select_gray` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Eingabebild definierte Grauwerten besitzt und die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder) wird mit `set_system(::'no_object_result',<Result>:)`, das bei leerer Region mit `set_system(::'empty_region_result',<Result>:)` festgelegt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

connection, mean_image, entropy_image, sobel_amp, median_separate

Nachfolger

select_shape, shape_trans, reduce_domain, count_obj

Siehe auch

deviation_image, entropy_gray, intensity, mean_image, min_max_gray, select_obj

Modul

Foundation

shape_histo_all (Region, Image : : Feature : AbsoluteHisto, RelativeHisto)

Ausprägung von Merkmalen entlang aller Schwellenwerte.

shape_histo_all führt 255 Schwellenwertoperationen innerhalb von Region mit den Grauwerten von Image durch. Der Eintrag i im Histogramm entspricht dann der Anzahl der Zusammenhangskomponenten/Löcher dieses mit der Schwelle i segmentierten Bildes (Feature = *'connected_components'*, *'holes'*) bzw. dem Mittelwert der Merkmalswerte der so segmentierten Regionen (Feature = *'convexity'*, *'compactness'*, *'anisometry'*).

Achtung

shape_histo_all erwartet als Eingabe eine Region und genau ein Grauwertbild. Wegen der Mächtigkeit dieser Prozedur ist die Laufzeit von shape_histo_all relativ groß!

Der Operator shape_histo_all berücksichtigt nur die mittels Region übergebene Region und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild Image festgelegt wurde.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Region, in der die Merkmale betrachtet werden.
- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object : byte*
  Grauwertdaten.
- ▷ **Feature** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Merkmal, das untersucht werden soll.
  Default: 'connected_components'
  Werteliste: Feature ∈ {'connected_components', 'convexity', 'compactness', 'anisometry', 'holes'}
- ▷ **AbsoluteHisto** (output_control) ..... histogram-array ⇝ *real / integer*
  Absolute Verteilung des Merkmals.
- ▷ **RelativeHisto** (output_control) ..... histogram-array ⇝ *real*
  Relative Verteilung des Merkmals.

Beispiel

```
* Simulation of shape_histo_all with feature 'connected_components':
* my_shape_histo_all(Region,Image,AbsHisto,RelHisto):
reduce_domain(Region,Image,RegionGray)
for i := 0 to 255 by 1
    threshold(RegionGray,Seg,i,255)
    connect_and_holes (Seg, NumConnected, _)
    AbsHisto[i] := NumConnected
endfor
Sum := 0
for i := 0 to 255 by 1
    Sum := Sum+AbsHisto[i]
endfor
for i := 0 to 255 by 1
    RelHisto[i] := AbsHisto[i]/Sum
endfor
```

Komplexität

Sei F die Fläche der Eingaberegion und N die mittlere Anzahl der Zusammenhangskomponenten, dann beträgt die Laufzeitkomplexität $O(255(F + \sqrt{F}\sqrt{N}))$.

Ergebnis

`shape_histo_all` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls ein Bild mit definierten Grauwerten eingegeben wird. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Bilder) wird mit `set_system (::'no_object_result',<Result>:)`, das bei leerer Region mit `set_system(::'empty_region_result',<Result>:)` festgelegt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`histo_to_thresh`, `threshold`, `gen_region_histo`

Alternativen

`shape_histo_point`

Siehe auch

`compactness`, `connection`, `connect_and_holes`, `convexity`, `count_obj`, `entropy_gray`, `gray_histo`

Modul

Foundation

`shape_histo_point` `( Region, Image : : Feature, Row, Column : AbsoluteHisto, RelativeHisto )`

Ausprägung von Merkmalen entlang aller Schwellenwerte.

`shape_histo_point` führt wie `shape_histo_all` 255 Schwellenwertoperationen innerhalb von `Region` mit den Grauwerten von `Image` durch. Im Gegensatz zu `shape_histo_all` wird hier nur diejenige segmentierte Region betrachtet, die den Punkt (`Row`, `Column`) enthält. Der Eintrag i im Histogramm entspricht dann der Anzahl der Löcher dieser mit der Schwelle i segmentierten Region (`Feature` = *'holes'*) bzw. dem Merkmalswert der Region (`Feature` = *'convexity'*, *'compactness'*, *'anisometry'*).

Achtung

Der Operator `shape_histo_point` berücksichtigt nur die mittels `Region` übergebene Region und ignoriert jede Domäne, die zuvor für das Eingabebild `Image` festgelegt wurde.

Parameter

▷ **`Region`** (input_object) ..... region ⇝ *object*
Region, in der die Merkmale betrachtet werden.

▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte
Grauwertdaten.

▷ **`Feature`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Merkmal, das untersucht werden soll.
Default: 'convexity'
Werteliste: `Feature` ∈ {'convexity', 'compactness', 'anisometry', 'holes'}

▷ **`Row`** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer*
Zeile des Punktes, den die Region enthalten muss.
Default: 256
Wertevorschläge: `Row` ∈ {10, 50, 100, 200, 300, 400}

▷ **`Column`** (input_control) ..... point.x ⇝ *integer*
Spalte des Punktes, den die Region enthalten muss.
Default: 256
Wertevorschläge: `Column` ∈ {10, 50, 100, 200, 300, 400}

▷ **AbsoluteHisto** (output_control) . . . . . histogram-array ⇝ *real* / integer
Absolute Verteilung des Merkmals.

▷ **RelativeHisto** (output_control) . . . . . histogram-array ⇝ *real*
Relative Verteilung des Merkmals.

Ergebnis

`shape_histo_point` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls ein Bild mit definierten Grauwerten eingegeben wird. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Bilder) wird mit `set_system (::'no_object_result',<Result>:)`, das bei leerer Region mit `set_system(::'empty_region_result',<Result>:)` festgelegt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`get_mbutton`, `area_center`

Nachfolger

`histo_to_thresh`, `threshold`, `gen_region_histo`

Alternativen

`shape_histo_all`

Siehe auch

`connection`, `connect_and_holes`, `convexity`, `compactness`

Modul

Foundation

6.8 Typanpassung

complex_to_real (ImageComplex : ImageReal, ImageImaginary : :)

Umwandlung eines komplexwertigen Bildes in zwei real-Bilder.

`complex_to_real` wandelt das komplexwertige Bild `ImageComplex` in zwei reellwertige Bilder `ImageReal` und `ImageImaginary` um, die den Real- bzw. Imaginärteil des komplexen Bildes enthalten.

Parameter

▷ **ImageComplex** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* complex
Komplexes Bild.

▷ **ImageReal** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* real
Realteil.

▷ **ImageImaginary** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* real
Imaginärteil.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Siehe auch

`real_to_complex`

Modul

Foundation

convert_image_type (Image : ImageConverted : NewType :)

Umwandeln des Bildtyps.

convert_image_type konvertiert Bilder eines beliebigen Bildtyps in einen beliebigen Bildtyp. Erfolgt die Konvertierung von einem größeren in einen kleineren Grauwertbereich (z.B. von 'int4' nach 'byte') werden zu große oder zu kleine Werte einfach „geclippt". Sind die Ergebnisbilder vom Typ 'direction', werden Grauwerte, die nicht innerhalb des für 'direction'-Bilder erlaubten Wertebereichs liegen, auf den Wert 255 gesetzt, um sie als ungültig zu kennzeichnen. Es empfiehlt sich daher, vor Aufruf der Routine den Wertebereich der Grauwerte im Eingabebild mittels scale_image entsprechend anzupassen. Bei der Konversion von Bildern vom Typ complex wird nur der Realteil konvertiert. Der Imaginärteil wird ignoriert. Dies erlaubt eine effiziente Konversion von Bildern, die mit fft_generic aus dem Frequenzraum zurücktransformiert worden sind. Solche Bilder haben immer einen Imaginärteil von 0.

Achtung

Stimmen der Ziel- und der Quelltyp überein, dann wird keine neue Bildmatrix angelegt. Die Konvertierung in 'int8' Bilder ist nur auf 64-Bit-Systemen möglich!

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex

Bilder, deren Grauwerttyp geändert werden sollen.

▷ **ImageConverted** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex

Ergebnisbild.

▷ **NewType** (input_control) ..... string ⇝ *string*

Gewünschter Bildtyp (i.e. Typ der Grauwerte).
Default: 'byte'
Werteliste: NewType ∈ {'int1', 'int2', 'uint2', 'int4', 'int8', 'byte', 'real', 'direction', 'cyclic', 'complex'}

Ergebnis

convert_image_type liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

scale_image

Siehe auch

scale_image, abs_image

Modul

Foundation

real_to_complex (ImageReal, ImageImaginary : ImageComplex : :)

Umwandlung von zwei real-Bildern in ein komplexes Bild.

real_to_complex wandelt zwei reellwertige Bilder ImageReal und ImageImaginary (Real- bzw. Imaginärteil eines komplexen Bildes) in ein komplexwertiges Bild ImageComplex um.

Parameter

- ▷ **ImageReal** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* real
  Realteil.
- ▷ **ImageImaginary** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* real
  Imaginärteil.
- ▷ **ImageComplex** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* complex
  Komplexes Bild

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Siehe auch

complex_to_real

Modul

Foundation

real_to_vector_field (Row, Col : VectorField : Type :)

Umwandlung von zwei reellwertigen Bildern in ein Vektorfeldbild.

real_to_vector_field wandelt zwei reellwertige Bilder Row und Col in ein Vektorfeldbild VectorField um. Die Eingabebilder enthalten dabei die Vektorkomponenten in Zeilen- bzw. Spalten-Richtung. Der semantische Typ von VectorField wird in Type gesetzt.

Parameter

- ▷ **Row** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* real
  Vektorkomponente in Zeilenrichtung.
- ▷ **Col** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* real
  Vektorkomponente in Spaltenrichtung.
- ▷ **VectorField** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* vector_field
  Verschiebungsvektorfeld
- ▷ **Type** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Semantischer Typ
  Default: 'vector_field_relative'
  Werteliste: Type ∈ {'vector_field_relative', 'vector_field_absolute'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

vector_field_to_real

Modul

Foundation

vector_field_to_real (VectorField : Row, Col : :)

Umwandlung eines Vektorfeldes in zwei reellwertige Bilder.

vector_field_to_real wandelt das Vektorfeldbild (VectorField) in zwei reellwertige Bilder Row und Col um. Die Ausgabe-Bilder enthalten die Vektorkomponenten in Zeilen- bzw. Spalten-Richtung.

Parameter

▷ **VectorField** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* vector_field
Vektorfeld.

▷ **Row** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* real
Vektorkomponente in Zeilenrichtung.

▷ **Col** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* real
Vektorkomponente in Spaltenrichtung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

optical_flow_mg

Siehe auch

optical_flow_mg

Modul

Foundation

6.9 Zugriff

get_grayval (Image : : Row, Column : Grayval)

Zugriff auf Grauwerte eines Bildobjektes.

Grayval ist ein Tupel von Gleitkomma- bzw. ganzen Zahlen, das die Grauwerte ausgewählter Bildpunkte von Image liefert. Bei einem mehrkanaligen Bild wird pro Bildpunkt eine Gruppe von Elementen, d.h. ein Grauwert pro Kanal (oder zwei Grauwerte für komplexe oder Vektorfeld-Bilder), zurückgegeben. Die Zeilenkoordinaten der Bildpunkte stehen im Tupel Row, die Spaltenkoordinaten in Column.

Es ist zu beachten, dass get_grayval den Definitionsbereich des Bildes nicht berücksichtigt. D.h. wenn der Definitionsbereich z.B. mit reduce_domain eingeschränkt wurde, werden auch für Punkte die außerhalb des Definitionsbereichs liegen Grauwerte zurück gegeben.

Achtung

Der Typ der Werte von Grayval hängt von dem Typ der Grauwerte ab. Der Aufwand von get_grayval ist relativ hoch. Normalerweise wird der Operator verwendet, um einzelne Grauwerte eines Bildes zu erhalten (z.B. durch get_mposition gefolgt von get_grayval). Für die Programmierung von Bildverarbeitungsoperationen wie Filter ist er nicht geeignet. Hier ist es sinnvoller, den Operator get_image_pointer1 und direkt die C- oder C++-Schnittstelle zum Einbinden von eigenen Prozeduren zu verwenden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field
Bild, auf dessen Grauwerte zugegriffen werden soll.

▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *integer*
Zeilennummern der zu betrachtenden Bildpunkte.
Default: 0
Wertevorschläge: Row ∈ {0, 64, 128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 0 ≤ Row ≤ 32767 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: 0 <= Row && Row < height(Image)

▷ **Column** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *integer*
Spaltennummern der zu betrachtenden Bildpunkte.
Parameteranzahl: Column == Row
Default: 0
Wertevorschläge: Column ∈ {0, 64, 128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 0 ≤ Column ≤ 32767 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: 0 <= Column && Column < width(Image)

▷ **Grayval** (output_control) ..... grayval-array ⇝ *real* / integer
Grauwerte an den angegebenen Bildpunkten.

Ergebnis

Bei korrekter Besetzung der Parameter liefert get_grayval den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_image

Alternativen

get_image_pointer1, get_grayval_interpolated, get_grayval_contour_xld

Siehe auch

set_grayval

Modul

Foundation

```
get_grayval_contour_xld ( Image,
    Contour : : Interpolation : Grayval )
```

Gibt Grauwerte eines Bildes an den Positionen einer XLD-Kontur zurück.

Der Operator get_grayval_contour_xld liefert die interpolierten Grauwerte einzelner Subpixel-Positionen des Bildes Image. Die Koordinaten der Positionen werden durch eine XLD-Kontur Contour vorgegeben. Die Grauwerte werden in Grayval zurückgegeben.

Das Interpolationsverfahren kann mittels des Parameters Interpolation gewählt werden:

'nearest_neighbor': Die Ergebnisse in Grayval sind die Grauwerte der nächstgelegenen Pixel der gegebenen Koordinaten. Für Bilder des Typs byte, direction, cyclic, uint2, int1, int2, int4 und int8 ist der Parameter Grayval ein Tupel von ganzen Zahlen. Für Bilder des Typs real und complex ist der Parameter Grayval ein Tupel von Gleitkommazahlen.

'bilinear': Die Ergebnisse in Grayval werden mittels einer bilinearen Interpolation berechnet, die die vier benachbarten Grauwerte der gegebenen Koordinaten nutzt. Der Parameter Grayval mit dem Ergebnis ist ein Tupel von Gleitkommazahlen. Die Laufzeit steigt signifikant gegenüber *'nearest_neighbor'*. Direction- und Cyclic-Bilder werden behandelt wie Byte-Bilder.

'bicubic': Die Ergebnisse in Grayval werden mittels einer bikubischen Interpolation berechnet, die sechzehn benachbarte Grauwerte der gegebenen Koordinaten nutzt. Der Parameter Grayval mit dem Ergebnis ist ein Tupel von Gleitkommazahlen. Die Laufzeit steigt signifikant gegenüber *'bilinear'*. Direction- und Cyclic-Bilder werden behandelt wie Byte-Bilder. In diesem Modus können Grauwerte als Ergebnis auftreten, die außerhalb des darstellbaren Zahlenbereiches des Eingabebildtyps liegen.

'bicubic_clipped': Die Ergebnisse in Grayval werden mittels einer bikubischen Interpolation berechnet, die sechzehn benachbarte Grauwerte der gegebenen Koordinaten nutzt. Der Parameter Grayval mit dem Ergebnis ist ein Tupel von Gleitkommazahlen. Die Laufzeit steigt signifikant gegenüber *'bilinear'*. Direction- und Cyclic-Bilder werden behandelt wie Byte-Bilder. In diesem Modus werden Ergebnisse, die außerhalb des darstellbaren Zahlenbereiches des Eingabebildtyps liegen, auf den darstellbaren Bereich beschnitten.

Es ist zu beachten, dass get_grayval_contour_xld den Definitionsbereich des Bildes nicht berücksichtigt. D.h. wenn der Definitionsbereich z.B. mit reduce_domain eingeschränkt wurde, werden auch für Punkte die außerhalb des Definitionsbereichs liegen Grauwerte zurück gegeben.

Es ist außerdem zu beachten, dass jeder Punkt der XLD-Kontur im Bereich $-0.5 \leq$ Zeilenkoordinate $<$ Höhe(Image)-0.5 und $-0.5 \leq$ Spaltenkoordinate $<$ Breite(Image)-0.5 liegen muss.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real / complex
Bild, auf dessen Grauwerte zugegriffen werden soll.

▷ **Contour** (input_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
Eingabe-Kontur mit den Koordinaten der Positionen.

▷ **Interpolation** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Interpolationsverfahren.
Default: 'nearest_neighbor'
Werteliste: Interpolation ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic', 'bicubic_clipped'}

▷ **Grayval** (output_control) ..... grayval(-array) ⇝ *real* / integer
Grauwerte an den angegebenen Bildkoordinaten.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_grayval_contour_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_image, draw_xld, gen_contour_polygon_xld, edges_sub_pix

Alternativen

get_grayval_interpolated

Modul

Foundation

get_grayval_interpolated (Image : : Row, Column,
Interpolation : Grayval)

Gibt Grauwerte eines Bildes an durch Zeilen- und Spaltenkoordinaten gegebenen Positionen zurück.

Der Operator get_grayval_interpolated liefert die interpolierten Grauwerte einzelner Subpixel-Positionen des Bildes Image. Die Koordinaten der Zeilenpositionen werden in dem Tupel Row, die Koordinaten der Spaltenpositionen in dem Tupel Column übergeben. Der Grauwerte werden in Grayval als ein Tupel von Gleitkommazahlen zurückgegeben.

Das Interpolationsverfahren kann mittels des Parameters Interpolation gewählt werden. Folgende Interpolationsmethoden werden unterstützt:

'bilinear': Die Ergebnisse in Grayval werden mittels einer bilinearen Interpolation berechnet, die die vier benachbarten Grauwerte der gegebenen Koordinaten nutzt. Direction- und Cyclic-Bilder werden behandelt wie Byte-Bilder.

'bicubic': Die Ergebnisse in `Grayval` werden mittels einer bikubischen Interpolation berechnet, die sechzehn benachbarte Grauwerte der gegebenen Koordinaten nutzt. Direction- und Cyclic-Bilder werden behandelt wie Byte-Bilder. In diesem Modus können Grauwerte als Ergebnis auftreten, die außerhalb des darstellbaren Zahlenbereiches des Eingabebildtyps liegen.

'bicubic_clipped': Die Ergebnisse in `Grayval` werden mittels einer bikubischen Interpolation berechnet, die sechzehn benachbarte Grauwerte der gegebenen Koordinaten nutzt. Direction- und Cyclic-Bilder werden behandelt wie Byte-Bilder. In diesem Modus werden Ergebnisse, die außerhalb des darstellbaren Zahlenbereiches des Eingabebildtyps liegen, auf den darstellbaren Bereich beschnitten.

Es ist zu beachten, dass `get_grayval_interpolated` den Definitionsbereich des Bildes nicht berücksichtigt. D.h. wenn der Definitionsbereich z.B. mit `reduce_domain` eingeschränkt wurde, werden auch für Punkte die außerhalb des Definitionsbereichs liegen Grauwerte zurück gegeben.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real / complex
Bild, auf dessen Grauwerte zugegriffen werden soll.

▷ **`Row`** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinaten der Positionen.
Default: 0
Wertevorschläge: `Row` ∈ {0, 64, 128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: -0.5 ≤ Row
Restriktion: -0.5 <= Row && Row < height(Image) - 0.5

▷ **`Column`** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinaten der Positionen.
Parameteranzahl: Column == Row
Default: 0
Wertevorschläge: `Column` ∈ {0, 64, 128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: -0.5 ≤ Column
Restriktion: -0.5 <= Column && Column < width(Image) - 0.5

▷ **`Interpolation`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Interpolationsverfahren.
Default: 'bilinear'
Werteliste: `Interpolation` ∈ {'bilinear', 'bicubic', 'bicubic_clipped'}

▷ **`Grayval`** (output_control) ..... grayval(-array) ⇝ *real*
Grauwerte an den angegebenen Bildkoordinaten.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_grayval_interpolated` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_image`

Alternativen

`get_grayval_contour_xld`, `get_grayval`

Modul

Foundation

`get_image_pointer1` (`Image` : : : `Pointer`, `Type`, `Width`, `Height`)

Zugriff auf den Zeiger eines Kanals.

get_image_pointer1 liefert einen Pointer auf den ersten Kanal des Bildes Image. Außerdem wird der Bildtyp (Type = 'byte', 'int2', 'uint2' etc.) und die Bildgröße (Breite und Höhe) ausgegeben. In der Folge ist dann über den Zeiger ein direkter Zugriff auf die Bilddaten in der HALCON-Datenbank von der Programmiersprache aus möglich, in der HALCON verwendet wird. Ein Bild wird in HALCON zeilenweise linearisiert abgespeichert. Die Bildtypen 'complex' und 'vector_field' bilden Sonderfälle. Bilder vom Typ 'complex' sind verschachtelt, d.h., die Real- und Imaginärteile werden abwechselnd abgespeichert. Bilder vom Typ 'vector_field' bestehen dagegen aus zwei Matrizen, eine für die Zeilen und eine für die Spalten, die nacheinander in der HALCON-Datenbank liegen.

Achtung

Der von get_image_pointer1 zurückgegebene Zeiger darf nur so lange verwendet werden, solange das Bildobjekt existiert. Das ist der Fall, solange die zugehörige Variable in der Programmiersprache, in der HALCON verwendet wird, gültig ist. Wird dies nicht berücksichtigt, kann es zu unerwartetem Verhalten und zu Programmabstürzen kommen.

Werden über den Zeiger Daten in ein existierendes Bild geschrieben, so werden alle Bildobjekte modifiziert, die das Bild referenzieren. Wenn z.B. mit reduce_domain der Definitionsbereich eines Bildes eingeschränkt wird, so benutzen das originale Bildobjekt mit dem vollen Definitionsbereich und das Bildobjekt mit dem eingeschränkten Definitionsbereich dieselbe Bildmatrix (d.h. get_image_pointer1 liefert für die beiden Bilder denselben Zeiger zurück). Falls also eines der beiden Bilder in diesem Beispiel überschrieben wird, werden beide Bildobjekte modifiziert. Falls der Zeiger in der Programmiersprache, in der HALCON verwendet wird, dazu benutzt wird, Bilddaten zu schreiben, sollten daher die Bilddaten in ein Bildobjekt geschrieben werden, das neu erzeugt worden ist, z.B. mit gen_image1. Bei mehrkanaligen Eingabebildern wird der Bildtyp und der Pointer des ersten Kanals zurückgegeben.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field
  Eingabebild.
- ▷ **Pointer** (output_control) ..... pointer(-array) ⇝ *integer*
  Zeiger auf die Bilddaten in der HALCON-Datenbank.
- ▷ **Type** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Typ des Bildes.
  Werteliste: Type ∈ {'int1', 'int2', 'uint2', 'int4', 'int8', 'byte', 'real', 'direction', 'cyclic', 'complex', 'vector_field_absolute', 'vector_field_relative'}
- ▷ **Width** (output_control) ..... extent.x(-array) ⇝ *integer*
  Breite des Bildes.
- ▷ **Height** (output_control) ..... extent.y(-array) ⇝ *integer*
  Höhe des Bildes.

Beispiel

```
Hobject  Image;
char     typ[128];
Hlong     width,height;
unsigned char *ptr;

read_image(&Image,"fabrik");
get_image_pointer1(Image,(Hlong*)&ptr,typ,&width,&height);
```

Ergebnis

get_image_pointer1 liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls genau ein Bild übergeben wurde. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_image

Alternativen

set_grayval, get_grayval, get_image_pointer3, get_image_size, get_image_type

Siehe auch

paint_region, paint_gray

Modul

Foundation

get_image_pointer1_rect (Image : : : PixelPointer, Width, Height, VerticalPitch, HorizontalBitPitch, BitsPerPixel)

Zugriff auf Bilddatenzeiger und Bildpunkte innerhalb des kleinsten umschließenden Rechtecks der Domäne des Eingabebildes.

Der Operator get_image_pointer1_rect liefert den Zeiger PixelPointer auf den Anfang der Bilddaten, die sich innerhalb des kleinsten umschließenden Rechtecks der Domäne von Image befinden. VerticalPitch entspricht der Breite des Eingabebildes Image mal der Anzahl der Bytes pro Pixel (HorizontalBitPitch / 8). Width und Height entsprechen der Größe des kleinsten umschließenden Rechtecks der Eingaberegion. HorizontalBitPitch ist der horizontale Abstand (in Bits) benachbarter Pixel. BitsPerPixel ist die Anzahl der verwendeten Bits pro Pixel. get_image_pointer1_rect ist symmetrisch zu gen_image1_rect.

Achtung

get_image_pointer1_rect sollte nur zum Eintragen in neu erzeugte Bilder verwendet werden, da sonst die Grauwerte von anderen Bildern überschrieben werden könnten (siehe relationale Struktur).

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / int4
  Eingabebild (HImage).
- ▷ **PixelPointer** (output_control) ..... pointer ⇝ *integer*
  Zeiger auf die Bilddaten.
- ▷ **Width** (output_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite des Ausgabebildes.
- ▷ **Height** (output_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe des Ausgabebildes.
- ▷ **VerticalPitch** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Breite(Eingabebild)*(HorizontalBitPitch/8).
- ▷ **HorizontalBitPitch** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Abstand benachbarter Pixel in Bits.
- ▷ **BitsPerPixel** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl verwendeter Bits pro Pixel.

Beispiel

```
Hobject       image,reg,imagereduced;
char          typ[128];
Hlong          width,height,vert_pitch,hori_bit_pitch,bits_per_pix, winID;
unsigned char *ptr;

open_window(0,0,512,512,"black",winID);
read_image(&image,"monkey");
draw_region(&reg,winID);
reduce_domain(image,reg,&imagereduced);
get_image_pointer1_rect(imagereduced,(Hlong*)&ptr,&width,&height,
                        &vert_pitch,&hori_bit_pitch,&bits_per_pix);
```

Ergebnis

get_image_pointer1_rect liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls genau ein Bild übergeben wurde. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_image, gen_image1_rect

Alternativen

set_grayval, get_grayval, get_image_pointer3, get_image_pointer1

Siehe auch

paint_region, paint_gray, gen_image1_rect

Modul

Foundation

get_image_pointer3 (ImageRGB : : : PointerRed, PointerGreen, PointerBlue, Type, Width, Height)

Zugriff auf die Zeiger eines Farbbildes.

get_image_pointer3 liefert einen C-Pointer auf die drei Kanäle eines Farbbildes (ImageRGB). Außerdem wird der Bildtyp (Type = 'byte', 'int2', 'float' etc.) und die Bildgröße (Width und Height) ausgegeben. In der Folge ist dann über den Zeiger ein direkter Zugriff auf die Bilddaten in der HALCON-Datenbank von der HALCON Wirtssprache aus möglich. Ein Bild ist in HALCON als ein Vektor von Bildzeilen abgelegt. Die Bildtypen 'complex' und 'vector_field' bilden Sonderfälle. Bilder vom Typ 'complex' sind verschachtelt, d.h., die Real- und Imaginärteile werden abwechselnd abgespeichert. Bilder vom Typ 'vector_field' bestehen dagegen aus zwei Matrizen, eine für die Zeilen und eine für die Spalten, die nacheinander in der HALCON-Datenbank liegen. Die drei Kanäle müssen den gleichen Pixeltyp und die gleiche Größe haben.

Achtung

Es darf nur ein Bild übergeben werden. get_image_pointer3 sollte nur zum Eintragen in neu erzeugte Bilder verwendet werden, da sonst die Grauwerte von anderen Bildern überschrieben werden könnten (siehe Relationale Struktur).

Parameter

▷ **ImageRGB** (input_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild.

▷ **PointerRed** (output_control) ..... pointer(-array) ⇝ *integer*

Zeiger auf die Pixel des ersten Kanals.

▷ **PointerGreen** (output_control) ..... pointer(-array) ⇝ *integer*

Zeiger auf die Pixel des zweiten Kanals.

▷ **PointerBlue** (output_control) ..... pointer(-array) ⇝ *integer*

Zeiger auf die Pixel des dritten Kanals.

▷ **Type** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*

Typ des Bildes.

Werteliste: Type ∈ {'int1', 'int2', 'uint2', 'int4', 'int8', 'byte', 'real', 'direction', 'cyclic', 'complex', 'vector_field_absolute', 'vector_field_relative'}

▷ **Width** (output_control) ..... extent.x(-array) ⇝ *integer*

Breite des Bildes.

▷ **Height** (output_control) . . . . . extent.y(-array) ⇝ *integer*
Höhe des Bildes.

Ergebnis

`get_image_pointer3` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls genau ein Bild übergeben wird. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_image`

Alternativen

`set_grayval`, `get_grayval`, `get_image_pointer1`

Siehe auch

`paint_region`, `paint_gray`

Modul

Foundation

get_image_size (Image : : : Width, Height)

Liefert die Bildgröße.

`get_image_size` liefert die Größe (Breite und Höhe) des Eingabebildes zurück.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field
Eingabebild.

▷ **Width** (output_control) . . . . . extent.x(-array) ⇝ *integer*
Breite des Bildes.

▷ **Height** (output_control) . . . . . extent.y(-array) ⇝ *integer*
Höhe des Bildes.

Ergebnis

`get_image_size` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_image`

Alternativen

`get_image_pointer1`

Siehe auch

`get_image_type`

Modul

Foundation

get_image_time (Image : : : MSecond, Second, Minute, Hour, Day, YDay, Month, Year)

Abfragen der Zeit, zu der das Bild erzeugt wurde.

get_image_time liefert den Zeitpunkt, zu dem das Bild intern in HALCON erzeugt wurde. Diese Zeit hängt nicht unbedingt mit der Zeit zusammen, zu der das Bild aufgenommen wurde.

Für manche Bildeinzugsschnittstellen kann die Zeit der Aufnahme mit get_framegrabber_param abgefragt werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field
  Eingabebild.
- ▷ **MSecond** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Millisekunden (0..999).
- ▷ **Second** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Sekunden (0..59).
- ▷ **Minute** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Minuten (0..59).
- ▷ **Hour** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Stunden (0..23).
- ▷ **Day** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Tag innerhalb des Monats (1..31).
- ▷ **YDay** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Tag innerhalb des Jahres (1..366).
- ▷ **Month** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Monat (1..12).
- ▷ **Year** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Jahr (xxxx).

Ergebnis

get_image_time liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls genau ein Bild übergeben wurde. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_image, grab_image

Siehe auch

count_seconds

Modul

Foundation

get_image_type (Image : : : Type)

Liefert den Bildtyp.

get_image_type liefert den Bildtyp (Type = 'byte', 'int2', 'uint2' etc.) zurück.

Achtung

Bei mehrkanaligen Eingabebildern wird der Bildtyp des ersten Kanals zurückgegeben.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Eingabebild.

▷ **Type** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*

Typ des Bildes.
Werteliste: `Type` ∈ {'int1', 'int2', 'uint2', 'int4', 'int8', 'byte', 'real', 'direction', 'cyclic', 'complex', 'vector_field_absolute', 'vector_field_relative'}

Ergebnis

`get_image_type` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_image`

Alternativen

`get_image_pointer1`

Siehe auch

`get_image_size`

Modul

Foundation

Kapitel 7

Bildquelle

Das Konzept der Bildquellen ermöglicht es dem HALCON-Benutzer, den Einsatz von Kameras zur Aufnahme von Bildern für ihre Bildverarbeitungsaufgabe zu konfigurieren und zu verwalten. Es ersetzt das Framegrabber-Operator-Set (siehe Bild / Bildeinzug) als HALCON's empfohlene Methode zur Ansteuerung von Kameras.

Dieses Kapitel gibt eine Einführung zum Konzept und zur Nutzung von Bildquellen. In der MVTec Interfaces Reference Documentation sind die einzelnen MVTec Bildquellen-Plugins dokumentiert.

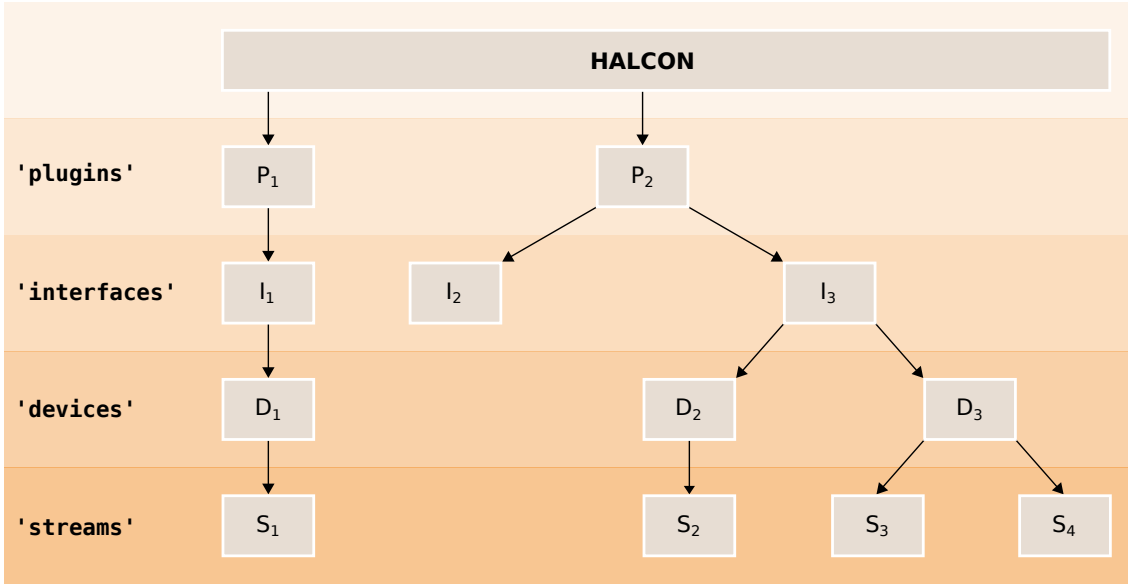
Bildquellenkonzept

Das bildgebende Gerät und alle weiteren Komponenten, die am Prozess des Bildeinzug beteiligt sind, können mit einem Bildquellen-Handle gesteuert werden. Es wurde entwickelt, um die sogenannten Module der Bildquelle zu kapseln:

- Plugins,
- Interfaces,
- Geräte und
- Streams.

Diese Module sind in einer hierarchischen Eltern-Kind-Konfiguration strukturiert, wobei jedes Modul als übergeordnetes Modul für das nachfolgende fungiert. Das Modulkonzept der Bildquellen ist nach dem GenICam GenTL-Standard modelliert.

Um Bilder von einem Bildquellen-Handle zu erfassen, wird ein Bildquellen-*Plugin* verwendet, um mit dem bildgebenden *Gerät* über ein *Interface* zu kommunizieren. Das bildgebende *Gerät* ermöglicht den Zugriff auf einen oder mehrere Bild-*Streams*. Die über diesen *Stream* übertragenen Bilder gelangen schließlich in mehrere Puffer im Speicher der Host-Anwendung. Die Komplexität wird dem Benutzer in den meisten Anwendungen verborgen. Standardmäßig versucht jedes Bildquellen-Handle eine vollständige Kette von Bildquellenmodulen zu verbinden: *Plugin* > *Interface* > *Gerät* > *Stream*.

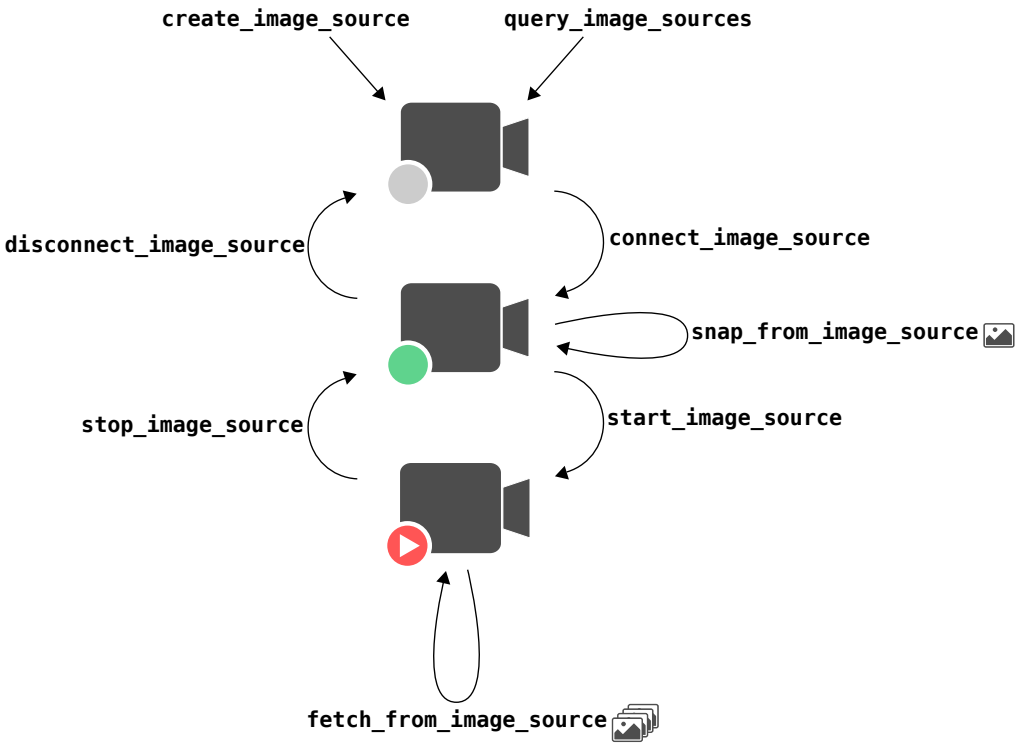


Schematische Darstellung der Bildquellenmodule.

In bestimmten Anwendungen kann es jedoch erforderlich sein, sich mit einem spezifischen Modul zu verbinden. Beispielsweise könnte es gewünscht sein, die Parameter eines Framegrabbers zu konfigurieren, bevor eine Kamera daran angeschlossen wird. Bildquellen-Handles können so konfiguriert werden, dass sie sich nur mit dem übergeordneten Bildquellen-Plugin P_1 und dem entsprechenden GenTL-Interface-Modul I_1 verbinden. Das Interface-Modul erlaubt dann die Konfiguration des Framegrabbers ohne Verbindung zu einem untergeordneten Modul. Ebenso können Bildquellen-Handles verwendet werden, um sich mit jedem anderen verfügbaren Modul zu verbinden oder ein gewünschtes Modul auszuwählen, falls mehrere Optionen verfügbar sind (z. B. ob Stream S_3 oder S_4 des Geräts D_3 gewählt werden soll).

Zustände des Bildquellen-Handles

Ein Bildquellen-Handle kann sich in verschiedenen Zuständen befinden. In jedem Zustand steht eine anderes Operatorenset zur Verfügung. Die Bildquellen-Operatoren können verwendet werden, um solche Zustandsänderungen auszulösen.



Schematische Darstellung der möglichen Zustände eines Bildquellen-Handles. Das Schema zeigt, welche Bildquellen-Operatoren eine Zustandsänderung des Bildquellen-Handles zwischen initialisiert (grau), verbunden (grün) und streamt (rot) bewirken.

Die drei möglichen Zustände sind:

Initialisiert Das Bildquellen-Handle sollte ausreichend Informationen enthalten, um zu spezifizieren, welches Gerät mit `connect_image_source` verbunden werden soll. Die Operatoren `set_image_source_param` und `get_image_source_param` gewähren Zugriff auf die Parameter der Gruppe *'image_source'*. Diese existieren immer, unabhängig vom Verbindungsstatus.

Verbunden Der Operator `snap_from_image_source` ist nur in diesem Zustand verfügbar. `snap_from_image_source` versetzt das Bildquellen-Handle kurzzeitig in den Streaming-Zustand, setzt es aber zurück, sobald ein Bild angekommen ist.

Die Operatoren `set_image_source_param` und `get_image_source_param` gewähren Zugriff auf die Parameter aller Module, einschließlich des Gerätemoduls.

Streamt In diesem Zustand kann das bildgebende Gerät kontinuierlich Bilddaten im Hintergrund übertragen. Die Bilder gelangen in eine interne Pufferwarteschlange, aus der sie mit `fetch_from_image_source` abgerufen werden können.

Parametergruppen und Ihre Beziehung zu den Modulen

Jedes Modul kann mit `get_image_source_param` konfiguriert werden. Um anzugeben, welches Modul der Bildquelle konfiguriert werden soll, sind die Parameter in Gruppen unterteilt. So sind die gruppierten Parameter mit den GenTL-Modulen verknüpft. Die Dokumentation von Plugins, die nicht von MVTec zur Verfügung gestellt werden gruppiert ihre Parameter möglicherweise entsprechend der GenTL-Modulnamen.

Parametergruppe	GenTL Modulname	Anmerkungen
'image_source'	-	Die Parametergruppe *'image_source'* konfiguriert die Modulkette *Plugin* > *Interface* > *Gerät* > *Stream* und ist den GenTL-Modulen somit übergeordnet. Diese Parameter werden **von MVTec** implementiert und existieren jederzeit, unabhängig vom Verbindungsstatus. Sie sind in `get_image_source_param` beschrieben.
'plugin'	System	Parameter für die globale Konfiguration im geladenen Plugin. Die Parameter in dieser Gruppe hängen davon ab, welches Plugin geladen ist, und werden **vom Anbieter** des geladenen Plugins implementiert. Plugins können von MVTec (siehe MVTec Interfaces Reference Documentation) oder anderen Herstellern bereitgestellt werden.
'interface'	Interface	Parameter zur Konfiguration der Hardwarekomponente, die mit den Geräten interagiert. Die Parameter in dieser Gruppe hängen davon ab, welches Plugin geladen ist, und werden **vom Anbieter** des geladenen Plugins implementiert. Plugins können von MVTec (siehe MVTec Interfaces Reference Documentation) oder anderen Herstellern bereitgestellt werden.
'local_device'	Device	Software-Abstraktion für das Hardware-Gerät. Diese Gruppe existiert aus technischen Gründen des GenTL-Standards und kann in den meisten Fällen ignoriert werden. Die Parameter in dieser Gruppe hängen davon ab, welches Plugin geladen ist, und werden **vom Anbieter** des geladenen Plugins implementiert. Plugins können von MVTec (siehe MVTec Interfaces Reference Documentation) oder anderen Herstellern bereitgestellt werden.
'device'	Remote Device	Parameter zur Konfiguration der Bildverarbeitungs-Hardware (z. B. industrielle Kameras, Sensoren, Geräte). Diese Parameter dienen zur Einstellung der wichtigsten Eigenschaften des Bildeinzugs wie Belichtungszeit, Gain, Breite, Höhe und Auslösemodus. Die Parameter in dieser Gruppe hängen davon ab, welches Gerät angeschlossen ist, und werden **vom Hersteller** des angeschlossenen Geräts implementiert.
'stream'	Stream	Parameter zur Konfiguration der Details der Bildübertragung auf der Empfangsseite. Die Parameter in dieser Gruppe hängen davon ab, welches Plugin geladen ist, und werden **vom Anbieter** des geladenen Plugins implementiert. Plugins können von MVTec (siehe MVTec Interfaces Reference Documentation) oder anderen Herstellern bereitgestellt werden.

Migrationsleitfaden

Die folgende Tabelle bietet einen Vergleich zwischen den alten *Framegrabber*-Operatoren und den neuen *Bildquellen*-Operatoren. Beim Umstellen einer Anwendung auf die neueren Bildquellen sollte jeder *Framegrabber*-Operator durch den entsprechenden *Bildquellen*-Operator ersetzt werden.

Operator	Anmerkungen zur Migration
alt: info_framegrabber neu: query_image_sources	info_framegrabber gibt standardmäßig einen String für jedes gefundene Gerät zurück, der für open_framegrabber verwendet werden kann. query_image_sources gibt standardmäßig ein Bildquellen-Handle für jedes Gerät zurück, das für connect_image_source verwendet werden kann.
alt: Kein direktes Äquivalent neu: create_image_source	create_image_source erstellt ein Bildquellen-Handle in unverbundenen Zustand. Dies ist mit *Framegrabber*-Operatoren nicht möglich.
alt: open_framegrabber neu: connect_image_source	open_framegrabber erstellt ein *Framegrabber*-Handle und verbindet sich gleichzeitig mit dem Bildeinzugsgerät. Bildquellen-Handles trennen diesen Vorgang in zwei Operationen auf: create_image_source, gefolgt von connect_image_source. Dadurch kann connect_image_source sowohl mit Handles von create_image_source als auch von query_image_sources verwendet werden.
alt: close_framegrabber neu: disconnect_image_source	close_framegrabber löscht gleichzeitig das *Framegrabber*-Handle. Es kann nur durch open_framegrabber neu erstellt werden. disconnect_image_source lässt das Bildquellen-Handle intakt. Er kann mit connect_image_source erneut verbunden werden.
alt: get_framegrabber_param neu: get_image_source_param	Funktioniert ähnlich, aber die Parametergruppe wird nun mit GenParam *'group'* anstelle des Präfixes *[<GenTL module>]* angegeben. Beispiel: alt: get_framegrabber_param(AcqHandle, '[Stream]StreamBufferHandlingMode', Value) neu: get_image_source_param(ImageSourceHandle, 'StreamBufferHandlingMode', 'group', 'stream', Value)
alt: set_framegrabber_param neu: set_image_source_param	Funktioniert ähnlich. Die Beziehung ist analog zu get_framegrabber_param und get_image_source_param (siehe oben).
alt: Kein direktes Äquivalent neu: control_image_source	*Framegrabber*-Handles stellen Parameter mit dem Präfix *'do_'* bereit. Diese Art von Parametern wird durch Aktionen ersetzt, die über control_image_source verfügbar sind. control_image_source ermöglicht auch die Auflistung aller Parameter (bisher über get_framegrabber_param).
alt: grab_image neu: snap_from_image_source	Funktioniert ähnlich.
alt: grab_image_start neu: start_image_source	grab_image_start wird automatisch durch den ersten Aufruf von grab_image_async ausgeführt, falls grab_image_start nicht zuvor aufgerufen wurde. start_image_source wird nicht automatisch durch den ersten Aufruf von fetch_from_image_source ausgeführt.
alt: Kein direktes Äquivalent neu: stop_image_source	Einige *Framegrabber*-Handles bieten den speziellen Parameter *'do_abort_grab'*, der die gleiche Funktion erfüllt wie stop_image_source.
alt: grab_image_async neu: fetch_from_image_source	Funktioniert ähnlich.
alt: grab_data neu: Kein direktes Äquivalent	snap_from_image_source kombiniert die Anwendungsfälle von grab_image und grab_data. Zusätzlich werden Metadaten wie Puffer-Zeitstempel und Bildzähler direkt zurückgegeben und müssen nicht separat abgefragt werden.
alt: grab_data_async neu: Kein direktes Äquivalent	fetch_from_image_source kombiniert die Anwendungsfälle von grab_image_async und grab_data_async. Zusätzlich werden Metadaten wie Puffer-Zeitstempel und Bildzähler direkt zurückgegeben und müssen nicht separat abgefragt werden.
alt: get_framegrabber_callback alt: set_framegrabber_callback alt: get_framegrabber_lut alt: set_framegrabber_lut	Kein direktes Äquivalent

Die folgende Tabelle zeigt die Beziehungen zwischen MVTec Bildquellen-Plugins (siehe MVTec Interfaces Reference Documentation für Details) und klassischen Bildeinzug-Interfaces:

Bildquellen-Plugin	Entsprechendes Bildeinzug-Interface	Anmerkungen
'mvtec_gigevision'	GigEVision2	Das Plugin *'mvtec_gigevision'* enthält die gleiche GigE Vision-Standardimplementierung wie das GigEVision2-Bildeinzug-Interface. Trotz des Namens (GigEVision2) ermöglichen sowohl das Plugin als auch das Bildeinzug-Interface den Zugriff auf alle GigE Vision-Kameras, unabhängig davon, welche Version des GigE Vision-Standards die Kamera implementiert.
'mvtec_usb3vision'	USB3Vision	Das Plugin *'mvtec_usb3vision'* enthält die gleiche Implementierung des USB3 Vision-Standards wie das USB3Vision-Bildeinzug-Interface.
'mvtec_realsense'	RealSense	Das Plugin *'mvtec_realsense'* stellt ein Interface zum Intel RealSense SDK bereit und enthält die gleiche Low-Level-Implementierung wie das RealSense-Bildeinzug-Interface.
'mvtec_mediafoundation'	MediaFoundation	Das Plugin *'mvtec_mediafoundation'* stellt ein Interface zur Microsoft Media Foundation API bereit und enthält die gleiche Low-Level-Implementierung wie das MediaFoundation-Bildeinzug-Interface. (Nur auf Windows-Plattformen verfügbar)
'mvtec_gstreamer'	GStreamer	Das Plugin *'mvtec_gstreamer'* stellt ein Interface zur Open-Source GStreamer-Multimedia-Plattform bereit und enthält die gleiche Low-Level-Implementierung wie das GStreamer-Bildeinzug-Interface. (Nur auf Linux-Plattformen verfügbar)

Weitere Bildquellen-Plugins zur Anbindung an noch mehr Bildübertragungstechnologien werden in Zukunft bereitgestellt.

Klassisches Bildeinzug-Interface, die hier nicht erwähnt sind (z. B. „File“, „SaperaLT“, „DirectShow“) haben kein entsprechendes Bildquellen-Plugin. Sie müssen weiterhin mit den Framegrabber-Operatoren verwendet werden.

Glossar

Im Folgenden beschreiben wir die wichtigsten Begriffe, welche wir im Kontext von Bildquellen verwenden:

Gerät (Modulname, engl.: device) Bezieht sich auf das bildgebende Gerät. Darunter fallen verschiedene Arten von Sensoren, von konventionellen Industriekameras bis zu 3D-Sensoren. In speziellen Fällen kann dies auch Controller und virtuelle Geräte einschließen.

GenICam Der GenICam-Standard ermöglicht es bildgebenden Geräten, der verbundenen Anwendung ihre Konfigurationseigenschaften über eine Feature-Beschreibungsdatei (XML) bereitzustellen. HALCON-Bildquellen basieren auf diesem Standard, um den Zugriff auf die Gerätekonfiguration zu ermöglichen (siehe `set_image_source_param` und `get_image_source_param`). In der Regel müssen sich HALCON-Nutzer nicht direkt mit diesen XML-Dateien auseinandersetzen.

Der Standard definiert zahlreiche Features, von denen viele über den Umfang dieser Dokumentation hinausgehen. Für detailliertere Informationen siehe die offiziellen Standarddokumente, insbesondere die *GenICam Standard Features Naming Convention* (SFNC) sowie die *GenICam GenTL SFNC*. Diese Ressourcen werden von der *European Machine Vision Association* (EMVA) bereitgestellt.

GenTL Der GenICam-GenTL-Standard ermöglicht es Bildverarbeitungsanwendungen und -frameworks verschiedener Anbieter, auf Kameras und Geräte unterschiedlicher Hersteller zuzugreifen. Er definiert ein klar festgelegtes Software-Interface, die verschiedene Implementierungsdetails vor der verwendenden Anwendung verbirgt. Eine Anwendung wie HALCON, die unterschiedliche GenTL-Producer (wie z. B. die Plugins) nutzt, wird auch als *GenTL-Consumer* bezeichnet.

Bildquellen-Handle (engl.: image source handle) Ein Bildquellen-Handle stellt ein generisches Interface zu einer Vielzahl zugrunde liegender Bildeinzugstandards und -technologien bereit. Aus Sicht der HALCON-Bibliothek bietet jedes Bildquellen-Handle dieselben grundlegenden Operationen. Das Bildquellen-Handle verknüpft Software- und Hardwarekomponenten, die für den Bildeinzug erforderlich sind.

Interface (Modulname) Interfaces beziehen sich auf die Hardware, die mit dem bildgebenden Gerät verbunden ist, z. B. der Anschluss, an dem das Kabel vom Gerät in den Host-Computer gesteckt wird. Im Kontext von Bildquellen bezieht sich der Begriff „Interface“ also nicht auf das, was früher als Bildeinzugschnittstelle bezeichnet wurde.

Falls Framegrabber verwendet werden, wird jede Framegrabber-Karte typischerweise als eine einzelnes Interface modelliert. Standardmäßig verbergen HALCON-Bildquellen die Komplexität mehrerer Interfaces, indem sie automatisch das richtige Interface verwenden.

Modul Die einzelnen Einheiten einer Bildquelle (Plugin, Interface, Gerät, Stream) werden als Module bezeichnet. Jedes Modul ermöglicht den Zugriff auf seine Parameter. Die Modulnamen entsprechen daher auch den Namen der entsprechenden Parametergruppen.

Plugin (Modulname) Bildquellen-Plugins abstrahieren die verschiedenen Technologien, die für die Übertragung von Bildern vom bildgebenden Gerät zur empfangenden Anwendung verwendet werden. An anderer Stelle werden sie auch als *GenTL-Producer* bezeichnet. Plugins existieren auf jedem Zielsystem in Form von `.cti`-Dateien. Sie können mit dem MVTec Software Manager ausgewählt und installiert werden. Von anderen Herstellern bereitgestellte Plugins (d. h. GenTL-Producer) stehen automatisch zur Verfügung, sobald das proprietäre SDK des Herstellers installiert wurde. Weitere detaillierte Anweisungen finden sich in der Dokumentation des Herstellers. Zur Laufzeit werden Plugins, die nicht von MVTec bereitgestellt werden, von HALCON über die Umgebungsvariable GENICAM_GENTL64_PATH (oder GENICAM_GENTL32_PATH) gefunden, welche alle Verzeichnisse auflistet, die `.cti`-Dateien enthalten.

Stream (Modulname) Ein Gerät kann keinen, einen oder mehrere Bild-Streams bereitstellen. Die typische industrielle Bildverarbeitungskamera stellt nur einen Stream bereit. Standardmäßig verbergen HALCON-Bildquellen die Komplexität mehrerer Streams.

connect_image_source (: : ImageSourceHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Stellt eine Verbindung zu einer Bildquelle her.

`connect_image_source` stellt eine Verbindung zu einem Bildquellenmodul (Gerät, Plugin, etc.) her, das in `ImageSourceHandle` spezifiziert ist.

Wird `connect_image_source` mit Bildquellen-Handles aufgerufen, die ungültige Kennungen enthalten, wird ein Fehler geworfen.

Aktuell werden keine generischen Parameter `GenParamName` und `GenParamValue` unterstützt.

Parameter

- ▷ **ImageSourceHandle** (input_control) . . . . . image_source ⇝ *handle*
  Bildquellen-Handle, das verbunden werden soll.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Generischer Parametername.
  Default: []
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *integer* / real / string
  Generischer Parameterwert.
  Default: []

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und die gewünschten Bildquellenmodule können verbunden werden, gibt `connect_image_source` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

query_image_sources, create_image_source

Nachfolger

get_image_source_param, set_image_source_param, start_image_source

Siehe auch

disconnect_image_source

Modul

Foundation

control_image_source (: : ImageSourceHandle, Action, GenParamName, GenParamValue : Result)

Steuern von Aktionen, die für Bildquellen verfügbar sind.

control_image_source initiiert Aktionen für die in ImageSourceHandle festgelegte Bildquelle. Falls eine Aktion einen Wert liefert wird er in Result zurückgegeben.

Die gewünschte Aktion wird in Action festgelegt. Aktionen können global sein, oder nur die individuellen Module der Bildquelle betreffen. Manche Aktionen sind vom Verbindungszustand der Bildquelle abhängig. Die Optionen für Action, die für jede Bildquelle verfügbar sind, sind:

'enumerate_groups' Gibt die Namen aller Parametergruppen zurück. Wenn *'enumerate_groups'* abgefragt wird müssen die generischen Parameter GenParamName und GenParamValue leer bleiben.

'enumerate_params' Gibt alle Parameter zurück, die in der in GenParamValue gesetzten Gruppe verfügbar sind. Werden keine generischen Parameter gesetzt, werden GenParamName = *'group'* und GenParamValue = *'device'* standardmäßig angenommen.

'group' ist die einige Option für GenParamName. Die Parametergruppe, der der Parameter zugeordnet ist, wird in GenParamValue festgelegt, indem eine dieser Optionen gesetzt wird:

- *'image_source'*,
- *'plugin'*,
- *'interface'*,
- *'local_device'*,
- *'device'*,
- *'stream'*.

Parameter

▷ **ImageSourceHandle** (input_control) . . . . . image_source ⇝ *handle*
Bildquellen-Handle.

▷ **Action** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Auszuführende Aktion.
Default: 'enumerate_params'
Wertevorschläge: Action ∈ {'enumerate_params', 'enumerate_groups'}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Generischer Parametername.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamName ∈ {'group'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *integer* / real / string
Generischer Parameterwert.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'image_source', 'plugin', 'interface', 'local_device', 'device', 'stream'}

▷ **Result** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string* / real / integer / handle
Ergebniswert der Aktion, falls vorhanden.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, gibt `control_image_source` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`query_image_sources`, `create_image_source`, `connect_image_source`

Nachfolger

`disconnect_image_source`

Siehe auch

`set_image_source_param`, `get_image_source_param`

Modul

Foundation

`create_image_source` `( : : PluginName, DeviceID, GenParamName, GenParamValue : ImageSourceHandle )`

Erzeugen eines Bildquellen-Handles.

`create_image_source` erzeugt ein Bildquellen-Handle und gibt es in `ImageSourceHandle` zurück. Das erzeugte Handle ist in einem unverbundenen Zustand. Die Parameter `PluginName` und `DeviceID` können verwendet werden um die Plugin- und Geräte-Module der Bildquellen-Handles zu spezifizieren. Alternativ können die generischen Parameter `GenParamName` und `GenParamValue` verwendet werden um Module mittels anderer Kennungen als Plugin-Namen oder Geräte-ID zu spezifizieren.

Für weitere Informationen zum Bildquellenkonzept siehe Bildquelle. Siehe die MVTec Interfaces Reference Documentation für die Dokumentation der einzelnen MVTec Bildquellen-Plugins.

Folgende Optionen bestehen für `PluginName`.

<Plugin-Name> In `PluginName` kann ein Bildquellen-Plugin festgelegt werden, indem der Plugin-Name gesetzt wird. `query_image_sources` kann verwendet werden um den Plugin-Namen (*'plugin_name'*) aller verfügbaren Plugins abzufragen.

'none' Kein Plugin wird in `ImageSourceHandle` festgelegt.

'ignore' Wird ein Plugin über die generischen Parameter gesetzt (siehe unten), muss `PluginName` auf *'ignore'* gesetzt werden.

Folgende Optionen bestehen für `DeviceID`.

<Geräte- ID> In `DeviceID` kann ein Bildquellen-Gerät festgelegt werden, indem die Geräte-ID gesetzt wird. `query_image_sources` kann verwendet werden um die Device-ID *'device_id'* aller verfügbaren Geräte abzufragen.

'none' Kein Gerät wird in `ImageSourceHandle` festgelegt.

'ignore' Wird ein Gerät über die generischen Parameter gesetzt (siehe unten), muss `DeviceID` auf *'ignore'* gesetzt werden.

Module des Bildquellen-Handles `ImageSourceHandle` können auch gesetzt werden indem eine der folgenden Optionen für `GenParamName` übergeben werden:

'plugin_path': Erzeugen eines Handles, das ein Plugin spezifiziert, indem der Pfad zur `.cti` Plugin-Datei als der entsprechende Parameter `GenParamValue` gesetzt wird.

`PluginName` muss auf *'ignore'* gesetzt werden. Für `DeviceID` muss *'none'* oder eine Device-ID gesetzt werden.

'interface_id': Erzeugen eines Handles, das ein Interface spezifiziert, indem die Interface-ID als der entsprechende Parameter `GenParamValue` gesetzt wird.
Für `PluginName` muss ein Plugin-Name gesetzt werden. `DeviceID` muss auf *'ignore'* gesetzt werden.

'device_user_name': Erzeugen eines Handles, das ein Gerät spezifiziert, indem der Benutzername des Gerätes als der entsprechende Parameter `GenParamValue` gesetzt wird.
Für `PluginName` muss ein Plugin-Name gesetzt werden. `DeviceID` muss auf *'ignore'* gesetzt werden.

'device_serial_number': Erzeugen eines Handles, das ein Gerät spezifiziert, indem die Seriennummer des Gerätes als der entsprechende Parameter `GenParamValue` gesetzt wird.
Für `PluginName` muss ein Plugin-Name gesetzt werden. `DeviceID` muss auf *'ignore'* gesetzt werden.

'stream_id': Erzeugen eines Handles, das einen Stream spezifiziert, indem die Stream-ID als der entsprechende Parameter `GenParamValue` gesetzt wird.
Für `PluginName` muss ein Plugin-Name gesetzt werden. Für `DeviceID` muss eine Device-ID gesetzt werden.

Mit `query_image_sources` können die Werte aller verfügbaren Bildquellen abgefragt werden.

Ein leeres Bildquellen-Handle kann erzeugt werden indem sowohl `PluginName` als auch `DeviceID` auf *'none'* gesetzt werden und keine generischen Parameter gesetzt werden. Das leere Bildquellen-Handle kann mit `set_image_source_param` erweitert werden.

Parameter

▷ **`PluginName`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Bildquellen-Plugins.
Default: 'none'
Wertevorschläge: `PluginName` ∈ {'none', 'ignore', 'mvtec_gigevision', 'mvtec_usb3vision', 'mvtec_realsense', 'mvtec_gstreamer', 'mvtec_mediafoundation', '<plugin_name>'}

▷ **`DeviceID`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
ID des Bildquellengeräts.
Default: 'none'
Wertevorschläge: `DeviceID` ∈ {'none', 'ignore'}

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Generischer Parametername.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'plugin_path', 'interface_id', 'device_user_name', 'device_serial_number', 'stream_id'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *integer* / real / string
Generischer Parameterwert.
Default: []

▷ **`ImageSourceHandle`** (output_control) . . . . . image_source ⇝ *handle*
Erzeugtes Bildquellen-Handle, das Kennungen von Modulen enthält.

Beispiel

```
* Specify the plugin for GigE Vision devices via its name.
create_image_source ('mvtec_gigevision', 'none', [], [], ImageSourceHandle)
* Specify a plugin by providing its path.
create_image_source ('ignore', 'none', 'plugin_path', 'path/to/plugin.cti', ImageSourceH
*
* Specify a GigE Vision device by providing its unique ID.
create_image_source ('mvtec_gigevision', '00305324c805_Basler_acA244020gc', [], [], Imag
* Specify a GigE Vision camera by providing its user name.
create_image_source ('mvtec_gigevision', 'ignore', 'device_user_name', 'MyDevice', Image
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_image_source` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`connect_image_source`, `get_image_source_param`, `set_image_source_param`

Alternativen

`query_image_sources`

Siehe auch

`query_image_sources`

Modul

Foundation

disconnect_image_source (: : ImageSourceHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Trennt eine Verbindung zu einer Bildquelle.

`disconnect_image_source` trennt die Verbindung des Bildquellenmoduls, das in `ImageSourceHandle` spezifiziert wird. Nach dem Aufruf ist das Handle `ImageSourceHandle` in einem unverbundenen Zustand.

Aktuell werden keine generischen Parameter `GenParamName` und `GenParamValue` unterstützt.

Parameter

- ▷ **ImageSourceHandle** (input_control) . . . . . image_source ⇝ *handle*
  Bildquellen-Handle, dessen Verbindung getrennt werden soll.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Generischer Parametername.
  Default: []
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *integer* / real / string
  Generischer Parameterwert.
  Default: []

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und die Verbindung zu den gewünschten Bildquellenmodulen können getrennt werden, gibt `connect_image_source` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`stop_image_source`, `connect_image_source`

Siehe auch

`connect_image_source`

Modul

Foundation

fetch_from_image_source (: Images : ImageSourceHandle : Data)

Holen von Bildern und zugehörigen Metadaten aus der Pufferwarteschlange einer Bildquelle.

fetch_from_image_source holt die Bilder Images aus der Pufferwarteschlange der in dem Handle ImageSourceHandle definierten Bildquelle. Für konventionelle Geräte ist Images üblicherweise ein einzelnes Bild, wohingegen komplexere Sensoren, wie z.B. 3D Sensoren, mehrere Bilder gleichzeitig liefern können. Zusätzlich werden in Data Metainformationen zurückgegeben.

fetch_from_image_source versucht Bilder aus der Pufferwarteschlange der Bildquelle zu ziehen und für die Anwendung bereitzustellen. Falls die Pufferwarteschlange leer ist wartet der Operator darauf, dass ein Bild in der Pufferwarteschlange ankommt bis der eingestellte Timeout erreicht wird (siehe *'fetch_timeout'* in get_image_source_param). Sind bereits Bilder in der Pufferwarteschlange angekommen bevor fetch_from_image_source ausgeführt wurde, wird sofort ein Puffer aus der Warteschlange gezogen und das enthaltene Bild bereitgestellt. Die Laufzeit des Operators hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie beispielsweise dem Zustand der Pufferwarteschlange und der aktuellen Konfiguration des Bildquellen-Gerätes. Siehe *'num_buffers'* in get_image_source_param für Informationen zur Anpassung der Kapazität der Pufferwarteschlange.

Die zurückgegebenen Metainformationen in Data enthalten, soweit vom entsprechenden Plugin unterstützt, die folgenden Parameter:

'frame_id' Linear ansteigender Bildzähler, der zusammen mit den Bilddaten übertragen wird. Unregelmäßigkeiten in der Zählsequenz weisen auf verloren gegangene Puffer hin.

'is_incomplete' Status, der Aufschluss über die Vollständigkeit der aufgenommenen Daten gibt. Unvollständige Daten können auf Probleme in der Datenübertragung hinweisen.

Werteliste: *0* (vollständig), *1* (unvollständig).

'timestamp_ns' Zeitstempel [ns] des Bildes, der vom Gerät zusammen mit den Bilddaten übertragen wird. Der Parameter entspricht dem Wert der internen Uhr des Gerätes zur Zeit der Aufnahme.

Das Gerät und ein zugehöriger Stream, die in ImageSourceHandle definiert sind, müssen beim Aufruf von fetch_from_image_source verbunden und gestartet sein. Siehe connect_image_source für Informationen zum Verbinden und start_image_source zum Starten einer Bildquelle.

Parameter

▷ **Images** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
Zurückgegebene Bilder.

▷ **ImageSourceHandle** (input_control) . . . . . image_source ⇝ *handle*
Handle der Bildquelle, auf deren Pufferwarteschlange zugegriffen werden soll.

▷ **Data** (output_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Metainformationen über die Bilder.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, gibt fetch_from_image_source den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

start_image_source

Nachfolger

stop_image_source

Modul

Foundation

get_image_source_param (: : ImageSourceHandle, Param, GenParamName, GenParamValue : Value)

Gibt den Wert eines Bildquellenparameters zurück.

Der Operator get_image_source_param gibt die Parameterwerte oder -eigenschaften eines Bildquellen-Handles ImageSourceHandle in Value zurück.

Der Parameter wird in Param festgelegt. Die Parametergruppe kann mit generischen Parametern bestimmt werden. Es gibt zwei Arten von Informationen die vom Parameter Param abgefragt werden können. Mit GenParamName kann unterschieden werden, ob der Wert oder Metainformationen bezüglich des Parameters zurückgegeben werden soll. Folgende Optionen bestehen für GenParamName:

'group' Die Parametergruppe, der der Parameter zugeordnet ist, wird in GenParamValue festgelegt, indem eine dieser Optionen gesetzt wird:

- *'image_source'*,
- *'plugin'*,
- *'interface'*,
- *'local_device'*,
- *'device'*,
- *'stream'*.

Werden keine generischen Parameter gesetzt, werden GenParamName = *'group'* und GenParamValue = *'device'* standardmäßig angenommen.

Die Gruppe *'image_source'* ist immer verfügbar, während für die restlichen Parametergruppen eine Verbindung bestehen muss.

'property' Gibt Metainformationen über Param zurück. Die entsprechende Eigenschaft des Parameters wird in GenParamValue festgelegt, indem eine dieser Optionen gesetzt wird:

- *'access'*: Gibt Zugriffsberechtigungen als String zurück.
  Werteliste: *'na'* ((momentan) nicht verfügbar), *'ro'* (nur Lesezugriff), *'rw'* (lesen/schreiben), *'wo'* (nur Schreibzugriff).
- *'description'*: Gibt eine Parameterbeschreibung als String zurück.
- *'display_name'*: Gibt den Anzeigenamen des Parameters als String zurück.
- *'increment'*: Gibt die Schrittweite des Parameters als reelle Zahl oder Integer (abhängig vom Parametertyp) zurück.
- *'max'*: Gibt den maximalen Wert des Parameters als reelle Zahl oder Integer (abhängig vom Parametertyp) zurück.
- *'min'*: Gibt den minimalen Wert des Parameters als reelle Zahl oder Integer (abhängig vom Parametertyp) zurück.
- *'persistable'*: Gibt Information über die Persistenz des Parameters als Integer zurück.
  Werteliste: *0* (false), *1* (true).
- *'tooltip'*: Gibt eine Kurzbeschreibung des Parameters zurück.
- *'type'*: Gibt den Parametertyp als String zurück.
  Werteliste: *'boolean'*, *'command'*, *'enumeration'* (String aus einer festen Liste möglicher Werte), *'integer'*, *'real'*, *'register'*, *'string'*.
- *'values'*: Gibt eine Liste aller möglichen Werte für Parameter des Typs *'type'* = *'enumeration'*, sowie für einige der Typen *'integer'* und *'real'*.
- *'visibility'*: Gibt Informationen über die Sichtbarkeit des Parameters zurück.
  Werteliste: *'basic'*, *'advanced'*, *'all'*.

Parameter des Bildquellen-Handles

Es ist von der Bildquelle und ihrem Zustand abhängig, welche Parameter Param abgefragt werden können. Während manche Parameter spezifisch für den Software- oder Hardwarehersteller sind und manche davon abhängig sind ob das Gerät verbunden ist, sind die Parameter der Gruppe *'image_source'* immer verfügbar. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick , welche Parameter mit set_image_source_param gesetzt werden können und welche mit get_image_source_param ausgelesen werden können. Eine Beschreibung der Parameter findet sich unterhalb der Tabelle.

GenParamName	set	get
'device_access_flags'	x	x
'device_access_status'		x
'device_connect_mode'		x
'device_id'	x	x
'device_is_connected'		x
'device_query_timeout'	x	x
'device_user_name'	x	x
'device_serial_number'	x	x
'fetch_timeout'	x	x
'interface_connect_mode'		x
'interface_display_name'		x
'interface_id'	x	x
'interface_is_connected'		x
'interface_query_timeout'	x	x
'num_buffers'	x	x
'plugin_connect_mode'		x
'plugin_is_connected'		x
'plugin_name'	x	x
'plugin_path'	x	x
'stream_connect_mode'		x
'stream_id'	x	x
'stream_is_connected'		x
'stream_state'		x
'version'		x

'device_access_flags' GenTL-Zugriffs-Flags, die beim Verbindungsversuch mit dem Gerät verwendet werden.

- *'control'*: Öffnen des Geräts so, dass andere Hosts/Prozesse nur Lesezugriff auf das Gerät haben. Der Gerätezugriffsmodus ist für diesen Prozess Lese-/Schreibzugriff.
- *'exclusive'*: Öffnen des Geräts so, dass nur dieser Host/Prozess Zugriff auf das Gerät hat. Der Gerätezugriffsmodus ist für diesen Prozess Lese-/Schreibzugriff.
- *'none'*: Entweder ist das Gerät nicht geöffnet weil es zuvor noch nicht geöffnet wurde, oder der Zugriff verweigert wurde.
- *'read_only'*: Öffnen des Geräts nur mit Lesezugriff. Alle Port-Funktionen haben nur Lesezugriff auf das Gerät.
- *'unknown'*: Nicht in einem Befehl verwendet. Kann verwendet werden, um eine Variable zu initialisieren, um diese Information abzufragen.

'device_access_status' Momentaner GenTL Zugriffsstatus des Geräts.

- *'busy'*: Das Gerät wurde bereits von einem anderen Host/Prozess im Modus *'exclusive'* geöffnet.
- *'open_read_only'*: Das Gerät wurde bereits von diesem Prozess geöffnet. Die Verbindung wir so eingerichtet, dass nur Lesezugriff zulässig ist, eine andere Anwendung ist bereits im Modus *'control'* (siehe *'device_access_flags'*).
- *'open_read_write'*: Das Gerät wurde bereits von diesem Prozess im Modus *'exclusive'* oder *'control'* geöffnet (siehe *'device_access_flags'*).
- *'no_access'*: Auf das Gerät ist kein Zugriff möglich.
- *'read_only'*: Nur mit Lesezugriff auf das Gerät möglich.
- *'read_write'*: Lese-/Schreibzugriff auf das Gerät möglich. (siehe *'device_access_flags'*).
- *'unknown'*: Gerätezugriff nicht bekannt.

'device_connect_mode' Verbindungsmodus für das Gerätemodul.

- *'automatic'*: Kein Identifikator wird angegeben, das benötigte Modul wird automatisch gefunden und verbunden.

- *'exact'*: Ein Modulidentifikator wurde für die Verbindung zum Modul angegeben.
- *'none'*: Keine Modulverbindung notwendig.

'device_id' Identifikator für das Gerät als String. Kann angegeben werden um das Gerätemodul zu spezifizieren, das mit `connect_image_source` geöffnet wird.

'device_is_connected' Verbindungsstatus eines Geräts als Integer.

Werteliste: *0* (nicht verbunden), *1* (verbunden).

'device_query_timeout' Gewünschter Timeout [ms] um ausstehende Geräteabfragen abzubrechen. Wird als Timeout für die Geräteerkennung in GigE Vision Transport-Layern verwendet. Wird *-1* festgelegt, wird der Timeout auf unendlich gesetzt.

Default: *1100*

'device_serial_number' Seriennummer des Geräts. Kann verwendet werden um ein Gerät zu spezifizieren ohne direkt die *'device_id'* angeben zu müssen.

'device_user_name' Nutzername des Gerätes als String. Kann verwendet werden um ein Gerät zu spezifizieren ohne direkt die *'device_id'* angeben zu müssen.

'fetch_timeout' Gewünschter Timeout [ms] um einen ausstehenden Bildeinzug abzubrechen. Wird *-1* festgelegt, wird der Timeout auf unendlich gesetzt.

Default: *5000*

'interface_connect_mode' Verbindungsmodus für das Interface-Modul.

- *'automatic'*: Kein Identifikator wird angegeben, das benötigte Modul wird automatisch gefunden und verbunden.
- *'exact'*: Ein Modulidentifikator wurde für die Verbindung zum Modul angegeben.
- *'none'*: Keine Modulverbindung notwendig.

'interface_display_name' Gibt eine menschenlesbaren sekundären Identifikator für das Interface als String zurück.

'interface_id' Identifikator für das Interface als String. Kann angegeben werden um das Interface-Modul zu spezifizieren, das mit `connect_image_source` geöffnet wird.

'interface_is_connected' Verbindungsstatus eines Interfaces als Integer.

Werteliste: *0* (nicht verbunden), *1* (verbunden).

'interface_query_timeout' Gewünschter Timeout [ms] um ausstehende Interface-Abfragen abzubrechen. Wird *-1* festgelegt, wird der Timeout auf unendlich gesetzt.

Default: *1100*

'num_buffers' Anzahl Buffer, die von `start_image_source` für den Bildeinzug angelegt wird. Eine höhere Anzahl Buffer kann bei kurzzeitigen Belastungsspitzen des Host-Systems den Verlust von Bildern verhindern.

Default: *4*

'plugin_connect_mode' Verbindungsmodus für das Plugin-Modul.

- *'automatic'*: Kein Identifikator wird angegeben, das benötigte Modul wird automatisch gefunden und verbunden.
- *'exact'*: Ein Modulidentifikator wurde für die Verbindung zum Modul angegeben.
- *'none'*: Keine Modulverbindung notwendig.

'plugin_is_connected' Verbindungsstatus eines Plugins als Integer.

Werteliste: *0* (nicht verbunden), *1* (verbunden).

'plugin_name' Name des Plugins als String.

'plugin_path' Pfad zur `.cti` Plugin-Datei. Kann verwendet werden um die Plugin-Datei zu spezifizieren, auch wenn die GenTL-Umgebungsvariablen zur Plugin-Detektion den Pfad der gewünschten Plugin-Datei nicht enthalten.

'stream_connect_mode' Verbindungsmodus für das Stream-Modul.

- *'automatic'*: Kein Identifikator wird angegeben, das benötigte Modul wird automatisch gefunden und verbunden.
- *'exact'*: Ein Modulidentifikator wurde für die Verbindung zum Modul angegeben.
- *'none'*: Keine Modulverbindung notwendig.

'stream_id' Identifikator für den Stream als String. Kann angegeben werden um das Stream-Modul zu spezifizieren, das mit `connect_image_source` geöffnet wird.

'stream_is_connected' Verbindungsstatus eines Streams als Integer.

Werteliste: *0* (nicht verbunden), *1* (verbunden).

'stream_state' Aktueller Zustand des Streams.

- *'initialized'*: Stream ist initialisiert, aber läuft nicht.
- *'running'*: Stream läuft. Das heißt, dass Ressourcen wie Threads und Buffer angelegt sind um Bilder empfangen zu können. In Abhängigkeit der Gerätekonfiguration werden Bilder in diesem Zustand dauerhaft im Hintergrund übertragen.

'version' Versionsnummer der Bildquellen-Bibliothek.

Für Plugins, die von MVTec zur Verfügung gestellt werden, beschreibt die MVTec Interfaces Reference Documentation alle Plugin-spezifischen Parameter.

Für die Beschreibung weiterer Parameter wird auf die Dokumentation der entsprechenden Software- oder Hardwarehersteller verwiesen.

Parameter

▷ **`ImageSourceHandle`** (input_control) ..... image_source ⇝ *handle*
Bildquellen-Handle.

▷ **`Param`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Abgefragter Parameter.

▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
Generischer Parametername.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'group', 'property'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) ..... attribute.value-array ⇝ *integer* / real / string
Generischer Parameterwert.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'image_source', 'plugin', 'interface', 'local_device', 'device', 'stream', 'tooltip', 'description', 'display_name', 'visibility', 'access', 'type', 'persistable', 'min', 'max', 'increment', 'values'}

▷ **`Value`** (output_control) ..... string-array ⇝ *string* / real / integer / handle
Abgefragter Wert.

Beispiel

```
* Get current selected pixel format (notice per default 'group'='device').
get_image_source_param (ImageSourceHandle, 'PixelFormat', [], [], PixelFormat)
* Get list of supported pixel formats by the device.
get_image_source_param (ImageSourceHandle, 'PixelFormat', 'property', 'values', Availabl
* Get the version information of the plugin.
get_image_source_param (ImageSourceHandle, 'TLVersion', 'group', 'plugin', Version)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, gibt `get_image_source_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`query_image_sources`, `create_image_source`, `connect_image_source`

Nachfolger

`set_image_source_param`, `disconnect_image_source`

Siehe auch

set_image_source_param

Modul

Foundation

query_image_sources (: : PluginName, GenParamName, GenParamValue : ImageSourceHandles)

Gibt Handles zurück, die Bildquellen entsprechen.

Entsprechend der Abfrage die durch den Plugin-Namen und den generischen Eingabeparametern spezifiziert wird gibt query_image_sources die entsprechenden Handles in ImageSourceHandles zurück. Die abgefragten Handles sind in einem unverbundenen Zustand.

Es können Bildquellen-Handles der verschiedenen Bildquellenmodule abgefragt werden:

- Plugins,
- Interfaces,
- Geräte und
- Streams.

Diese Module sind in einer hierarchischen Eltern-Kind-Konfiguration strukturiert, wobei jedes Modul als übergeordnetes Modul für das nachfolgende fungiert.

Für weitere Informationen zum Bildquellenkonzept siehe Bildquelle. Siehe die MVTec Interfaces Reference Documentation für die Dokumentation der einzelnen MVTec Bildquellen-Plugins.

Um die Abfrage auf ein spezifisches Plugin zu beschränken kann dessen Name in PluginName gesetzt werden. Um alle verfügbaren Plugins gleichzeitig abzufragen kann PluginName auf *'all'* gesetzt werden. PluginName muss auf *'ignore'* gesetzt werden, wenn Informationen zu einem speziellen Plugin- oder Interface-Handle abgefragt werden.

Werteliste: *'all'*, *'ignore'*, *'<plugin_name>'*.

Default: *'all'*.

Die generischen Parameter GenParamName und GenParamValue werden verwendet, um den Umfang der Abfrage festzulegen. Die unterstützten GenParamName sind:

'query': Abfrage von Handles verfügbarer Bildquellen.
Die Optionen für GenParamValue sind:

'plugins': Für jedes verfügbare Plugin wird ein Handle zurückgegeben.

'interfaces': Für jedes verfügbare Interface wird ein Handle zurückgegeben, welches dem Interface- und dem übergeordneten Plugin-Modul entspricht.

'devices': Für jedes verfügbare Gerät wird ein Handle zurückgegeben, welches dem Geräte-, sowie dem übergeordneten Interface- und Plugin-Modul entspricht.

'streams': Für jeden verfügbaren Stream wird ein Handle zurückgegeben, welches dem Stream-, sowie dem übergeordneten Geräte-, Interface- und Plugin-Modul entspricht. PluginName muss auf *'ignore'* gesetzt sein.
Zu beachten: Zusammen mit den generischen Parametern *'query'* und *'streams'*, muss auch der Parameter *'device_handle'* und ein Geräte-Handle übergeben werden:

```
query_image_sources('ignore', ['query', 'device_handle'] ,
['streams', DeviceHandle], QueriedStreams)
```

'plugin_handle': Spezifiziert ein verbundenes Plugin-Handle in GenParamValue, von dem aus alle Interface- oder Geräte-Handles abgefragt werden. Siehe connect_image_source für Informationen über das verbinden mit Bildquellen. PluginName muss auf *'ignore'* gesetzt werden.

'interface_handle': Spezifiziert ein verbundenes Interface-Handle in GenParamValue, von dem aus Geräte-Handles abgefragt werden. Siehe connect_image_source für Informationen über das verbinden mit Bildquellen. PluginName muss auf *'ignore'* gesetzt werden.

'device_handle': Spezifiziert ein verbundenes Geräte-Handle in `GenParamValue`, von dem aus Stream-Handles abgefragt werden (siehe die Option *'query'* oben). Siehe `connect_image_source` für Informationen über das verbinden mit Bildquellen.

Parameter

▷ **`PluginName`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Bildquellen-Plugins.
Default: 'all'
Wertevorschläge: `PluginName` ∈ {'all', 'ignore', 'mvtec_gigevision', 'mvtec_usb3vision', 'mvtec_realsense', 'mvtec_gstreamer', 'mvtec_mediafoundation', '<plugin_name>'}

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Generischer Parametername.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'query', 'image_source_handle', 'plugin_handle', 'interface_handle', 'device_handle'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / handle
Generischer Parameterwert.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'plugins', 'interfaces', 'devices', 'streams'}

▷ **`ImageSourceHandles`** (output_control) . . . . . image_source-array ⇝ *handle*
Bildquellen-Handles, die den im System verfügbaren Modulen entsprechen.

Beispiel

```
* Query different modules.
query_image_sources ('all', 'query', 'plugins', Plugins)
query_image_sources ('all', 'query', 'interfaces', Interfaces)
query_image_sources ('all', 'query', 'devices', Devices)
* Connect to an available plugin and interface.
connect_image_source (Plugins[0], [], [])
connect_image_source (Interfaces[0], [], [])
* Restrict query to all device modules of one connected plugin.
query_image_sources ('ignore', 'plugin_handle', Plugins[0], PluginSubHandles)
* Restrict query to all sub-modules down to the interface level of one connected plugin.
query_image_sources ('ignore', ['query', 'plugin_handle'], ['interfaces', Plugins[0]], I
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `query_image_sources` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`connect_image_source`, `get_image_source_param`, `set_image_source_param`

Alternativen

`create_image_source`

Siehe auch

`create_image_source`

Modul

Foundation

set_image_source_param (: : ImageSourceHandle, Param, GenParamName, GenParamValue, Value :)

Setzen eines Bildquellenparameters.

Der Operator set_image_source_param setzt die Parameterwerte oder Parametereigenschaften für ein Bildquellen-Handle ImageSourceHandle in Value.

Der Parameter wird in Param festgelegt. Die Parametergruppe kann mit generischen Parametern bestimmt werden. Es bestehen die folgenden Optionen für GenParamName:

'group' Die Parametergruppe, der der Parameter zugeordnet ist, wird in GenParamValue festgelegt, indem eine dieser Optionen gesetzt wird:

- *'image_source'*,
- *'plugin'*,
- *'interface'*,
- *'local_device'*,
- *'device'*,
- *'stream'*.

Werden keine generischen Parameter gesetzt, werden GenParamName = *'group'* und GenParamValue = *'device'* standardmäßig angenommen.

'command_wait' Die Beendigung der Kommandoausführung (blockierende Operation) soll abgewartet werden.

Werteliste: *'false'*, *'true'*

Default: *'true'*

Restriktion: Nur für Param des Typs *'command'* möglich.

'command_wait_interval' Abfrageintervall in [ms] zur Überprüfung, ob die Kommandoausführung abgeschlossen wurde.

Default: *100*

Restriktion: Nur für Param des Typs *'command'* möglich.

'command_wait_timeout' Zeit in [ms], die auf das Ende der Kommandoausführung gewartet werden soll.

Default: *5000*

Restriktion: Nur für Param des Typs *'command'* möglich.

Es ist von der Bildquelle und ihrem Zustand abhängig, welche Parameter Param gesetzt werden können. Während manche Parameter spezifisch für den Software- oder Hardwarehersteller sind und manche davon abhängig sind ob das Gerät verbunden ist, sind die Parameter der Gruppe *'image_source'* immer verfügbar. Die folgende Liste gibt einen Überblick , welche Parameter mit set_image_source_param gesetzt werden können. Eine Beschreibung der Parameter ist in get_image_source_param gegeben.

'device_access_flags'

'device_id'

'device_query_timeout'

'device_user_name'

'device_serial_number'

'fetch_timeout'

'interface_id'

'interface_query_timeout'

'num_buffers'

'plugin_name'

'plugin_path'

'stream_id'

Für Plugins, die von MVTec zur Verfügung gestellt werden, beschreibt die MVTec Interfaces Reference Documentation alle Plugin-spezifischen Parameter.

`Param` wird verwendet um den gewünschten Parameter zu bestimmen. Der Wert, den der Parameter annehmen soll, wird in `Value` übergeben. Parameter vom Typ *'command'* können ausgeführt werden indem `Value` auf *'execute'* gesetzt wird.

Parameter

- ▷ **`ImageSourceHandle`** (input_control) . . . . . image_source ⇝ *handle*
  Bildquellen-Handle.
- ▷ **`Param`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Parameter, dessen Wert gesetzt werden soll.
- ▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Generischer Parametername.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'group', 'command_wait', 'command_wait_timeout', 'command_wait_interval'}
- ▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *integer* / real / string
  Generischer Parameterwert.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'image_source', 'plugin', 'interface', 'local_device', 'device', 'stream', 1, 5000, 100}
- ▷ **`Value`** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string* / real / integer
  Zu setzender Wert.

Beispiel

```
* Configure or change the 'device_id' of the ImageSource (before the connect).
set_image_source_param (ImageSourceHandle,'device_id', 'group', 'image_source', '<desire
* Configure the ExposureTime of the connected camera (notice per default 'group'='device
set_image_source_param (ImageSourceHandle, 'ExposureTime', [], [], 50000)
* Execute a software trigger (notice per default 'group'='device') without waiting for t
set_image_source_param (ImageSourceHandle, 'TriggerSoftware', 'command_wait', 0,'execute
* Configure the handling of image buffers in the stream module.
set_image_source_param (ImageSourceHandle, 'StreamBufferHandlingMode', 'group', 'stream'
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, gibt `set_image_source_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`query_image_sources`, `create_image_source`, `connect_image_source`

Nachfolger

`get_image_source_param`, `disconnect_image_source`

Siehe auch

`get_image_source_param`

Modul

Foundation

`snap_from_image_source` (: Images : ImageSourceHandle : Data)

Einziehen von Bildern und zugehörigen Metadaten von einer Bildquelle.

snap_from_image_source löst aktiv den Einzug der Bilder Images mit der im Handle ImageSourceHandle definierten Bildquelle aus. Für konventionelle Geräte ist Images üblicherweise ein einzelnes Bild, wohingegen komplexere Sensoren, wie z.B. 3D Sensoren, mehrere Bilder gleichzeitig liefern können. Zusätzlich werden in Data Metainformationen zurückgegeben.

Intern wird beim Aufruf von snap_from_image_source der Bildeinzug gestartet, ein Bild eingezogen und die Aufnahme wieder beendet, wodurch wieder alle Ressourcen freigegeben werden. Der Aufruf ist daher auf den einfachen asynchronen Einzug eines Bildes ausgerichtet. Siehe fetch_from_image_source für kontinuierlichen Bildeinzug.

Metainformationen werden, soweit vom entsprechenden Plugin unterstützt, in Data zurückgegeben. Die bereitgestellten Parameter sind in fetch_from_image_source beschrieben.

Das in ImageSourceHandle definierte Gerät muss beim Aufruf von snap_from_image_source verbunden sein. Siehe connect_image_source für Informationen zum Verbinden einer Bildquelle.

Parameter

- ▷ **Images** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
  Eingezogene Bilder.
- ▷ **ImageSourceHandle** (input_control) . . . . . image_source ⇝ *handle*
  Handle der Bildquelle, die die Bilder aufnimmt.
- ▷ **Data** (output_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
  Metainformationen über die Bilder.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, gibt snap_from_image_source den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

connect_image_source, set_image_source_param

Nachfolger

disconnect_image_source

Modul

Foundation

start_image_source (: : ImageSourceHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Vorbereiten der Bildquelle für die kontinuierliche Aufnahme, Übertragung und das Empfangen von Bildern.

start_image_source bereitet die im Handle ImageSourceHandle definierte Bildquelle für die kontinuierliche Aufnahme, Übertragung und das Empfangen von Bildern vor. Diese Vorbereitungen beinhalten beispielsweise die Speicherallokation, das Starten des Empfängers und zuletzt dem Starten des sendenden Geräts. Der Statusparameter *'stream_state'* wechselt, nach erfolgreichem Starten, von *'initialized'* auf *'running'*.

Sobald der Stream gestartet wurde, werden in der Annahme, dass die Gerätekonfiguration im Freilaufmodus ist, kontinuierlich Bilder eingezogen und in der Pufferwarteschlange des Empfängers gespeichert. Bilder können mit fetch_from_image_source aus der Pufferwarteschlange geholt werden. Siehe *'num_buffers'* in get_image_source_param für Informationen zur Anpassung der Kapazität der Pufferwarteschlange.

Das in ImageSourceHandle definierte Gerät und der entsprechende Stream müssen beim Aufruf von start_image_source verbunden sein. Wie eine Verbindung zu einer Bildquelle hergestellt wird, ist in connect_image_source beschrieben.

Aktuell werden keine generischen Parameter GenParamName und GenParamValue unterstützt.

Parameter

▷ **ImageSourceHandle** (input_control) ..... image_source ⇝ *handle*
Handle der Bildquelle, deren Stream gestartet wird.

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
Generischer Parametername.
Default: []

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value-array ⇝ *integer* / real / string
Generischer Parameterwert.
Default: []

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, gibt start_image_source den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

connect_image_source, set_image_source_param

Nachfolger

fetch_from_image_source, stop_image_source

Siehe auch

stop_image_source

Modul

Foundation

stop_image_source (: : ImageSourceHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Beenden der kontinuierlichen Aufnahme, Übertragung und des Empfangens von Bildern.

stop_image_source beendet die kontinuierliche Aufnahme, Übertragung und das Empfangen von Bildern mit der im Handle ImageSourceHandle definierten Bildquelle. Die mit start_image_source durchgeführten Vorbereitungen werden rückgängig gemacht. Der Statusparameter *'stream_state'* wechselt beim Aufruf von stop_image_source von *'running'* auf *'initialized'*.

stop_image_source kann von einem anderen Thread aus verwendet werden um einen blockierenden Aufruf von fetch_from_image_source abzubrechen.

Aktuell werden keine generischen Parameter GenParamName und GenParamValue unterstützt.

Parameter

▷ **ImageSourceHandle** (input_control) ..... image_source ⇝ *handle*
Handle der Bildquelle, deren Stream beendet wird.

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
Generischer Parametername.
Default: []

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value-array ⇝ *integer* / real / string
Generischer Parameterwert.
Default: []

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, gibt stop_image_source den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`start_image_source`, `fetch_from_image_source`

Nachfolger

`disconnect_image_source`

Siehe auch

`start_image_source`

Modul

Foundation

Kapitel 8

Datei

8.1 Bilddaten

deserialize_image (: Image : SerializedItemHandle :)

Deserialisieren eines serialisierten Bildobjekts.

deserialize_image deserialisiert ein Bildobjekt, welches mit serialize_image serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte Bildobjekt wird in dem Parameter SerializedItemHandle übergeben. Das deserialisierte Bildobjekt wird in dem durch den Parameter Image definierten Objekt gespeichert.

Parameter

▷ **Image** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / complex / int2 / uint2 / vector_field / int4 / int8 / real

Bildobjekt.

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*

Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_image den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

fread_serialized_item, receive_serialized_item, serialize_image

Nachfolger

disp_image, threshold, regiongrowing, count_channels, decompose3, class_ndim_norm, gauss_filter, fill_interlace, zoom_image_size, zoom_image_factor, crop_part, write_image, rgb1_to_gray

Siehe auch

serialize_image

Modul

Foundation

image_to_memory_block (Image : : Format,
FillColor : MemoryBlockHandle)

Schreiben eines Bildes in einen Speicherblock in verschiedenen Grafikformaten.

image_to_memory_block schreibt das angegebene Bild Image im Format Format in den Speicherblock MemoryBlockHandle. Falls die Domäne im gewünschten Format nicht abgespeichert werden kann (das ist der Fall bei 'jpeg'), erhalten die Pixel außerhalb der Region die durch FillColor definierte Farbe. Für Grauwertbilder muss ein Wert zwischen *0* (Schwarz) und *255* (Weiß) angegeben werden, bei Farbbildern können direkt die RGB-Werte angegeben werden, z.B. hexadezimal: *0xffff00* für einen gelben Hintergrund (Rot=255, Grün=255, Blau=0).

Es können folgende Formate in Format gesetzt werden:

'jpeg': JPEG-Format (verlustbehaftete Komprimierung), Dateiendung *.jpg Dieses Format kann nur Bilder mit einem Kanal (Grauwertbilder) oder mit drei Kanälen (RGB-Farbbilder) speichern.

Für dieses Format werden nur Bilder mit dem Pixeltyp byte unterstützt.

Zusammen mit dem Format kann ein Qualitätsmaß angeben werden, das die Komprimierungsrate und die Qualität des gespeicherten Bildes bestimmt. Große Werte (Maximum 100) erzeugen einen relativ großen Speicherblock mit hoher Qualität, bei kleinen Werten nimmt die Qualität und die Größe des Speicherblocks deutlich ab.

Mögliche Werte: *'jpeg'*, *'jpeg 30'*, *'jpeg 60'*.

Achtung: Bilder, die zu einem späteren Zeitpunkt noch ausgewertet werden müssen, sollten aufgrund der Verluste nicht im JPEG-Format abgespeichert werden!

'png': PNG-Format (verlustfreie Komprimierung), Dateiendung *.png Dieses Format kann nur Bilder mit einem Kanal (Grauwertbilder) oder mit drei Kanälen (Farbbilder) speichern. Die maximal unterstützte Bildgröße (Breite x Höhe) für PNG beträgt $2^{31} - 1$, auch in HALCON XL.

Im PNG Format können Bilder vom Typ byte und uint2 abgespeichert werden.

Zusammen mit dem Format kann ein Komprimierungsgrad zwischen 0 und 9 angegeben werden, wobei 0 keiner Komprimierung und 9 der bestmöglichen Komprimierung entspricht. Alternativ kann die Komprimierung über Stringkonstanten ausgewählt werden.

Mögliche Werte: 'png', *'png 7'*, *'png none'*, *'png best'*, *'png fastest'*.

Falls ein Bild mit eingeschränktem Definitionsbereich übergeben wird, wird die Region als Alpha-Kanal abgespeichert, wobei die Punkte innerhalb des Definitionsbereichs mit dem maximalen Grauwert des Eingabebildtyps abgespeichert werden und die Punkte außerhalb des Definitionsbereichs mit dem Grauwert 0. Falls ein Bild mit vollem Definitionsbereich übergeben wird, wird kein Alpha-Kanal abgespeichert.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / complex / int2 / uint2 / vector_field / int4 / int8 / real

Zu speicherndes Bild.

▷ **Format** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Grafikformat.
Default: 'jpeg'
Wertevorschläge: Format ∈ {'jpeg', 'png'}

▷ **FillColor** (input_control) ..... number ⇝ *integer* / real
Grauwert für Bildpunkte, die nicht zur Domäne (Region) des Bildes gehören.
Default: 0
Wertevorschläge: FillColor ∈ {-1, 0, 255, 65280, 16711680}

▷ **MemoryBlockHandle** (output_control) ..... memory_block ⇝ *handle*
Handle des Speicherblocks.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert image_to_memory_block den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`read_image`

Nachfolger

`get_memory_block_ptr`, `write_memory_block`, `serialize_tuple`

Siehe auch

`memory_block_to_image`

Modul

Foundation

memory_block_to_image (: Image : MemoryBlockHandle :)

Einlesen eines Bildes aus einem Speicherblock mit unterschiedlichen Dateiformaten.

Der Operator `memory_block_to_image` liest die angegebenen Bilddaten aus dem Speicherblock `MemoryBlockHandle` und erzeugt daraus das Bild `Image`.

Die Formate JPEG und PNG können eingelesen werden. Die Dateiformate werden aufgrund der inneren Struktur des Speicherblocks erkannt. Bei Farbbildern wird ein Bild mit drei Farbkanälen erzeugt, wobei der Rotkanal in der ersten, der Grünkanal in der zweiten und der Blaukanal in der dritten Komponente (Kanalnummer) abgelegt wird.

Im Falle des PNG Bildformats werden binäre Alphakanäle als Domänen interpretiert. Ansonsten wird die Domäne des erzeugten Bildobjektes maximal (alle Bildpunkte der Matrix) gewählt.

Achtung

Falls CMYK oder YCCK JPEG Speicherblöcke gelesen werden, nimmt HALCON an, dass diese der Konvention von Adobe Photoshop folgen, gemäß der die CMYK-Kanäle invertiert gespeichert sind, d.h. 0 repräsentiert 100% Druckfarbe und nicht 0%, wie man es eigentlich erwarten würde. Die Bilder werden gemäß dieser Konvention in RGB-Bilder umgewandelt. Falls die JPEG Speicherblöcke nicht dieser Konvention folgen und die CMYK-Kanäle in der üblichen Weise abgespeichert sind, muss `invert_image` nach dem Einlesen des Bildes aufgerufen werden.

Beim Lesen von PNG-Dateien mit Alphakanal wird der Alphakanal als zweiter bzw. vierter Kanal des Ausgabebildes zurückgegeben, außer der Alpha-Kanal enthält genau zwei verschiedene Grauwerte. In diesem Fall wird ein ein- oder dreikanaliges Bild mit eingeschränktem Definitionsbereich zurückgegeben, in dem die Punkte des Definitionsbereiches den Pixeln des Alpha-Kanals mit dem höheren der zwei Grauwerte entspricht.

Parameter

▷ **Image** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / complex / int2 / uint2 / vector_field / int4 / int8 / real

Eingelesenes Bild.

▷ **MemoryBlockHandle** (input_control) ..... memory_block ⇝ *handle*

Handle des Speicherblocks.

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert `memory_block_to_image` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_memory_block, deserialize_tuple

Nachfolger

disp_image, threshold, regiongrowing, count_channels, decompose3, class_ndim_norm, gauss_filter, fill_interlace, zoom_image_size, zoom_image_factor, crop_part, write_image, rgb1_to_gray

Siehe auch

image_to_memory_block

Modul

Foundation

read_image (: Image : FileName :)

Einlesen eines Bildes mit unterschiedlichen Dateiformaten.

Der Operator read_image liest die angegebenen Bilddateien vom Hintergrundspeicher und erzeugt daraus ein Bild. Es können ein oder mehrere Dateinamen in FileName angegeben werden. In letzterem Fall wird ein Bildobjekttupel mit entsprechend vielen Elementen zurückgegeben.

HALCON-Formate (HOBJ und IMA)

Bei Dateien im HALCON-Iconic-Object-Format (HOBJ) werden Multi-Bild-Dateien als Bildobjekttupel zurückgegeben. Falls die HOBJ-Datei zusätzlich noch andere Objekt-Typen (Regionen oder XLDs) enthält, wird ein Fehler erzeugt. Die Beschreibung des Operators write_object enthält weitere Informationen über das HOBJ-Format.

Alle Bilddateien, die mit write_image (Format 'ima') geschrieben werden, haben die Extension '.ima'. Zu jedem Bild im IMA-Format kann eine Beschreibungsdatei vorhanden sein (gleicher Dateiname mit Extension '.exp'). Der Typ der Pixeldaten (byte, int4, real) wird ebenfalls der Beschreibungsdatei entnommen. Ist diese Beschreibungsdatei nicht vorhanden, so wird der Typ byte als Voreinstellung verwendet, genau wie die Standardwerte für die Datengröße ('width' x 'height') die mit get_system abgefragt werden können. Wenn die Datengröße der '.ima'-Datei nicht mit der Standardgröße übereinstimmt, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Andere Formate

Neben dem HALCON-Format können auch TIFF, GIF, BMP, JPEG, JPEG-XR JPEG-2000, PNG, PCX, SUN-Raster, PGM, PPM, PBM und XWD Dateien eingelesen werden. Die Grauwerte bei PBM-Bildern werden auf Werte 0 und 255 gesetzt. Die Dateiformate werden entweder an der Extension (soweit angegeben) oder aufgrund der inneren Struktur der Dateien erkannt. Bei Angabe der Extension wird das Bild schneller gefunden. Wird keine Extension angegeben, werden Dateien mit Extension (sofern vorhanden) Dateien ohne Extension vorgezogen. Bei PGM, PPM und PBM kann die jeweilige Extension (z.B. 'pgm') oder auch allgemein 'pnm' verwendet werden. Bei TIFF ist 'tiff' und 'tif' zulässig. Bei JPEG-XR Dateien sind die Endungen 'jxr', 'wdp', 'wmp' und 'hdp' erlaubt. Bei JPEG-2000 Dateien ist nur die Endung 'jp2' zulässig. Bei Farbbildern wird ein Bild mit drei Farbkanälen erzeugt, wobei der Rotkanal in der ersten, der Grünkanal in der zweiten und der Blaukanal in der dritten Komponente (Kanalnummer) abgelegt wird.

Im Falle der Bildformate TIFF, PNG und JPEG-2000 werden binäre Alphakanäle als Domänen interpretiert. Bei TIFF-Dateien werden zusätzlich binäre SubIFDs mit PhotometricInterpretation = TransparencyMask als Domänen interpretiert. Ansonsten wird die Domäne des erzeugten Bildobjektes maximal (= alle Bildpunkte der Matrix) gewählt.

Bei TIFF-Dateien werden Multi-Page-Dateien als Bildobjekttupel zurückgegeben. SubIFDs in einer TIFF-Datei werden nur dann eingelesen, wenn ihre Dimensionen den Dimensionen des Hauptbildes entsprechen.

Bilder des Typs 'int8' können nur auf 64-Bit-Systemen gelesen werden. Außerdem unterstützen nur die Formate IMA und TIFF diesen Bildtyp.

Bilddateien werden im aktuellen Verzeichnis und im Bilderverzeichnis von HALCON (vorgegeben durch die Umgebungsvariablen) gesucht. Das Bilderverzeichnis von HALCON ist in einer unixartigen Umgebung auf '.' und '/usr/local/halcon/images' voreingestellt und kann mit dem Befehl set_system gesetzt werden. Es kann mehr als ein Bilderverzeichnis angegeben werden. Dies geschieht, indem man die einzelnen Verzeichnisse durch einen Doppelpunkt trennt.

Weiterhin kann der Suchpfad mit der Environment-Variablen HALCONIMAGES gesetzt werden (gleicher Aufbau wie bei `'image_dir'`). Beispiel:

```
setenv HALCONIMAGES \dq /usr/images:/usr/local/halcon/images\dq
```

Ebenso sucht HALCON die Bilder in dem Unterverzeichnis `'images'` (Bilder für die Programmbeispiele). Für das HALCON-Verzeichnis wird die Environment-Variable HALCONROOT verwendet.

Achtung

Falls CMYK oder YCCK JPEG/JPEG-XR-Dateien gelesen werden, nimmt HALCON an, dass diese Dateien der Konvention von Adobe Photoshop folgen, gemäß der die CMYK-Kanäle invertiert gespeichert sind, d.h. 0 repräsentiert 100% Druckfarbe und nicht 0%, wie man es eigentlich erwarten würde. Die Bilder werden gemäß dieser Konvention in RGB-Bilder umgewandelt. Falls die JPEG-Dateien nicht dieser Konvention folgen und die CMYK-Kanäle in der üblichen Weise abgespeichert sind, muss `invert_image` nach dem Einlesen des Bildes aufgerufen werden.

Beim Lesen von PNG-Dateien mit Alphakanal wird der Alphakanal als zweiter bzw. vierter Kanal des Ausgabebildes zurückgegeben, außer der Alpha-Kanal enthält genau zwei verschiedene Grauwerte. In diesem Fall wird ein ein- oder dreikanaliges Bild mit eingeschränktem Definitionsbereich zurückgegeben, in dem die Punkte des Definitionsbereiches den Pixeln des Alpha-Kanals mit dem höheren der zwei Grauwerte entspricht.

Parameter

▷ **`Image`** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / complex / int2 / uint2 / vector_field / int4 / int8 / real

Eingelesenes Bild.

▷ **`FileName`** (input_control) ..... filename.read(-array) ⇝ *string*

Name des einzulesenden Bildes.
Default: 'printer_chip/printer_chip_01'
Wertevorschläge: `FileName` ∈ {'fabrik', 'fuse', 'mreut', 'multiple_dies_01', 'particle', 'patras', 'printer_chip/printer_chip_01', 'rings_and_nuts', 'tooth_rim'}
Dateiendung: `.hobj`, `.ima`, `.tif`, `.tiff`, `.gif`, `.bmp`, `.jpg`, `.jpeg`, `.jp2`, `.jxr`, `.png`, `.pcx`, `.ras`, `.xwd`, `.pbm`, `.pnm`, `.pgm`, `.ppm`

Beispiel

```
* Reading an image:
  read_image(Image,'mreut')

* Reading 3 images into an image array:
  read_image(Images,['ic0','ic1','ic2'])

* Setting of search path for images on '/mnt/images' and '/home/images':
  set_system('image_dir','/mnt/images:/home/images')
```

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert `read_image` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`disp_image`, `threshold`, `regiongrowing`, `count_channels`, `decompose3`, `class_ndim_norm`, `gauss_filter`, `fill_interlace`, `zoom_image_size`, `zoom_image_factor`, `crop_part`, `write_image`, `rgb1_to_gray`

Alternativen

`read_sequence`

Siehe auch

set_system, write_image

Modul

Foundation

read_image_metadata (: : Format, TagName, FileName : TagValue)

Einlesen von Metadaten einer Bilddatei.

Der Operator read_image_metadata liest die Metadaten der Datei FileName und gibt die Information unter TagValue zurück. Dabei spezifiziert TagName einen einzelnen Tag oder ein Tupel von Tags, für welche die jeweilige Information gelesen werden soll. Der Parameter Format gibt an, in welchem Format die Metadaten vorliegen.

Der Operator unterstützt für Format die TIFF Metadatenformate *'tiff'* und *'bigtiff'*. Dabei wird eine Dateiendung .tif vorausgesetzt.

Die folgenden Tags sind lesbar:

TagName	**Datentyp von** TagValue
'tiff_aperture_value'	Gleitkommazahlen
'tiff_copyright'	String
'tiff_date_time'	String
'tiff_exposure_time'	Gleitkommazahlen
'tiff_image_description'	String
'tiff_light_source'	Ganzzahl
'tiff_make'	String
'tiff_software'	String

Es gilt zu beachten, dass der Operator einen Fehler wirft, wenn für den angegebenen Tag TagName kein Wert gesetzt ist.

Alle lesbaren Tags können mit dem String *'tiff_tags_supported_for_reading'* für TagName abgerufen werden, alle schreibbaren Tags mit dem String *'tiff_tags_supported_for_writing'*. Beide Strings dürfen nur als Einzelwerte für TagName verwendet werden.

Parameter

- ▷ **Format** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Grafikformat.
  Default: 'tiff'
  Wertevorschläge: Format ∈ {'tiff', 'bigtiff'}
- ▷ **TagName** (input_control) . . . . . tuple ⇝ *string*
  Name des einzulesenden Metadaten-Eintrags.
  Default: 'tiff_image_description'
  Wertevorschläge: TagName ∈ {'tiff_image_description', 'tiff_make', 'tiff_software', 'tiff_date_time', 'tiff_copyright', 'tiff_exposure_time', 'tiff_aperture_value', 'tiff_light_source', 'tiff_tags_supported_for_reading', 'tiff_tags_supported_for_writing'}
- ▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
  Name der Bilddatei.
  Dateiendung: .tif, .tiff
- ▷ **TagValue** (output_control) . . . . . tuple ⇝ *string* / integer / real
  Wert des eingelesenen Metadaten-Eintrags.

Ergebnis

Kann TagValue für die angegebenen Parameter erfolgreich gelesen werden, dann liefert der Operator read_image_metadata den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. In diesem Fall kann vom Interface eine zusätzliche Fehlerinformation, wie z.B. der verursachende Tag, gesetzt werden, die mit get_extended_error_info abgefragt werden kann.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`write_image_metadata`

Nachfolger

`read_image`

Modul

Foundation

read_sequence (: Image : HeaderSize, SourceWidth, SourceHeight, StartRow, StartColumn, DestWidth, DestHeight, PixelType, BitOrder, ByteOrder, Pad, Index, FileName :)

Einlesen von Bildern.

`read_sequence` liest Bilddaten, die unformatiert vorliegen, aus einer Datei und liefert ein „passendes“ Bild zurück. Die Bilddaten müssen dabei Pixel für Pixel zeilenweise hintereinander abgespeichert sein.

Ein etwaiger Datei-Header (mit Länge `HeaderSize` Bytes) wird übersprungen. Die Parameter `SourceWidth` und `SourceHeight` geben die Größe des Bildes auf Datei an. `DestWidth` und `DestHeight` geben an, wie groß das eingelesene Bild sein soll. Im einfachsten Fall stimmen diese Parameter überein. Es können aber auch Ausschnitte eingelesen werden. Dazu kann mittels `StartRow` und `StartColumn` die obere linke Ecke des gewünschten Bildausschnitts festgelegt werden.

An Pixeltypen werden *'bit'*, *'byte'*, *'short'* (16 Bit, ohne Vorzeichen), *'signed_short'* (16 Bit, mit Vorzeichen), *'long'* (32 Bit, mit Vorzeichen), *'swapped_long'* (32 Bit, mit vertauschten Halbwörtern) und *'real'* (32 Bit Gleitkommazahlen) (unterstützt. Weiter erlaubt `read_sequence` die Extraktion von Komponenten eines RGB Bildes, sofern für jedes Pixel ein Tripel von drei Bytes (in der Reihenfolge „rot“, „grün“, „blau“) in der Bilddatei abgelegt wurde. Für die Rotkomponente ist dann als Pixeltyp *'r_byte'* und entsprechend für die Grün- und Blaukomponente *'g_byte'* bzw. *'b_byte'* zu wählen.

Für die Bitreihenfolge (`BitOrder`) kann *'MSBFirst'* (most significant bit first) bzw. die Umkehrung davon (*'LSBFirst'*) gewählt werden. Analog dazu werden auch die Bytereihenfolgen (`ByteOrder`) *'MSBFirst'* (most significant byte first) bzw. *'LSBFirst'* verarbeitet. Schließlich lässt sich noch ein Alignment (`Pad`) am Zeilenende einstellen: *'byte'*, *'short'* oder *'long'*. Falls in der Datei eine ganze Bildsequenz abgelegt ist, erlaubt der Parameter `Index` die Wahl eines Einzelbildes (beginnend mit Index 1).

Bilddateien werden im aktuellen Directory (vorgegeben durch die Betriebssystemumgebung) und im Bilderdirectory von HALCON gesucht. Das Bilderdirectory von HALCON ist in einer unixartigen Umgebung auf `'.'` und `'/usr/local/halcon/images'` voreingestellt und kann mit dem Befehl `set_system` gesetzt werden. Es kann mehr als ein Bilderdirectory angegeben werden. Dies geschieht, indem man die einzelnen Directories durch einen Doppelpunkt trennt.

Weiterhin kann der Suchpfad mit der Environment-Variablen HALCONIMAGES gesetzt werden (gleicher Aufbau wie bei *'image_dir'*). Beispiel:

```
setenv HALCONIMAGES \dq /usr/images:/usr/local/halcon/images\dq
```

Ebenso sucht HALCON die Bilder in dem Unter-Directory `'images'` (Bilder für die Programmbeispiele). Für das HALCON-Directory wird die Environment-Variable HALCONROOT verwendet.

Achtung

Falls Dateien vom Pixeltyp *'real'* eingelesen werden und die Bytereihenfolge falsch (d.h. nicht wie die Daten in der Datei gespeichert sind) gewählt wird, kann es zu Programmfehlern oder sogar Abstürzen aufgrund von Gleitkomma-Ausnahmebehandlungen kommen.

Parameter

▷ **Image** (output_object) . . . . . image ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4
Eingelesenes Bild.

▷ **HeaderSize** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl Bytes für Dateikopf.
Default: 0
Wertebereich: 0 ≤ HeaderSize

▷ **SourceWidth** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Anzahl Bildspalten des Bildes auf Datei.
Default: 512
Wertebereich: 1 ≤ SourceWidth

▷ **SourceHeight** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Anzahl Bildzeilen des Bildes auf Datei.
Default: 512
Wertebereich: 1 ≤ SourceHeight

▷ **StartRow** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *integer*
Startpunkt Bildausschnitt (Zeile).
Default: 0
Wertebereich: 0 ≤ StartRow
Restriktion: StartRow < SourceHeight

▷ **StartColumn** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *integer*
Startpunkt Bildausschnitt (Spalte).
Default: 0
Wertebereich: 0 ≤ StartColumn
Restriktion: StartColumn < SourceWidth

▷ **DestWidth** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Anzahl Bildspalten des erzeugten Bildes.
Default: 512
Wertebereich: 1 ≤ DestWidth
Restriktion: DestWidth <= SourceWidth

▷ **DestHeight** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Anzahl Bildzeilen des erzeugten Bildes.
Default: 512
Wertebereich: 1 ≤ DestHeight
Restriktion: DestHeight <= SourceHeight

▷ **PixelType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Pixelwerte.
Default: 'byte'
Werteliste: `PixelType` ∈ {'bit', 'byte', 'r_byte', 'g_byte', 'b_byte', 'short', 'signed_short', 'long', 'swapped_long', 'real'}

▷ **BitOrder** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Reihenfolge der Bits innerhalb eines Bytes.
Default: 'MSBFirst'
Werteliste: `BitOrder` ∈ {'MSBFirst', 'LSBFirst'}

▷ **ByteOrder** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Reihenfolge der Bytes innerhalb einer 'short'-Einheit.
Default: 'MSBFirst'
Werteliste: `ByteOrder` ∈ {'MSBFirst', 'LSBFirst'}

▷ **Pad** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Dateneinheiten innerhalb einer Bildzeile (Alignment).
Default: 'byte'
Werteliste: `Pad` ∈ {'byte', 'short', 'long'}

▷ **Index** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Nummer des Bildes innerhalb der Datei.
Default: 1
Wertebereich: 1 ≤ Index (lin)

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der einzulesenden Datei.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_sequence` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`disp_image`, `count_channels`, `decompose3`, `write_image`, `rgb1_to_gray`

Alternativen

`read_image`

Siehe auch

`read_image`

Modul

Foundation

serialize_image (Image : : : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines Bildobjekts.

`serialize_image` serialisiert ein Bildobjekt (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das Bildobjekt wird in dem Parameter `Image` übergeben. Das serialisierte Bildobjekt wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und kann mit `deserialize_image` wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object* : byte / direction / cyclic / int1 / complex / int2 / uint2 / vector_field / int4 / int8 / real
Bildobjekt.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_image` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_image`

Nachfolger

`fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_image`

Modul

Foundation

write_image (Image : : Format, FillColor, FileName :)

Schreiben von Bildern in Graphikformaten.

write_image gibt das angegebene Bild (Image) in verschiedenen Bildformaten in Dateien aus. Falls die Domäne im gewünschten Format nicht abgespeichert werden kann (das ist der Fall bei 'bmp', 'jpeg' und 'ima'), erhalten die Pixel außerhalb der Region die durch FillColor definierte Farbe. Für Grauwertbilder muss ein Wert zwischen 0 (Schwarz) und 255 (Weiß) angegeben werden, bei Farbbildern können direkt die RGB-Werte angegeben werden, z.B. hexadezimal: 0xffff00 für einen gelben Hintergrund (Rot=255, Grün=255, Blau=0).

Derzeit werden folgende Formate unterstützt:

'tiff', 'bigtiff': TIFF-Format, Dateiendung: .tif

Alle in HALCON definierten Pixeltypen werden unterstützt. Bildobjekttupel mit bis zu 65535 Bildobjekten mit 65535 Kanälen können abgespeichert werden. Bildobjekte mit Kanälen gemischten Pixeltyps können abgespeichert werden.

Komprimierung ist möglich mit

'deflate [num]':	Adobe-Deflate-Komprimierung (verlustfrei)
'jpeg [num]':	JPEG (verlustbehaftet)
'lzw':	LZW (verlustfrei)
'packbits':	PackBits (verlustfrei)

'[num]' bedeutet hier eine optionale Angabe der Komprimierung. Bei *'deflate'* kann eine Zahl zwischen *0* (keine Komprimierung) und *9* (maximale Komprimierung) angegeben werden. Bei *'jpeg'* kann eine Zahl zwischen *0* und *100* angegeben werden. Die Semantik ist identisch mit der unten bei 'jpeg' beschriebenen Semantik. *'jpeg'* kann nur bei Bildern vom Typ byte oder int1 verwendet werden. Außerdem können nur Bilder mit höchstens vier Kanälen geschrieben werden.

Abspeichern der Region jedes Bildobjektes ist in komprimierter Form über *'mask'* (Standardeinstellung) oder als Alphakanal über *'alpha'* möglich. Die Region wird nur abgespeichert, falls sie nicht das gesamte Bild umfasst. Die gleichzeitige Wahl von *'jpeg'* und *'alpha'* ist nicht möglich, da durch die verlustbehaftete Komprimierung die Region nicht mehr korrekt rekonstruiert werden könnte. Die Optionen können durch Leerzeichen getrennt aneinander gefügt werden.

Beispiele:

'tiff deflate 9':	Maximale Adobe-Deflate-Komprimierung, die Region wird falls nötig als Maskenbild abgespeichert
'tiff jpeg 90':	JPEG-Komprimierung mit hoher Qualität, die Region wird falls nötig als Maskenbild abgespeichert
'tiff lzw alpha':	LZW-Komprimierung, die Region wird falls nötig als Alpha-Kanal abgespeichert
'tiff' oder *'tiff none'*	Keine Komprimierung, die Region wird falls nötig als Maskenbild abgespeichert

Achtung: Es ist zu beachten, dass *'bigtiff'* TIFF-Dateien bezeichnet, die größer als 4 GB sein können, während *'tiff'* TIFF-Dateien bezeichnet, die maximal 4 GB groß sein können. Die Dateigröße hängt von der Bildgröße und der verwendeten Kompression ab. Deshalb sollte *'bigtiff'* verwendet werden, falls die Möglichkeit besteht, dass die komprimierte Datei größer als 4 GB wird.

'bmp': Windows-BMP-Format, Dateiendung *.bmp

Restriktion:

- Dieses Format kann nur Bilder mit einem Kanal (Grauwertbilder) oder mit drei Kanälen (RGB-Farbbilder) speichern.
- Für dieses Format werden nur Bilder mit dem Pixeltyp byte unterstützt.

'jpeg': JPEG-Format (verlustbehaftete Komprimierung), Dateiendung *.jpg

Zusammen mit dem Format kann ein Qualitätsmaß angeben werden, das die Komprimierungsrate und die Qualität des gespeicherten Bildes bestimmt. Große Werte (Maximum 100) erzeugen eine relativ große Datei mit hoher Qualität, bei kleine Werten nimmt die Qualität und die Dateigröße deutlich ab. Beispiel: *'jpeg 30'*.

Restriktion:

- Dieses Format kann nur Bilder mit einem Kanal (Grauwertbilder) oder mit drei Kanälen (RGB-Farbbilder) speichern.
- Für dieses Format werden nur Bilder mit dem Pixeltyp byte unterstützt.

Achtung: Bilder, die zu einem späteren Zeitpunkt noch ausgewertet werden müssen, sollten aufgrund der Verluste nicht im JPEG-Format abgespeichert werden!

'jp2': JPEG-2000-Format (verlustfreie und verlustbehaftete Komprimierung), Dateiendung *.jp2

Zusammen mit dem Format kann ein Maß angegeben werden, welches die Komprimierungsrate und damit die Qualität des gespeicherten Bildes bestimmt (z.B. *'jp2 40'*). Der angegebene Wert entspricht ungefähr dem Verhältnis der Größe des komprimierten Bildes zur Größe des unkomprimierten Bildes (in Prozent). Da JPEG-2000 ohnehin stark komprimiert, haben erst kleinere Werte (typischerweise unter 50) Einfluss auf die Dateigröße. Wenn kein Wert angegeben wird (und nur dann), wird das Bild verlustfrei komprimiert.

Das zu speichernde Bild kann beliebig viele Kanäle enthalten. Als Typen sind byte, cyclic, direction, int1, uint2, int2 und int4 zugelassen, wobei im Falle von int4 nur eine Farbtiefe von 24 Bit möglich ist (wird diese überschritten, wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst). Falls ein Bild mit eingeschränktem Definitionsbereich übergeben wird, wird die Region als Alphakanal mit einer Farbtiefe von einem Bit abgespeichert.

Restriktion: Die maximal unterstützte Bildgröße (Breite x Höhe) für JPEG-2000 beträgt $2^{31}-1$ auch in HALCON-XL.

Achtung: Die Kodierung eines Bildes ins JPEG-2000 Format benötigt sehr viel Speicher. Es wird deshalb empfohlen, für große Bilder ein anderes Format (z.B. 'tiff') zu verwenden.

'jpegxr': JPEG-XR-Format (verlustfreie und verlustbehaftete Komprimierung), Dateiendung *.jxr

Zusammen mit dem Format kann ein Maß angegeben werden, welches die Komprimierungsrate und damit die Qualität des gespeicherten Bildes bestimmt (z.B. *'jpegxr 30'* oder *'jpegxr 100'* bzw. *'jpegxr'* für verlustfreie Komprimierung). Es können Bildobjekttupel mit einer beliebigen Anzahl von Bildobjekten geschrieben werden. Im Falle von int4 und float Bildern wird die numerische Genauigkeit auf 24 Bit eingeschränkt. Dies kann zu Verlusten führen unabhängig von der Einstellung für die Qualität. Wird ein Bild mit eingeschränktem Definitionsbereich geschrieben, wird die Region verlustfrei als 1-bit Alphakanal gespeichert. Die Bildtypen complex, vector_field und Zweikanalbilder werden mit einem leeren dritten Kanal abgespeichert.

Restriktion:

- Dieses Format kann nicht parallel geschrieben werden.
- Bilder können bis zu 8 Kanäle aufweisen.
- Alle HALCON-Bildtypen außer int8 werden unterstützt.

Achtung: Es ist zu beachten, dass Bilder, unabhängig vom Zielverzeichnis, nicht im JPEG-XR gespeichert werden können, falls keine Schreibrechte für das aktuelle Arbeitsverzeichnis vorliegen.

'png': PNG-Format (verlustfreie Komprimierung), Dateiendung *.png

Zusammen mit dem Format kann ein Komprimierungsgrad zwischen 0 und 9 angegeben werden, wobei 0 keiner Komprimierung und 9 der bestmöglichen Komprimierung entspricht. Alternativ kann die Komprimierung über folgende Konstanten ausgewählt werden: *'best'*, *'fastest'* und *'none'*. Korrekte Formatparameter sind also z.B. *'png'*, *'png 7'* und *'png none'*.

In PNG-Dateien können Bilder vom Typ byte und uint2 abgespeichert werden. Falls ein Bild mit eingeschränktem Definitionsbereich übergeben wird, wird die Region als Alpha-Kanal abgespeichert, wobei die Punkte innerhalb des Definitionsbereichs mit dem maximalen Grauwert des Eingabebildtyps abgespeichert werden und die Punkte außerhalb des Definitionsbereichs mit dem Grauwert 0. Falls ein Bild mit vollem Definitionsbereich übergeben wird, wird kein Alpha-Kanal abgespeichert.

Restriktion:

- Dieses Format kann nur Bilder mit einem Kanal (Grauwertbilder) oder mit drei Kanälen (Farbbilder) speichern.
- Die maximal unterstützte Bildgröße (Breite x Höhe) für PNG beträgt $2^{31} - 1$ auch in HALCON-XL.

'hobj': HALCON-Format, Dateiendung *.hobj

Alle HALCON-Bildtypen werden unterstützt. Die Beschreibung des Operators `write_object` enthält weitere Informationen über das HOBJ-Format.

'ima': HALCON-Format, Dateiendung *.ima und *.exp

Diese Format gilt als veraltet, und es sollte stattdessen das HOBJ-Format verwendet werden. Die Daten werden binär und zeilensequentiell (ohne Header oder Zeilentrenner) geschrieben. Die Größe des Bildes und der Pixeltyp wird in der Beschreibungsdatei "`FileName`.exp" abgelegt. Alle HALCON-Pixeltypen außer *'complex'* und *'vector_field'* können geschrieben werden.

Restriktion: Dieses Format kann nur Bilder mit einem Kanal (Grauwertbilder) speichern.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / complex / int2 / uint2 / vector_field / int4 / int8 / real
Zu speichernde Bilder.

▷ **`Format`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Graphikformat.
Default: 'tiff'
Wertevorschläge: `Format` ∈ {'tiff', 'tiff mask', 'tiff alpha', 'tiff deflate 9', 'tiff deflate 9 alpha', 'tiff jpeg 90', 'tiff lzw', 'tiff lzw alpha ', 'tiff packbits', 'bigtiff', 'bigtiff mask', 'bigtiff alpha', 'bigtiff deflate 9', 'bigtiff deflate 9 alpha', 'bigtiff jpeg 90', 'bigtiff lzw', 'bigtiff lzw alpha ', 'bigtiff packbits', 'bmp', 'jpeg', 'jpeg 100', 'jpeg 80', 'jpeg 60', 'jpeg 40', 'jpeg 20', 'jp2', 'jp2 50', 'jp2 40', 'jp2 30', 'jp2 20', 'jpegxr', 'jpegxr 50', 'jpegxr 40', 'jpegxr 30', 'jpegxr 20', 'png', 'png best', 'png fastest', 'png none', 'ima', 'hobj'}

▷ **`FillColor`** (input_control) ..... number ⇝ *integer* / real
Füllgrauwert für Bildpunkte, die nicht zur Domäne (Region) der Bilder gehören.
Default: 0
Wertevorschläge: `FillColor` ∈ {-1, 0, 255, 65280, 16711680}

▷ **`FileName`** (input_control) ..... filename.write(-array) ⇝ *string*
Name der Bilddatei.
Dateiendung: `.hobj`, `.ima`, `.tif`, `.tiff`, `.bmp`, `.jpg`, `.jpeg`, `.jp2`, `.jxr`, `.png`

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `write_image` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_image`

Modul

Foundation

`write_image_metadata` (: : Format, TagName, TagValue, FileName :)

Schreiben von Metadaten in eine Bilddatei.

Der Operator `write_image_metadata` schreibt die Informationen in `TagValue` unter den Tags `TagName` in die Datei `FileName`. Dabei können `TagValue` und `TagName` einzelne Werte oder Tupel von Werten sein. Der Parameter `Format` gibt an, in welchem Format die Metadaten geschrieben werden sollen.

Der Operator unterstützt für Format die TIFF Metadatenformate *'tiff'* und *'bigtiff'*. Dabei wird eine Dateiendung .tif vorausgesetzt.

Eine Auflistung der unterstützten Tag-Namen TagName und dazugehörigen Datentypen von TagValue findet sich unter read_image_metadata.

Parameter

- ▷ **Format** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Grafikformat.
  Default: 'tiff'
  Wertevorschläge: Format ∈ {'tiff', 'bigtiff'}
- ▷ **TagName** (input_control) . . . . . tuple ⇝ *string*
  Name des zu schreibenden Metadaten-Eintrags.
  Default: 'tiff_image_description'
  Wertevorschläge: TagName ∈ {'tiff_image_description', 'tiff_make', 'tiff_software', 'tiff_date_time', 'tiff_copyright', 'tiff_exposure_time', 'tiff_aperture_value', 'tiff_light_source'}
- ▷ **TagValue** (input_control) . . . . . tuple ⇝ *string* / integer / real
  Wert des zu schreibenden Metadaten-Eintrags.
- ▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
  Name der Bilddatei.
  Dateiendung: .tif, .tiff

Ergebnis

Kann TagValue für die angegebenen Parameter erfolgreich geschrieben werden, dann liefert der Operator write_image_metadata den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. In diesem Fall kann vom Interface eine zusätzliche Fehlerinformation, wie z.B. der verursachende Tag, gesetzt werden, die mit get_extended_error_info abgefragt werden kann.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

write_image

Nachfolger

read_image_metadata

Modul

Foundation

8.2 Objekt

deserialize_object (: Object : SerializedItemHandle :)

Deserialisieren eines serialisierten ikonischen Objektes.

deserialize_object deserialisiert ein ikonisches Objekt, welches mit serialize_object serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte ikonische Objekt wird in dem Parameter SerializedItemHandle übergeben. Das deserialisierte ikonische Objekt wird in dem durch den Parameter Object definierten ikonischen Objekt gespeichert.

Parameter

- ▷ **Object** (output_object) . . . . . object(-array) ⇝ *object*
  Ikonisches Objekt.
- ▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_object` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_object`

Siehe auch

`serialize_object`

Modul

Foundation

read_object (: Object : FileName :)

Lesen eines ikonischen Objektes.

`read_object` liest aus der Datei `FileName` ein ikonisches Objekt. Die Datei muss im HALCON-Iconic-Object-Format (HOBJ) geschrieben worden sein, welches von den Operatoren `write_object`, `write_image` und `write_region` unterstützt wird. Die Beschreibung des Operators `write_object` enthält weitere Informationen über das HOBJ-Format.

Parameter

▷ **Object** (output_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Ikonisches Objekt.

▷ **FileName** (input_control) ..... filename ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.hobj`

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_object` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`write_image`, `write_object`

Siehe auch

`write_object`, `write_image`, `read_image`

Modul

Foundation

serialize_object (Object : : : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines ikonischen Objektes.

`serialize_image` serialisiert ein ikonisches Objekt (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das ikonische Objekt ist ein Tupel von Bildobjekten, Regionen oder

XLD Objekten, und wird in dem Parameter `Object` übergeben. Das serialisierte ikonische Objekt wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und kann mit `deserialize_object` wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **`Object`** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Ikonisches Objekt.

▷ **`SerializedItemHandle`** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_object` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_object`

Siehe auch

`deserialize_object`

Modul

Foundation

`write_object` (Object : : FileName :)

Schreiben eines ikonischen Objektes.

`write_object` schreibt das ikonische Objekt `Object` in die Datei `FileName`. Das ikonische Objekt ist ein (möglicherweise gemischtes) Tupel von Bildern, Regionen oder XLDs. Falls keine Dateiendung angegeben ist, wird die Dateiendung `'.hobj'` angehängt. Die ikonischen Daten werden im HALCON Iconic Object Format (HOBJ) geschrieben, welches unten beschrieben wird.

HALCON Iconic Object (HOBJ): HOBJ ist ein binäres Dateiformat, welches die Funktionalität besitzt, alle ikonischen HALCON-Objekte (Bilder, Regionen oder XLDs) zu schreiben und zu lesen. Dadurch, dass die Daten ohne Komprimierung und ohne Konvertierung geschrieben werden, wird dieses Format unter normalen Umständen schneller geschrieben als andere unterstützte Formate. Sollte ein Anwendungsfall es erforderlich machen, dass verschiedene ikonische HALCON-Objekte möglichst effizient geschrieben werden müssen, ohne dass Komprimierung benötigt wird, so ist das HOBJ-Format zu bevorzugen. Die standardmäßige Dateiendung für dieses Format ist `'.hobj'`. Für zu schreibende Bilder gilt, dass alle HALCON-Pixel-Typen und mehrkanalige Bilder unterstützt werden. Die Kanäle können gemischte Pixeltypen haben, allerdings müssen sie die gleiche Breite und Höhe aufweisen. Die Domäne und das Erstellungsdatum des Bildes werden ebenfalls in der Datei abgespeichert. Ein Tupel von Objekten wird in eine einzelne Datei geschrieben.

Parameter

▷ **`Object`** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Ikonisches Objekt.

▷ **`FileName`** (input_control) ..... filename ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.hobj`

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `write_object` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

read_object, read_image

Siehe auch

read_object, write_image, read_image, write_region, read_region

Modul

Foundation

8.3 Region

deserialize_region (: Region : SerializedItemHandle :)

Deserialisieren einer serialisierten Region.

deserialize_region deserialisiert eine Region, welche mit serialize_region serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Die serialisierte Region wird in dem Parameter SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierte Region wird in dem durch den Parameter Region definierten Region gespeichert.

Parameter

- ▷ **Region** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Region.
- ▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_region den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_image, fread_serialized_item, receive_serialized_item, serialize_region

Nachfolger

reduce_domain, disp_region

Siehe auch

serialize_region

Modul

Foundation

read_region (: Region : FileName :)

Einlesen von Binärbildern oder HALCON-Regionen.

read_region liest Regionen aus einer Binärdatei.

Folgende Datei-Formate werden unterstützt:

HALCON Iconic Object (HOBJ): Dateiformat von HALCON zum Speichern von ikonischen Objekten. Die HOBJ-Datei darf ausschließlich Regionen enthalten um für `read_region` lesbar zu sein. Falls andere Objekte (z.B. Bilder oder XLDs) enthalten sind, wird ein Fehler erzeugt. In diesem Fall kann die Datei mit `read_object` gelesen werden. Das HOBJ-Format ist das Standardformat für Regionen. Daher muss die Extension `'.hobj'` beim Schreiben und Lesen nicht angegeben werden. Die Beschreibung des Operators `write_object` enthält weitere Informationen über das HOBJ-Format.

HALCON-Regionen: Dateiformat von HALCON zum Speichern von Regionen. In diesem Format können auch mehrere Regionen mit `write_region` bzw. `read_region` gleichzeitig (in einer Datei) gespeichert bzw. gelesen werden. Alle Regionendateien haben die Extension `'.reg'`. Dieses Dateiformat wird nur noch aus Kompatibilitätsgründen weiter unterstützt. Stattdessen sollte das HOBJ-Format verwendet werden.

Tiff: Binäre Tiff-Bilder mit der Extension `'.tiff'` oder `'.tif'`. Eine Tiffdatei kann dabei beliebig viele Regionen enthalten. Die Farbe Weiß wird als Vordergrund interpretiert.

PNG: PNG-Format mit der Extension `'.png'`. Man erhält immer *eine* Region. Die Farbe Weiß wird als Vordergrund interpretiert.

BMP: Windows Bitmap-Format mit der Extension `'.bmp'`. Man erhält immer *eine* Region. Die Farbe Weiß wird als Vordergrund interpretiert.

Analog zu `read_image` kann ein Suchpfad (read_image'image_dir') definiert werden.

Achtung

Das Clipping am aktuellen Bildformat wird durch `set_system('clip_region',<'true'/'false'>)` festgelegt. Falls also vor dem Aufruf von `read_region` noch kein Bild hinreichender Größe erzeugt worden ist, sollte `set_system('clip_region','false')` vor `read_region` aufgerufen werden, um sicherzustellen, dass die Region nicht geclippt wird.

Parameter

▷ **`Region`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Eingelesene Region.

▷ **`FileName`** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Name der einzulesenden Region.
Dateiendung: `.hobj`, `.reg`, `.tif`, `.tiff`, `.png`, `.bmp`

Beispiel

```
* Reading of regions and giving them gray values.
  read_image(Img,'ima_test')
  read_region(Regs,'reg_test')
  reduce_domain(Img,Regs,Res)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_region` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_image`

Nachfolger

`reduce_domain`, `disp_region`

Siehe auch

`write_region`, `read_image`, `write_object`

Modul

Foundation

serialize_region (Region : : : SerializedItemHandle)

Serialisieren einer Region.

serialize_region serialisiert eine Region (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Die Region wird in dem Parameter Region übergeben. Die serialisierte Region wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_region wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Region.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert serialize_region den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_image, read_region, threshold, regiongrowing

Nachfolger

fwrite_serialized_item, send_serialized_item, deserialize_region

Siehe auch

deserialize_region

Modul

Foundation

write_region (Region : : FileName :)

Schreiben von Regionen auf Datei.

write_region gibt die Regionen in Region in eine Binärdatei aus. Die Regionen können im HALCON-Iconic-Object-Format (HOBJ), als TIFF-Dateien oder im HALCON-Regionen-Format abgespeichert werden. Die Auswahl erfolgt über die Dateiendung von FileName. Falls keine Dateiendung oder die Dateiendung '.hobj' verwendet wird, werden die Regionen im HOBJ-Format abgespeichert. Falls keine Dateiendung angegeben wird, wird die Dateiendung '.hobj' angehängt. Falls die Dateiendung '.tif' oder '.tiff' verwendet wird, werden die Regionen als TIFF-Dateien abgespeichert. Falls die Dateiendung '.reg' verwendet wird, werden die Regionen als HALCON-Regionen-Datei abgespeichert. Das HALCON-Regionen-Format gilt als veraltet, und es sollte stattdessen das HOBJ-Format verwendet werden. Es können Bildobjekttupel mit beliebig vielen Regionen geschrieben werden. Die ausgegebenen Daten können mit read_region wieder eingelesen werden.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Bilder, deren Regionen ausgegeben werden.

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Name der Regionendatei.
Default: 'region.hobj'
Dateiendung: .hobj, .reg, .tif, .tiff

Beispiel

```
regiongrowing(Img,Segments,3,3,5,10)
write_region(Segments,'result1')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `write_region` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_image`, `read_region`, `read_object`, `threshold`, `regiongrowing`

Siehe auch

`read_region`

Modul

Foundation

8.4 Sonstiges

`copy_file` `( : : SourceFile, DestinationFile : )`

Kopieren einer Datei.

`copy_file` kopiert `SourceFile` nach `DestinationFile`. Bereits existierende Dateien werden ohne Nachfrage überschrieben. Die Dateiattribute von `SourceFile` werden übernommen.

Parameter

▷ **`SourceFile`** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Zu kopierende Datei.

▷ **`DestinationFile`** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Zielort für die Kopie.

Ergebnis

`copy_file` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Datei kopiert werden konnte. Gegebenenfalls wird eine Exception-Behandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

`delete_file` `( : : FileName : )`

Löschen einer Datei.

`delete_file` löscht die durch `FileName` angegebene Datei.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename ⇝ *string*
Name der zu prüfenden Datei.

Ergebnis

`delete_file` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Datei existiert und gelöscht werden konnte. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

file_exists (: : FileName : FileExists)

Test ob Datei existiert.

`file_exists` überprüft, ob die angegebene Datei bereits existiert. Ist dies der Fall, wird `FileExists` auf TRUE, anderenfalls auf FALSE gesetzt.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename ⇝ *string*
Name der zu prüfenden Datei.
Default: '/bin/cc'

▷ **FileExists** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
boolescher Wert.

Ergebnis

Wenn die Parameter korrekt sind, liefert `file_exists` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`open_file`

Alternativen

`open_file`

Modul

Foundation

get_current_dir (: : : DirName)

Auslesen des aktuellen Arbeitsverzeichnisses.

`get_current_dir` liefert das aktuelle Arbeitsverzeichnis in `DirName` zurück.

Parameter

▷ **DirName** (output_control) . . . . . filename.dir ⇝ *string*
Name des aktuellen Arbeitsverzeichnisses.

Ergebnis

`get_current_dir` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das aktuelle Arbeitsverzeichnis ausgelesen werden konnte. Gegebenenfalls wird eine Exception-Behandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

list_files (: : Directory, Options : Files)

Auflisten aller Dateien in einem Verzeichnis.

`list_files` gibt in `Files` alle Dateien im Verzeichnis `Directory` zurück. Das aktuelle Verzeichnis kann mit *''* oder *'.'* angegeben werden. Mit dem Parameter `Options` können verschiedene Ausführungsoptionen festgelegt werden, indem ein Tupel von Werten übergeben wird.

Wird in `Options` *'files'* übergeben, so werden ausschließlich die in `Directory` vorhandenen Dateien zurückgegeben. Wird *'directories'* übergeben, so werden ausschließlich die vorhandenen Verzeichnisse zurückgegeben. Auf unixartigen Systemen werden bei Übergabe von *'symlinks'* symbolische Links zurückgegeben. Die Verzeichnisse werden dabei durch ein abschließendes *'\'* (Windows) bzw. *'/'* (unixartige Systeme) gekennzeichnet. Falls sowohl Dateien als auch Verzeichnisse zurückgegeben werden sollen, muss *['files','directories']* übergeben werden. Falls weder *'files'*, *'directories'* noch *'symlinks'* übergeben wird, liefert `list_files` ein leeres Tupel zurück.

Mit *'recursive'* kann festgelegt werden, dass der Verzeichnisbaum rekursiv unter Einbeziehung aller Unterverzeichnisse durchsucht werden soll. Unter unixartigen Systemen kann mit *'follow_links'* festgelegt werden, ob symbolische Links auf Dateien oder Verzeichnisse verfolgt werden oder nicht. In der Voreinstellung ohne *'follow_links'* werden symbolische Links nicht dereferenziert und somit auch nicht verfolgt, falls sie auf Verzeichnisse zeigen, oder zurückgeliefert, falls sie auf Dateien zeigen. Die gleichzeitige Nutzung der Optionen *'follow_links'* und *'symlinks'* ist nicht möglich.

Bei der rekursiven Suche kann mit *'max_depth <d>'* eine maximale Tiefe der Suche festgelegt werden, wobei *'<d>'* eine Zahl ist, die die Tiefe festlegt. So legt z.B. *'max_depth 2'* fest, dass `Directory` und alle direkten Unterverzeichnisse von `Directory` durchsucht werden. Falls symbolische Links verfolgt werden sollen, könnte es sein, dass die Suche nicht terminiert, falls die symbolischen Links zu einem Zyklus in der Verzeichnisstruktur führen. Deswegen werden in `Files` höchstens 1000000 Dateien (und Verzeichnisse) zurückgegeben. Mit *'max_files <d>'* kann dieser Wert angepasst werden.

Parameter

▷ **Directory** (input_control) . . . . . filename.dir ⇝ *string*
Name des aufzulistenden Verzeichnisses.

▷ **Options** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Ausführungsoptionen.
Default: 'files'
Wertevorschläge: `Options` ∈ {'files', 'directories', 'symlinks', 'recursive', 'follow_links', 'max_depth 5', 'max_files 1000'}

▷ **Files** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Gefundene Dateien (und Verzeichnisse).

Ergebnis

`list_files` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das zu untersuchende Verzeichnis existiert und gelesen werden konnte. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`tuple_regexp_select`

Modul

Foundation

make_dir (: : DirName :)

Anlegen eines Verzeichnisses.

`make_dir` legt ein Verzeichnis mit dem Namen `DirName` an.

Parameter

▷ **DirName** (input_control) ..... filename.dir ⇝ *string*
Name des anzulegenden Verzeichnisses.

Ergebnis

`make_dir` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Verzeichnis angelegt werden konnte. Gegebenenfalls wird eine Exception-Behandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

read_world_file (: : FileName : WorldTransformation)

Lesen der Geokodierung aus einem ARC/INFO World File.

`read_world_file` liest die Geokodierung aus dem ARC/INFO World File mit Namen `FileName` aus, und liefert sie als homogene 2D-Transformationsmatrix in `WorldTransformation` zurück. Dabei werden alle Verzeichnisse, die in der HALCON-Systemvariablen *'image_dir'* bzw. in der Umgebungsvariablen HALCONIMAGES enthalten sind, nach der Datei `FileName` durchsucht (siehe `read_image`). Die Transformationsmatrix kann verwendet werden, um XLD-Konturen vor dem Schreiben mit `write_contour_xld_arc_info` in Weltkoordinaten zu transformieren. Wenn die Matrix `WorldTransformation` mit `hom_mat2d_invert` invertiert wird, kann die so entstehende Matrix verwendet werden, um Konturen, die mit `read_contour_xld_arc_info` eingelesen worden sind, in das Bildkoordinatensystem zu transformieren.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Name des ARC/INFO World Files.

▷ **WorldTransformation** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Transformationsmatrix von Bild- in Weltkoordinaten.

Ergebnis

Wenn die Parameter korrekt sind und das angegebene World File gelesen werden konnte, liefert `read_world_file` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`hom_mat2d_invert`, `affine_trans_contour_xld`, `affine_trans_polygon_xld`

Siehe auch

`write_contour_xld_arc_info`, `read_contour_xld_arc_info`, `write_polygon_xld_arc_info`, `read_polygon_xld_arc_info`

Modul

Foundation

remove_dir (: : DirName :)

Löschen eines leeren Verzeichnisses.

`remove_dir` löscht das leere Verzeichnis mit dem Namen `DirName`.

Parameter

▷ **DirName** (input_control) . . . . . filename.dir ⇝ *string*
Name des zu löschenden Verzeichnisses.

Ergebnis

`remove_dir` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Verzeichnis gelöscht werden konnte. Gegebenenfalls wird eine Exception-Behandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

set_current_dir (: : DirName :)

Setzen des aktuellen Arbeitsverzeichnisses.

`set_current_dir` setzt das aktuelle Arbeitsverzeichnis auf das Verzeichnis `DirName`.

Parameter

▷ **DirName** (input_control) . . . . . filename.dir ⇝ *string*
Name des zu setzenden aktuellen Arbeitsverzeichnisses.

Ergebnis

`set_current_dir` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das aktuelle Arbeitsverzeichnis gesetzt werden konnte. Gegebenenfalls wird eine Exception-Behandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

8.5 Tupel

deserialize_handle (: : SerializedItem : Handle)

Deserialisieren eines Handles.

deserialize_handle deserialisiert den Inhalt von SerializedItem und gibt das deserialisierte Objekt in Handle zurück (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung).

Das serialisierte Objekt muss mit serialize_handle oder einem typspezifischen Serialisierungsoperator wie serialize_matrix oder serialize_shape_model erstellt worden sein.

Parameter

▷ **SerializedItem** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **Handle** (output_control) ..... handle ⇝ *handle*
Handle des deserialisierten Elements.

Beispiel

```
create_matrix (3, 3, 0, MatrixID)
serialize_handle (MatrixID, SerializedMatrix)
deserialize_handle (SerializedMatrix, MatrixID2)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_handle den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

serialize_handle, fread_serialized_item, receive_serialized_item

Modul

Foundation

deserialize_tuple (: : SerializedItemHandle : Tuple)

Deserialisieren eines serialisierten Tupels.

deserialize_tuple deserialisiert Daten eines Tupels, welches mit serialize_tuple serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Die serialisierten Daten des Tupels werden in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten Tupel mit dem Handle Tuple gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **Tuple** (output_control) ..... tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string / handle
Tupel.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_tuple den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_tuple`

Modul

Foundation

`read_tuple` (: : FileName : Tuple)

Lesen eines Tupels aus einer Datei.

`read_tuple` liest den Inhalt der Datei `FileName` und wandelt diesen in das Tupel `Tuple` um. Die Dateiendung für Tupel ist in HALCON 'tup'. Die Datei muss mit `write_tuple` erzeugt worden sein.

Parameter

▷ **`FileName`** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der zu lesenden Datei.
Dateiendung: `.tup`

▷ **`Tuple`** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string
Tupel mit beliebigen Werten.

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert `read_tuple` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`fwrite_string`

Siehe auch

`write_tuple`, `write_image`, `write_region`, `open_file`

Modul

Foundation

`serialize_handle` (: : Handle : SerializedItem)

Serialisieren des Inhalts eines Handles.

`serialize_handle` serialisiert den Inhalt von `Handle` und gibt ihn als serialisiertes Objekt in `SerializedItem` zurück (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte Objekt kann später mit `deserialize_handle` wieder deserialisiert werden.

Nicht alle Handletypen können serialisiert werden. Ob ein Handle serialisiert werden kann, kann zur Laufzeit mit `tuple_is_serializable` oder `tuple_is_serializable_elem` geprüft werden. Bereits freigegebene Handles können nicht serialisiert werden.

Die von diesem Operator erzeugten serialisierten Objekte sind kompatibel mit den typspezifischen Deserialisierungsoperatoren, wie beispielsweise `deserialize_matrix` oder `deserialize_shape_model`.

Parameter

▷ **Handle** (input_control) . . . . . handle ⇝ *handle*
Zu serialisierendes Handle.

▷ **SerializedItem** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Beispiel

```
create_matrix (3, 3, 0, MatrixID)
serialize_handle (MatrixID, SerializedMatrix)
deserialize_handle (SerializedMatrix, MatrixID2)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_handle` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`tuple_is_serializable`, `tuple_is_serializable_elem`

Nachfolger

`deserialize_handle`, `fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`

Modul

Foundation

serialize_tuple (: : Tuple : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines Tupels.

`serialize_tuple` serialisiert die Daten eines Tupels (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von `write_tuple` in eine Datei geschrieben werden. Das Tupel wird in dem Handle `Tuple` übergeben. Die serialisierten Daten des Tupels werden in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und können mit `deserialize_tuple` wieder deserialisiert werden.

Nicht alle Handle-Typen können serialisiert werden. Wenn `Tuple` ein Handle enthält, das nicht serialisiert werden kann oder das schon freigegeben wurde, bricht `serialize_tuple` mit einer Fehlermeldung ab. Die Operatoren `tuple_is_serializable` und `tuple_is_serializable_elem` können verwendet werden, um zu prüfen, ob ein Tupel oder dessen Einträge serialisiert werden können.

Parameter

▷ **Tuple** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string / handle
Tupel.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_tuple` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_tuple`

Modul

Foundation

tuple_is_serializable (: : Tuple : IsSerializable)

Prüft ob ein Tupel serialisiert werden kann.

`tuple_is_serializable` prüft ob `Tuple` mit dem Operator `serialize_tuple` serialisiert werden kann. Wenn ja, wird `IsSerializable` auf *1* gesetzt, andernfalls auf *0*.

Ein Tupel kann serialisiert werden, wenn es nur ganze Zahlen, Gleitkommazahlen, Strings und serialisierbare Handles enthält. Handles die bereits freigegeben wurden können nicht serialisiert werden. Um die einzelnen Elemente eines Tupels auf Serialisierbarkeit zu prüfen, kann `tuple_is_serializable_elem` verwendet werden.

Parameter

▷ **Tuple** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *handle* / integer / real / string
Tupel das auf Serialisierbarkeit geprüft wird.

▷ **IsSerializable** (output_control) ..... number ⇝ *integer*
Kann das Eingabetupel serialisiert werden?

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `tuple_is_serializable` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`serialize_tuple`, `write_tuple`

Alternativen

`tuple_is_serializable_elem`

Siehe auch

`tuple_is_serializable_elem`, `serialize_tuple`, `serialize_handle`, `deserialize_tuple`, `deserialize_handle`, `write_tuple`

Modul

Foundation

tuple_is_serializable_elem (: : Tuple : IsSerializableElem)

Prüft ob die Elemente eines Tupel serialisiert werden können.

`tuple_is_serializable` prüft ob die Elemente von `Tuple` mit dem Operator `serialize_tuple` serialisiert werden können. Die Ausgabe `IsSerializableElem` hat die gleiche Länge wie `Tuple` und enthält an jeder Position eine *1* falls der entsprechende Eintrag in `Tuple` serialisiert werden kann, andernfalls eine *0*.

Ein Tupelelement kann serialisiert werden, wenn es eine ganze Zahle, eine Gleitkommazahl, ein String oder ein serialisierbares Handles ist. Handles die bereits freigegeben wurden können nicht serialisiert werden. Um das gesamte Tupel auf Serialisierbarkeit zu prüfen, kann `tuple_is_serializable` verwendet werden.

Parameter

▷ **Tuple** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *handle* / integer / real / string
Tupel dessen Elemente auf Serialisierbarkeit geprüft werden.

▷ **IsSerializableElem** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *integer*
Können die Elemente des Eingabetupels serialisiert werden?

Beispiel

```
* Serialize all serializable elements of a tuple
tuple_is_serializable_elem (Tuple, IsSerializableElem)
if (sum(IsSerializableElem[=]0)>0)
  Tuple[find(IsSerializableElem,0)] := HNULL
endif
serialize_tuple (Tuple, SerializedItem)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `tuple_is_serializable_elem` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`serialize_tuple`, `write_tuple`

Alternativen

`tuple_is_serializable`

Siehe auch

`tuple_is_serializable`, `serialize_tuple`, `serialize_handle`, `deserialize_tuple`, `deserialize_handle`, `write_tuple`

Modul

Foundation

write_tuple (: : Tuple, FileName :)

Schreiben des Inhalts eines Tupels in eine Datei.

`write_tuple` schreibt den Inhalt von `Tuple` auf Datei. Es handelt sich hierbei um ein ASCII Format, d.h. die Daten sind zwischen unterschiedlichen Rechnertypen austauschbar (siehe auch Tupel / String-Operationen). Die Daten können mit dem Operator `read_tuple` wieder eingelesen werden. Die Dateiendung für Tupel ist in HALCON 'tup'.

Sonderfall: Handles

`write_tuple` kann keine Handles schreiben, da die entsprechenden binären Daten vom geschriebenen ASCII-Format nicht unterstützt werden. Handles, die in `Tuple` enthalten sind, werden von `write_tuple` durch den Integer *0* ersetzt. Um ein Tupel zu schreiben, das Handles enthält, können die Operatoren `serialize_tuple` und `fwrite_serialized_item` verwendet werden.

Parameter

▷ **Tuple** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string
Tupel mit beliebigen Werten.

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Name der zu schreibenden Datei.
Dateiendung: `.tup`

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert `write_tuple` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`fwrite_string`

Siehe auch

`read_tuple`, `write_image`, `write_region`, `open_file`

Modul

Foundation

8.6 XLD

`deserialize_xld` `( : XLD : SerializedItemHandle : )`

Deserialisieren eines XLD-Objekts.

`deserialize_xld` deserialisiert ein XLD-Objekt, welches mit `serialize_xld` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte XLD-Objekt wird in dem Parameter `SerializedItemHandle` übergeben. Das deserialisierte XLD-Objekt wird in dem durch den Parameter `XLD` definierten Objekt gespeichert.

Parameter

- ▷ **`XLD`** (output_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  XLD-Objekt.
- ▷ **`SerializedItemHandle`** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_xld` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_image`, `fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_xld`

Nachfolger

`clip_contours_xld`, `split_contours_xld`

Siehe auch

`serialize_xld`

Modul

Foundation

`read_contour_xld_arc_info` `( : Contours : FileName : )`

Lesen von XLD-Konturen im ARC/INFO-Generate-Format.

read_contour_xld_arc_info liest die in der Datei FileName im ARC/INFO-Generate-Format gespeicherten Linien ein und liefert sie als XLD-Konturen in Contours zurück. Dabei werden alle Verzeichnisse, die in der HALCON-Systemvariablen *'image_dir'* bzw. in der Umgebungsvariablen HALCONIMAGES enthalten sind, nach der Datei FileName durchsucht (siehe read_image). Die eingelesenen Konturen liegen im Weltkoordinatensystem vor. Der Operator affine_trans_contour_xld kann verwendet werden, um sie in das Bildkoordinatensystem zu transformieren. Die dazu notwendige Transformationsmatrix kann erzeugt werden, indem mit read_world_file aus einem ARC/INFO World File die Transformationsmatrix von Bild- nach Weltkoordinatensystem gelesen wird, und diese mit hom_mat2d_invert invertiert wird.

Parameter

▷ **Contours** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
Eingelesene XLD-Konturen.

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Name der ARC/INFO-Datei.

Beispiel

```
* Read the transformation and invert it
read_world_file ('image.tfw', WorldTransformation)
hom_mat2d_invert (WorldTransformation, ImageTransformation)
* Read the image
read_image (Image, 'image.tif')
* Read the line data
read_contour_xld_arc_info (LinesWorld, 'lines.gen')
* Transform the line data to image coordinates
affine_trans_contour_xld (LinesWorld, Lines, ImageTransformation)
```

Ergebnis

Wenn die Parameter korrekt sind und die angegebene Datei gelesen werden konnte, liefert read_contour_xld_arc_info den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

hom_mat2d_invert, affine_trans_contour_xld

Siehe auch

read_world_file, write_contour_xld_arc_info, read_polygon_xld_arc_info

Modul

Foundation

read_contour_xld_dxf (: Contours : FileName, GenParamName, GenParamValue : DxfStatus)

Lesen von XLD-Konturen aus einer DXF-Datei.

read_contour_xld_dxf liest den Inhalt der DXF-Datei FileName (DXF-Version AC1009, AutoCAD Release 12) und wandelt ihn in die XLD-Konturen Contours. Wenn kein absoluter Pfad in FileName angegeben wird, wird die DXF-Datei im aktuellen Verzeichnis des HALCON-Prozesses gesucht.

Der Ausgabeparameter DxfStatus enthält Informationen über die Anzahl der gelesenen Konturen und, falls erforderlich, Hinweise auf Teile der DXF-Datei, die nicht gelesen werden konnten.

Der Operator read_contour_xld_dxf unterstützt die folgenden DXF-Elemente:

- POLYLINE
  - 2D-Kurven, die aus Liniensegmenten bestehen
  - Geschlossene 2D-Kurven, die aus Liniensegmenten bestehen
- LWPOLYLINE
- LINE
- POINT
- CIRCLE
- ARC
- ELLIPSE
- SPLINE
- BLOCK
- INSERT

Die X- und Y-Koordinaten der DXF-Elemente werden in den Spalten- und Zeilenkoordinaten der XLD-Konturen `Contours` gespeichert. Die Z-Koordinaten der DXF-Elemente werden nicht berücksichtigt.

Wenn die Datei mit dem Operator `write_contour_xld_dxf` erstellt wurde, werden alle Attribute und globalen Attribute eingelesen, die für die ursprüngliche XLD-Kontur definiert waren. Das heißt, `read_contour_xld_dxf` unterstützt die erweiterten Elementdaten, die von `write_contour_xld_dxf` geschrieben werden. Das Einlesen dieser Attribute kann durch Setzen des generischen Parameters *'read_attributes'* auf *'false'* verhindert werden. Generische Parameter werden durch Angabe des Parameternamens in `GenParamName` und des dazugehörigen Wertes in `GenParamValue` gesetzt.

DXF-Elemente vom Typ CIRCLE, ARC, ELLIPSE und SPLINE werden durch XLD-Konturen approximiert. Die Genauigkeit dieser Approximation kann über die beiden generischen Parameter *'min_num_points'* und *'max_approx_error'* gesteuert werden. Der Parameter *'min_num_points'* legt fest, wie viele Stützpunkte mindestens für die Approximation verwendet werden. Der Parameter *'min_num_points'* bezieht sich immer auf den entsprechenden Vollkreis bzw. die gesamte Ellipse, auch für ARCs oder Ellipsenbögen, d.h., wenn *'min_num_points'* auf den Wert *50* gesetzt ist und ein DXF-Element vom Typ ARC eingelesen wird, das einen Halbkreis darstellt, so wird dieser durch mindestens 25 Stützpunkte approximiert. Der Parameter *'max_approx_error'* legt fest, wie groß die maximale Abweichung der XLD-Kontur von dem idealen Kreis bzw. der idealen Ellipse sein darf (Einheit: Pixel). Für die Bestimmung der Genauigkeit der Approximation werden beide Kriterien ausgewertet und dasjenige verwendet, das zu einer genaueren Approximation führt.

Die intern verwendeten Defaultwerte für die generischen Parameter sind:

- *'read_attributes' = 'true'*
- *'min_num_points' = 20*
- *'max_approx_error' = 0.25*

Um eine genauere Approximation zu erreichen, muss entweder ein größerer Wert für *'min_num_points'* oder ein kleinerer Wert für *'max_approx_error'* verwendet werden.

Parameter

▷ **`Contours`** (output_object) . . . . . xld_cont(-array) ⇝ *object*
Eingelesene XLD-Konturen.

▷ **`FileName`** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der DXF-Datei.
Dateiendung: `.dxf`

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die für den DXF-Input eingestellt werden sollen.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'read_attributes', 'min_num_points', 'max_approx_error'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *real* / integer / string
Werte der generischen Parameter, die für den DXF-Input eingestellt werden sollen.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false', 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20}

▷ **DxfStatus** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Statusinformationen.

Ergebnis

Wenn die Parameter korrekt sind und die angegebene Datei gelesen werden konnte, liefert `read_contour_xld_dxf` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`write_contour_xld_dxf`

Siehe auch

`write_contour_xld_dxf`, `read_polygon_xld_dxf`, `query_contour_attribs_xld`, `query_contour_global_attribs_xld`, `get_contour_attrib_xld`, `get_contour_global_attrib_xld`

Modul

Foundation

read_polygon_xld_arc_info (: Polygons : FileName :)

Lesen von XLD-Polygonen im ARC/INFO-Generate-Format.

`read_polygon_xld_arc_info` liest die in der Datei `FileName` im ARC/INFO-Generate-Format gespeicherten Linien ein und liefert sie als XLD-Polygone in `Polygons` zurück. Dabei werden alle Verzeichnisse, die in der HALCON-Systemvariablen *'image_dir'* bzw. in der Umgebungsvariablen HALCONIMAGES enthalten sind, nach der Datei `FileName` durchsucht (siehe `read_image`). Die eingelesenen Polygone liegen im Weltkoordinatensystem vor. Der Operator `affine_trans_polygon_xld` kann verwendet werden, um sie in das Bildkoordinatensystem zu transformieren. Die dazu notwendige Transformationsmatrix kann erzeugt werden, indem mit `read_world_file` aus einem ARC/INFO World File die Transformationsmatrix von Bild- nach Weltkoordinatensystem gelesen wird, und diese mit `hom_mat2d_invert` invertiert wird.

Parameter

▷ **Polygons** (output_object) . . . . . xld_poly(-array) ⇝ *object*
Eingelesene XLD-Polygone.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der ARC/INFO-Datei.

Beispiel

```
* Read the transformation and invert it
read_world_file ('image.tfw', WorldTransformation)
hom_mat2d_invert (WorldTransformation, ImageTransformation)
* Read the image
read_image (Image, 'image.tif')
* Read the line data
read_polygon_xld_arc_info (LinesWorld, 'lines.gen')
* Transform the line data to image coordinates
affine_trans_polygon_xld (LinesWorld, Lines, ImageTransformation)
```

Ergebnis

Wenn die Parameter korrekt sind und die angegebene Datei gelesen werden konnte, liefert `read_polygon_xld_arc_info` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`hom_mat2d_invert`, `affine_trans_polygon_xld`

Siehe auch

`read_world_file`, `write_polygon_xld_arc_info`, `read_contour_xld_arc_info`

Modul

Foundation

`read_polygon_xld_dxf` `( : Polygons : FileName, GenParamName, GenParamValue : DxfStatus )`

Lesen von XLD-Polygonen aus einer DXF-Datei.

`read_polygon_xld_dxf` liest den Inhalt der DXF-Datei `FileName` (DXF-Version AC1009, AutoCAD Release 12) und wandelt ihn in die XLD-Polygone `Polygons`. Wenn kein absoluter Pfad in `FileName` angegeben wird, wird die DXF-Datei im aktuellen Verzeichnis des HALCON-Prozesses gesucht.

Der Ausgabeparameter `DxfStatus` enthält Informationen über die Anzahl der gelesenen Polygone und, falls erforderlich, Hinweise auf Teile der DXF-Datei, die nicht gelesen werden konnten.

Der Operator `read_polygon_xld_dxf` unterstützt die folgenden DXF-Elemente:

- POLYLINE
  - 2D-Kurven, die aus Liniensegmenten bestehen
  - Geschlossene 2D-Kurven, die aus Liniensegmenten bestehen
- LWPOLYLINE
- LINE
- POINT
- CIRCLE
- ARC
- ELLIPSE
- SPLINE
- BLOCK
- INSERT

Die X- und Y-Koordinaten der DXF-Elemente werden in den Spalten- und Zeilenkoordinaten der XLD-Polygone `Polygons` gespeichert. Die Z-Koordinaten der DXF-Elemente werden nicht berücksichtigt.

DXF-Elemente vom Typ CIRCLE, ARC, ELLIPSE und SPLINE werden durch XLD-Polygone approximiert. Die Genauigkeit dieser Approximation kann über die beiden generischen Parameter *'min_num_points'* und *'max_approx_error'* gesteuert werden (bei SPLINE nur *'max_approx_error'*). Generische Parameter werden durch Angabe des Parameternamens in `GenParamName` und des dazugehörigen Wertes in `GenParamValue` gesetzt. Der Parameter *'min_num_points'* legt fest, wie viele Stützpunkte mindestens für die Approximation verwendet werden. Der Parameter *'min_num_points'* bezieht sich immer auf den entsprechenden Vollkreis bzw. die gesamte Ellipse, auch für ARCs oder Ellipsenbögen, d.h., wenn *'min_num_points'* auf den Wert *50* gesetzt ist und ein DXF-Element vom Typ ARC eingelesen wird, das einen Halbkreis darstellt, so wird dieser durch mindestens 25 Stützpunkte dargestellt. Der Parameter *'max_approx_error'* legt fest, wie groß die maximale Abweichung des XLD-Polygons von dem idealen Kreis bzw. der idealen Ellipse sein darf (Einheit: Pixel). Für die Bestimmung der Genauigkeit der Approximation werden beide Kriterien ausgewertet und dasjenige verwendet, das zu einer genaueren Approximation führt.

Die intern verwendeten Defaultwerte für die generischen Parameter sind:

- *'min_num_points'* = 20
- *'max_approx_error'* = 0.25

Um eine genauere Approximation zu erreichen, muss entweder ein größerer Wert für *'min_num_points'* oder ein kleinerer Wert für *'max_approx_error'* verwendet werden.

Beachten Sie, dass das Einlesen einer DXF-Datei mit `read_polygon_xld_dxf` geometrisch zu dem gleichen Ergebnis führt wie das Einlesen der Datei mit `read_contour_xld_dxf`. Lediglich die Datenstruktur, in der das Ergebnis zurückgegeben wird, ist eine andere.

Parameter

▷ **`Polygons`** (output_object) ..... xld_poly(-array) ⇝ *object*
Eingelesene XLD-Polygone.

▷ **`FileName`** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Name der DXF-Datei.
Dateiendung: `.dxf`

▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die für den DXF-Input eingestellt werden sollen.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'min_num_points', 'max_approx_error'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *real* / integer / string
Werte der generischen Parameter, die für den DXF-Input eingestellt werden sollen.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0.1, 0.25, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20}

▷ **`DxfStatus`** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Statusinformationen.

Ergebnis

Wenn die Parameter korrekt sind und die angegebene Datei gelesen werden konnte, liefert `read_polygon_xld_dxf` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`write_polygon_xld_dxf`

Siehe auch

`write_polygon_xld_dxf`, `read_contour_xld_dxf`

Modul

Foundation

`serialize_xld` (XLD : : : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines XLD-Objekts.

`serialize_xld` serialisiert ein XLD-Objekt (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das XLD-Objekt wird in dem Parameter `XLD` übergeben. Das serialisierte XLD-Objekt wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und kann mit `deserialize_xld` wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
Zu serialisiertes XLD-Objekt.
▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_xld` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_contour_polygon_xld`, `gen_parallels_xld`, `gen_polygons_xld`

Nachfolger

`fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_xld`

Siehe auch

`deserialize_xld`

Modul

Foundation

write_contour_xld_arc_info (Contours : : FileName :)

Schreiben von XLD-Konturen im ARC/INFO-Generate-Format.

`write_contour_xld_arc_info` schreibt die XLD-Konturen `Contours` im ARC/INFO-Generate-Format in die Datei `FileName`. Wenn kein absoluter Pfad in `FileName` angegeben wird, wird die Ausgabedatei im aktuellen Verzeichnis des HALCON-Prozesses geschrieben. Die Konturen müssen zuvor mit `affine_trans_contour_xld` in Weltkoordinaten transformiert worden sein. Die dazu notwendige Transformation kann mit `read_world_file` aus einem ARC/INFO World File eingelesen werden.

Parameter

▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
Zu schreibende XLD-Konturen.
▷ **FileName** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Name der ARC/INFO-Datei.

Beispiel

```
* Read transformation and image
read_world_file ('image.tfw', WorldTransformation)
read_image (Image, 'image.tif')
* Segment image
* ...
* Write result
affine_trans_contour_xld (Contours, ContoursWorld, WorldTransformation)
write_contour_xld_arc_info (ContoursWorld, 'result.gen')
```

Ergebnis

Wenn die Parameter korrekt sind und die angegebene Datei geschrieben werden konnte, liefert `write_contour_xld_arc_info` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

affine_trans_contour_xld

Siehe auch

read_world_file, read_contour_xld_arc_info, write_polygon_xld_arc_info

Modul

Foundation

write_contour_xld_dxf (Contours : : FileName :)

Schreiben von XLD-Konturen im DXF-Format.

write_contour_xld_dxf schreibt die XLD-Konturen Contours im DXF-Format in die Datei FileName. Wenn kein absoluter Pfad in FileName angegeben wird, wird die Ausgabedatei im aktuellen Verzeichnis des HALCON-Prozesses geschrieben.

Neben der Geometrie der Contours werden auch sämtliche Attribute und globalen Attribute, die für Contours definiert sind, in die Datei geschrieben.

write_contour_xld_dxf schreibt eine Datei im Format der DXF-Version AC1009 (AutoCAD Release 12). Jede Kontur wird als POLYLINE gespeichert. Die Attributwerte werden als erweiterte Elementdaten zu jedem VERTEX der POLYLINE geschrieben. Die globalen Attributwerte werden als erweiterte Elementdaten der POLYLINE geschrieben. Sämtliche Attributnamen werden ebenfalls als erweiterte Elementdaten der POLYLINE geschrieben.

Der Operator read_contour_xld_dxf kann verwendet werden, um die XLD Konturen zusammen mit ihren Attributen wieder einzulesen.

Andere Anwendungsprogramme, die DXF-Dateien einlesen können, importieren typischerweise nur die Geometrieinformation der Konturen. Die Attribute werden ignoriert.

Beschreibung des Formats der erweiterten Elementdaten

Die erweiterten Elementdaten werden jeweils durch folgende DXF-Gruppe eingeleitet:

1001 HALCON

Attribute werden in folgendem Format als erweiterte Elementdaten zu jedem VERTEX geschrieben:

DXF	Erläuterung
1000	Bedeutung
contour attributes	
1002	Beginn der Werteliste
{	
1070	Anzahl von Attributen (hier: 3)
3	
1040	Wert des ersten Attributs
5.00434303	
1040	Wert des zweiten Attributs
126.8638916	
1040	Wert des dritten Attributs
4.99164152	
1002	Ende der Werteliste
}	

Globale Attribute werden in folgendem Format als erweiterte Elementdaten zu jeder POLYLINE geschrieben:

DXF	Erläuterung
1000	Bedeutung
global contour attributes	
1002	Beginn der Werteliste
{	
1070	Anzahl globaler Attribute (hier: 5)
5	
1040	Wert des ersten globalen Attributs
0.77951831	
1040	Wert des zweiten globalen Attributs
0.62637949	
1040	Wert des dritten globalen Attributs
103.94314575	
1040	Wert des vierten globalen Attributs
0.21434096	
1040	Wert des fünften globalen Attributs
0.21921949	
1002	Ende der Werteliste
}	

Die Namen der Attribute werden in folgendem Format als erweiterte Elementdaten zu jeder POLYLINE geschrieben:

DXF	Erläuterung
1000	Bedeutung
names of contour attributes	
1002	Beginn der Werteliste
{	
1070	Anzahl von Attributnamen (hier: 3)
3	
1000	Name des ersten Attributs
angle	
1000	Name des zweiten Attributs
response	
1000	Name des dritten Attributs
edge_direction	
1002	Ende der Werteliste
}	

Die Namen der globalen Attribute werden in folgendem Format als erweiterte Elementdaten zu jeder POLYLINE geschrieben:

DXF	Erläuterung
1000	Bedeutung
names of global contour attributes	
1002	Beginn der Werteliste
{	
1070	Anzahl von globalen Attributnamen (hier: 5)
5	
1000	Name des ersten globalen Attributs
regr_norm_row	
1000	Name des zweiten globalen Attributs
regr_norm_col	
1000	Name des dritten globalen Attributs
regr_dist	
1000	Name des vierten globalen Attributs
regr_mean_dist	
1000	Name des fünften globalen Attributs
regr_dev_dist	
1002	Ende der Werteliste
}	

Parameter

▷ **Contours** (input_object) . . . . . xld_cont(-array) ⇝ *object*
Zu schreibende XLD-Konturen.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der DXF-Datei.
Dateiendung: `.dxf`

Ergebnis

Wenn die Parameter korrekt sind und die angegebene Datei geschrieben werden konnte, liefert `write_contour_xld_dxf` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`edges_sub_pix`

Siehe auch

`read_contour_xld_dxf`, `write_polygon_xld_dxf`, `query_contour_attribs_xld`, `query_contour_global_attribs_xld`, `get_contour_attrib_xld`, `get_contour_global_attrib_xld`

Modul

Foundation

write_polygon_xld_arc_info (Polygons : : FileName :)

Schreiben von XLD-Polygonen im ARC/INFO-Generate-Format.

`write_polygon_xld_arc_info` schreibt die XLD-Polygone `Polygons` im ARC/INFO-Generate-Format in die Datei `FileName`. Wenn kein absoluter Pfad in `FileName` angegeben wird, wird die Ausgabedatei im aktuellen Verzeichnis des HALCON-Prozesses geschrieben. Die Polygone müssen zuvor mit

affine_trans_polygon_xld in Weltkoordinaten transformiert worden sein. Die dazu notwendige Transformation kann mit read_world_file aus einem ARC/INFO World File eingelesen werden.

Achtung

Die XLD-Konturen, die möglicherweise von Polygons referenziert werden, werden nicht in die ARC/INFO-Datei abgespeichert, da dies mit dem ARC/INFO-Generate-Format nicht möglich ist. Wenn die Polygone mit read_polygon_xld_arc_info wieder eingelesen werden, ist diese Information verlorengegangen, und deshalb können auch keine Referenzen auf Konturen für die Polygone generiert werden. Daher kann es beim Aufruf von Operatoren, die auf die zu einem Polygon gehörigen Konturen zugreifen, z.B. split_contours_xld, zu Fehlermeldungen kommen.

Parameter

▷ **Polygons** (input_object) ..... xld_poly(-array) ⇝ *object*
Zu schreibende XLD-Polygone.

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Name der ARC/INFO-Datei.

Beispiel

```
* Read transformation and image
read_world_file ('image.tfw', WorldTransformation)
read_image (Image, 'image.tif')
* Segment image
* ...
* Write result
affine_trans_polygon_xld (Polygons, PolygonsWorld, WorldTransformation)
write_polygon_xld_arc_info (PolygonsWorld, 'result.gen')
```

Ergebnis

Wenn die Parameter korrekt sind und die angegebene Datei geschrieben werden konnte, liefert write_polygon_xld_arc_info den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

affine_trans_polygon_xld

Siehe auch

read_world_file, read_polygon_xld_arc_info, write_contour_xld_arc_info

Modul

Foundation

write_polygon_xld_dxf (Polygons : : FileName :)

Schreiben von XLD-Polygonen im DXF-Format.

write_polygon_xld_dxf schreibt die XLD-Polygone Polygons im DXF-Format in die Datei FileName. Wenn kein absoluter Pfad in FileName angegeben wird, wird die Ausgabedatei im aktuellen Verzeichnis des HALCON-Prozesses geschrieben.

write_polygon_xld_dxf schreibt eine Datei im Format der DXF-Version AC1009 (AutoCAD Release 12). Jedes Polygon wird als POLYLINE gespeichert.

Der Operator read_polygon_xld_dxf kann verwendet werden, um die XLD Polygone wieder einzulesen.

Achtung

Die XLD-Konturen, die möglicherweise von `Polygons` referenziert werden, werden nicht in der DXF-Datei abgespeichert. Wenn die Polygone mit `read_polygon_xld_dxf` wieder eingelesen werden, ist diese Information nicht verfügbar, weswegen keine Referenzen auf die Konturen für die Polygone generiert werden können. Daher kann es beim Aufruf von Operatoren, die auf die zu einem Polygon gehörigen Konturen zugreifen (z.B. `split_contours_xld`) zu Fehlermeldungen kommen.

Parameter

- ▷ **`Polygons`** (input_object) ..... xld_poly(-array) ⇝ *object*
  Zu schreibende XLD-Polygone.
- ▷ **`FileName`** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
  Name der DXF-Datei.
  Dateiendung: `.dxf`

Ergebnis

Wenn die Parameter korrekt sind und die angegebene Datei geschrieben werden konnte, liefert `write_polygon_xld_dxf` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_polygons_xld`

Siehe auch

`read_polygon_xld_dxf`, `write_contour_xld_dxf`

Modul

Foundation

8.7 Zugriff

`close_file` `( : : FileHandle : )`

Schließen einer Textdatei.

`close_file` schließt eine Datei, die mit `open_file` geöffnet wurde.

Parameter

- ▷ **`FileHandle`** (input_control) ..... file(-array) ⇝ *handle*
  Datei-Handle.

Beispiel

```
open_file ('standard', 'output', FileHandle)
* ....
close_file(FileHandle)
```

Ergebnis

Ist das Datei-Handle korrekt, dann liefert `close_file` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_file`

Siehe auch

`open_file`

Modul

Foundation

fnew_line (: : FileHandle :)

Ausgabe eines Zeilenumbruchs und Leeren des Ausgabepuffers in eine Textdatei.

`fnew_line` gibt in der Ausgabedatei, die durch das Handle `FileHandle` definiert ist und mit `open_file` im Textformat geöffnet worden sein muss, einen Zeilenumbruch aus. Dabei schreibt der Aufruf von `fnew_line` vorher möglicherweise zurückgehaltene Daten aus dem Ausgabepuffer in die Datei (s.a. `fwrite_string` und `set_system(::'flush_file', <boolean-value>:)`).

Welche Zeichen als Zeilenumbruch geschrieben werden hängt vom Betriebssystem ab: Unter Windows wird die Zeichenfolge '$\backslash r \backslash n$' (carriage return + line feed) als Standardzeilenumbruch verwendet, unter Linux dagegen nur '$\backslash n$' (line feed).

Parameter

▷ **FileHandle** (input_control) . . . . . file ⇝ *handle*
Datei-Handle.

Beispiel

```
fwrite_string(FileHandle,'Good Morning')
fnew_line(FileHandle)
```

Ergebnis

`fnew_line` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls eine Ausgabedatei geöffnet ist und geschrieben werden kann. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fwrite_string`

Siehe auch

`fwrite_string`

Modul

Foundation

fread_bytes (: : FileHandle, NumberOfBytes : ReadData, IsEOF)

Einlesen von Bytes aus einer Eingabebinärdatei.

`fread_bytes` liest Bytes aus der Eingabedatei, die durch das Handle `FileHandle` definiert ist und mit `open_file` im Binärformat geöffnet worden sein muss.

Die Anzahl der zu lesenden Bytes wird in NumberOfBytes übergeben, und muss größer als *0* sein.

Die gelesenen Bytes werden in ReadData zurückgegeben. IsEOF enthält den Wert *1*, wenn das Dateiende erreicht wurde, ansonsten *0*.

Wenn die Anzahl der zu lesenden Bytes größer ist als die Anzahl der Bytes in der Eingabebinärdatei, werden die gelesenen Bytes bis zum Dateiende in ReadData zurückgegeben und der Parameter IsEOF wird auf *1* gesetzt.

Wenn keine Bytes gelesen werden können, weil das Ende der Datei erreicht ist, wird in ReadData ein leeres Tupel zurückgegeben und der Parameter IsEOF auf *1* gesetzt.

Parameter

- ▷ **FileHandle** (input_control) ..... file ⇝ *handle*
  Datei-Handle.
- ▷ **NumberOfBytes** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der zu lesenden Bytes.
- ▷ **ReadData** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Gelesenen Bytes.
- ▷ **IsEOF** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Ende der Datei beim Lesen erreicht.

Beispiel

```
* Read a binary file 5 bytes at a time till EOF is reached.
open_file(Filename,'input_binary',FileHandle)
repeat
  fread_bytes(FileHandle, 5, BytesRead, IsEOF)
until (IsEOF)
close_file (FileHandle)
```

Ergebnis

fread_bytes liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabedatei im Binärformat geöffnet ist und gelesen werden konnte. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_file

Nachfolger

close_file

Alternativen

fread_char

Siehe auch

open_file, close_file, fwrite_bytes

Modul

Foundation

fread_char (: : FileHandle : Char)

Einlesen eines Zeichens aus einer Textdatei.

fread_char liest aus der Eingabedatei, die durch das Handle FileHandle definiert ist und mit open_file im Textformat geöffnet worden sein muss, ein Zeichen ein.

Das eingelesene Zeichen oder der Steuerstring 'eof' wird im Parameter `Char` zurückgegeben. Dabei wird vom Operator `fread_char` das String-Encoding der Datei berücksichtigt, es sei denn, die Datei wurde mit der Option *'ignore_encoding'* geöffnet (s.a. `open_file`). Das bedeutet, dass bei korrektem Encoding der Operator `fread_char` auch Multi-Byte-Zeichen mit einem Aufruf zurückliefert. Falls notwendig wird das Zeichen anschließend in das aktuelle Encoding der HALCON-Bibliothek umgewandelt (s.a. `set_system(::'filename_encoding',<encoding>:)`).

Wurde die Datei mit der Option *'ignore_encoding'* geöffnet, und wurden noch nicht alle Zeichen der Datei gelesen, enthält `Char` immer genau das nächste Byte aus der Datei ohne weitere Interpretation oder Umcodierung. Das kann z.B. dann sinnvoll sein, wenn eine Datei spezielle benutzerdefinierte Steuerzeichen enthält, die in einer Art Rohdaten-Modus gelesen werden sollen. Wurde das Ende der Datei erreicht und sind keine weiteren Daten verfügbar, liefert `fread_char` die Zeichenkette *'eof'*.

Ergeben in dem angegebenen Encoding die nächsten zu lesenden Bytes kein gültiges Zeichen, wird von `fread_char` ein Low-Level-Fehler ausgegeben. Unabhängig von dem Low-Level-Fehler wird `fread_char` normal beendet und liefert das nächste Byte in `Char` zurück. Darüber hinaus wird ein Low-Level-Fehler erzeugt, wenn das gelesene Zeichen nicht in das aktuelle Encoding der HALCON-Bibliothek umgewandelt werden kann. Dies kann nur vorkommen, wenn die Datei UTF-8-kodiert ist und die HALCON-Bibliothek das lokale Encoding verwendet (s.a. `set_system(::'filename_encoding','locale':)`).

Parameter

- ▷ **`FileHandle`** (input_control) ..... file ⇝ *handle*
  Datei-Handle.
- ▷ **`Char`** (output_control) ..... string ⇝ *string*
  Eingelesenes Zeichen oder Steuerstring ('eof').

Beispiel

```
* Read a text file character by character.
open_file (FileName, 'input', FileHandle)
repeat
    fread_char (FileHandle, Char)
until (Char == 'eof')
close_file (FileHandle)
```

Ergebnis

`fread_char` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls eine Eingabedatei geöffnet ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Encodingfehler haben keinen Einfluss auf den Rückgabewert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_file`

Nachfolger

`close_file`

Alternativen

`fread_string`, `read_string`, `fread_line`

Siehe auch

`open_file`, `close_file`, `fread_string`, `fread_line`

Modul

Foundation

`fread_line ( : : FileHandle : OutLine, IsEOF )`

Einlesen von einer Zeile aus einer Textdatei.

fread_line liest aus der aktuellen Eingabedatei, die durch das Handle FileHandle definiert ist und mit open_file im Textformat geöffnet worden sein muss, eine komplette Zeile einschließlich des Zeilenumbruchzeichens ein.

Die eingelesene Zeile wird im Parameter OutLine zurückgegeben. Sie beginnt an der aktuellen Dateiposition und endet am Dateiende oder mit dem nächsten Zeilenumbruchzeichen. Nachfolgende Leseoperationen auf der Datei beginnen mit dem ersten Zeichen nach dem Zeilenumbruch, d.h. mit der nächsten Zeile. Falls notwendig, wird die eingelesene Zeile in das aktuell von der HALCON-Bibliothek verwendete Encoding (standardmäßig UTF-8) umgewandelt.

Welche Zeichen als Zeilenumbruch interpretiert werden, hängt vom String-Encoding ab, das beim Öffnen der Datei mit open_file angegeben wurde. Die folgenden Zeichen werden unabhängig vom Encoding immer als Zeilenumbruch akzeptiert: *'\n'* (line feed), *'\r'* (carriage return) und *'\f'* (form feed). Unter Windows wird ein Zeilenumbruch normalerweise durch die Zeichenfolge *'\r\n'* (carriage return + line feed) dargestellt. Diese Zeichenfolge wird auf allen Systemen als *ein* Zeilenumbruch interpretiert und im Ausgabestring als *'\n'* zurückgegeben. In UTF-8-kodierten Dateien werden darüber hinaus auch die folgenden Unicode Steuerzeichen als Zeilenende interpretiert: *U+0085* (next line), *U+2028* (line separator) und *U+2029* (paragraph separator).

Wenn das Ende der Datei erreicht wurde, ohne dass ein Zeichen in die Ausgabe übernommen wurde, liefert der Parameter IsEOF den Wert *1*, ansonsten *0*.

Stößt der Operator fread_line beim Lesen auf Bytes, die im angegebenen Encoding kein gültiges Zeichen ergeben, wird ein Low-Level-Fehler ausgegeben. Unabhängig von dem Low-Level-Fehler wird fread_line jedoch normal beendet, wobei der Ausgabestring OutLine ungültige Zeichen enthalten kann. Darüber hinaus wird ein Low-Level-Fehler erzeugt, wenn der eingelesene String nicht verlustfrei in das aktuelle Encoding der HALCON-Bibliothek umgewandelt werden kann. Dies kann für eine in der Datei korrekt kodierten Zeichenkette nur vorkommen, wenn die Datei UTF-8-kodiert ist und die HALCON-Bibliothek das lokale Encoding verwendet (s.a. set_system(::'filename_encoding','locale':)).

Parameter

- ▷ **FileHandle** (input_control) ..... file ⇝ *handle*
  Datei-Handle.
- ▷ **OutLine** (output_control) ..... string ⇝ *string*
  Eingelesene Zeile.
- ▷ **IsEOF** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Ende der Datei erreicht bevor ein Zeichen gelesen werden konnte.

Beispiel

```
do {
  fread_line(FileHandle,&Line,&IsEOF);
} while(IsEOF==0);
```

Ergebnis

fread_line liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Datei geöffnet ist und eine geeignete Zeile eingelesen wird. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Encodingfehler haben keinen Einfluss auf den Rückgabewert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_file

Nachfolger

close_file

Alternativen

fread_char, fread_string

Siehe auch

open_file, close_file, fread_char, fread_string

Modul

Foundation

fread_string (: : FileHandle : OutString, IsEOF)

Einlesen einer Zeichenkette aus einer Textdatei.

fread_string liest aus der aktuellen Eingabedatei einen String ein. Die Eingabedatei ist durch das Handle FileHandle definiert und muss mit open_file im Textformat geöffnet worden sein.

Ein String beginnt mit dem ersten Zeichen, das kein Trennzeichen ist. Das sind alle druckbaren Zeichen, aber auch alle Sonderzeichen, die weder Leerzeichen noch Zeilenumbruch sind. Ein String endet vor dem ersten Trennzeichen (Leerzeichen oder Zeilenumbruch), nachdem mindestens ein Zeichen in die Ausgabe übernommen wurde, oder wenn das Dateiende erreicht wurde. Das Trennzeichen, das den String beendet, wird nicht in die Ausgabe übernommen. Der Dateizeiger bleibt jedoch auf dem Zeichen nach dem Trennzeichen stehen, so dass ein nachfolgender Lesebefehl auf der Datei nach dem Trennzeichen weiterlesen würde. Die eingelesene Zeichenkette wird im Parameter OutString zurückgegeben. Falls notwendig, wird die Zeichenkette zuvor in das aktuell von der HALCON-Bibliothek verwendete Encoding (standardmäßig UTF-8) umgewandelt.

Welche Zeichen als Trennzeichen interpretiert werden, hängt von dem String-Encoding ab, das beim Öffnen der Datei mit open_file angegeben wurde. Das normale Leerzeichen *' '* (space) sowie die Standard-ASCII-Trennzeichen *'\t'* (tab), *'\f'* (form feed), *'\n'* (line feed), *'\r'* (carriage return) und *'\v'* (vertical tab) werden unabhängig vom Encoding immer als Trennzeichen akzeptiert.

Abhängig vom Encoding können weitere Trennzeichen hinzukommen. Latin-1 definiert z.B. *'0xA0'* (no-break space) und Shift-JIS enthält wie viele andere asiatische Encodings ein ideographisches Leerzeichen (*'0x8140'*, ideographic space). Neben diesen Zeichen definiert der Unicode-Standard noch weitere Trennzeichen in insgesamt drei Kategorien: Leerzeichen (*Zs*), Zeilentrenner (*Zl*) und Absatztrenner (*Zp*).

Wenn das Ende der Datei erreicht wurde, bevor mindestens ein Zeichen in die Ausgabe übernommen wurde, liefert der Parameter IsEOF den Wert *1*, ansonsten *0*.

Stößt der Operator fread_string beim Lesen auf Bytes, die im angegebenen Encoding kein gültiges Zeichen ergeben, wird ein Low-Level-Fehler ausgegeben. Unabhängig von dem Low-Level-Fehler wird fread_string jedoch normal beendet, wobei der Ausgabestring OutString ungültige Zeichen enthalten kann. Darüber hinaus wird ein Low-Level-Fehler erzeugt, wenn der eingelesene String nicht verlustfrei in das aktuelle Encoding der HALCON-Bibliothek umgewandelt werden kann. Dies kann für eine in der Datei korrekt kodierten Zeichenkette nur vorkommen, wenn die Datei UTF-8-kodiert ist und die HALCON-Bibliothek das lokale Encoding verwendet (s.a. set_system(::'filename_encoding','locale':)).

Parameter

- ▷ **FileHandle** (input_control) ..... file ⇝ *handle*
  Datei-Handle.
- ▷ **OutString** (output_control) ..... string ⇝ *string*
  Eingelesene Zeichenkette.
- ▷ **IsEOF** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Ende der Datei erreicht bevor mindestens ein Zeichen in die Ausgabe übernommen wurde.

Beispiel

```
fwrite_string(FileHandle,'Please enter text and return: ..')
fread_string(FileHandle,String,IsEOF)
fwrite_string(FileHandle,['here it is again: ',String])
fnew_line(FileHandle)
```

Ergebnis

fread_string liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls eine Datei geöffnet ist und ein geeigneter String eingelesen wird. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Encodingfehler haben keinen Einfluss auf den Rückgabewert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_file`

Nachfolger

`close_file`

Alternativen

`fread_char`, `read_string`, `fread_line`

Siehe auch

`open_file`, `close_file`, `fread_char`, `fread_line`

Modul

Foundation

fwrite_bytes (: : FileHandle, DataToWrite : NumberOfBytesWritten)

Schreiben von Bytes in eine Binärdatei.

`fwrite_bytes` schreibt Bytes in die Ausgabedatei, die durch das Handle `FileHandle` definiert ist und mit dem Operator `open_file` im Binärformat geöffnet worden sein muss.

Die Daten, die in die Datei geschrieben werden sollen, werden als `DataToWrite` übergeben.

Die Anzahl der Bytes, die in die Datei geschrieben wurden, wird in `NumberOfBytesWritten` zurückgegeben.

Parameter

- ▷ **FileHandle** (input_control) ..... file ⇝ *handle*
  Datei-Handle.
- ▷ **DataToWrite** (input_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Zu schreibende Daten, die in die Datei geschrieben werden sollen.
- ▷ **NumberOfBytesWritten** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Bytes, die in die Ausgabedatei geschrieben wurden.

Beispiel

```
* Write a binary file byte by byte.
open_file (Filename, 'append_binary', FileHandle)
fwrite_bytes(FileHandle, [0x97, 99, 102], BytesWritten)
close_file (FileHandle)
```

Ergebnis

`fwrite_bytes` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Ausgabedatei im Binärformat geöffnet ist und geschrieben werden konnte. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_file`

Nachfolger

`close_file`

Alternativen

fwrite_string

Siehe auch

open_file, close_file, fread_bytes

Modul

Foundation

fwrite_string (: : FileHandle, String :)

Ausgabe von Zeichenketten und Zahlen in eine Textdatei.

fwrite_string schreibt Zeichenketten und Zahlen in die Ausgabedatei, die durch das Handle FileHandle definiert ist und mit dem Operator open_file im Textformat geöffnet worden sein muss.

Die Werte, die in der Datei ausgegeben werden sollen, werden mit dem Parameter String übergeben. Der Parameter String akzeptiert auch Tupel, in denen beliebige Zahlen und Zeichenketten gemischt vorkommen können. Alle Elemente eines Tupels werden direkt hintereinander geschrieben, ohne Leer- oder andere Trennzeichen dazwischen. Zahlen werden vor der Ausgabe in eine Zeichenkette umgewandelt.

Der Operator fwrite_string erzeugt einen Low-Level-Fehler wenn der String nicht verlustfrei in das angegebene Datei-Encoding umgewandelt werden kann. Dies kann vorkommen, wenn das Datei-Encoding *'locale_encoding'* ist und das aktuelle Encoding der HALCON-Bibliothek *'utf8'* (s.a. set_system(::'filename_encoding','utf8':)).

Mit dem Aufruf set_system(::'flush_file', <Wahrheitswert>:) wird festgelegt, ob die Ausgabezeichen direkt oder verzögert in die Ausgabedatei geschrieben werden sollen. Ist *'flush_file'* auf *'false'* gesetzt, dann erfolgt die Ausgabe (insbesondere bei Bildschirmausgabe) erst nach dem Aufruf von fnew_line.

Parameter

- ▷ **FileHandle** (input_control) ..... file ⇝ *handle*
  Datei-Handle.
- ▷ **String** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Werte, die in der Datei ausgegeben werden sollen.
  Default: 'hallo'

Beispiel

```
fwrite_string(FileHandle,['text with numbers:',5,' and ',1.0])
* results in the following output:
* 'text with numbers:5 and 1.00000'
```

Ergebnis

fwrite_string liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls der Schreibvorgang erfolgreich abgeschlossen wird. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Encodingfehler haben keinen Einfluss auf den Rückgabewert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_file

Nachfolger

close_file

Alternativen

write_string

Siehe auch

`open_file`, `close_file`, `set_system`

Modul

Foundation

`open_file` (: : `FileName`, `FileType` : `FileHandle`)

Öffnen einer Datei im Text- oder Binärformat.

`open_file` öffnet eine Datei im Text- oder im Binärformat. Der Name der Datei wird im Parameter `FileName` übergeben. Der Operator gibt einen Handle auf die Datei in `FileHandle` zurück. Mit dem Parameter `FileType` wird der Typ der Datei bestimmt. Für Textdateien kann zusammen mit dem Typ auch das Encoding der Datei spezifiziert werden, dabei wird neben UTF-8 nur das jeweils lokale 8-Bit-Encoding unterstützt.

Die folgenden Einstellungen für `FileType` werden unterstützt:

'input': Öffnet eine bereits vorhandene Eingabedatei im Textformat lesend.

'output': Öffnet eine neue Ausgabedatei im Textformat schreibend.

'append': Öffnet eine bereits vorhandene Ausgabedatei im Textformat am Ende der Datei schreibend.

'input_binary': Öffnet eine bereits vorhandene Eingabedatei im Binärformat lesend.

'output_binary': Öffnet eine neue Ausgabedatei im Binärformat schreibend.

'append_binary': Öffnet eine bereits vorhandene Ausgabedatei im Binärformat am Ende der Datei schreibend.

Das an `FileType` übergebene Tupel kann bei Textdateien als zweites Element einen der folgenden Encoding-Einstellungen enthalten:

'utf8_encoding': Zeichenketten werden in der Datei mit UTF-8 kodiert. Das ist der Standard, d.h. beim Öffnen von Dateien, die UTF-8 kodiert sind oder die nur reine ASCII-Zeichen enthalten, braucht das Encoding nicht angegeben werden.

'locale_encoding': Zeichenketten werden in der Datei mit dem lokalen 8-Bit-Encoding kodiert. Dieses hängt vom verwendeten Betriebssystem und der eingestellten Lokalisierung ab. Mögliche Encodings sind hier z.B. unter Windows die Codepages 1252 (Microsoft-Variante von Latin-1) oder 932 (Shift-JIS) und unter Linux die Locales en_US.utf8, de_DE.iso885915 oder ja_JP.sjis.

'ignore_encoding': Das Encoding der Strings, die aus der Datei gelesen oder in sie geschrieben werden, wird nicht berücksichtigt. In diesem Modus werden Multi-Byte-Zeichen weder behandelt noch interpretiert, was bedeutet, dass der Operator `fread_char` in diesem Modus immer genau ein Byte zurückliefert, und die Operatoren `fread_line` und `fread_string` keine lokalisierungsabhängigen Trennzeichen berücksichtigen. Schließlich werden die Strings auch nicht in das aktuelle Encoding der HALCON-Bibliothek umkodiert.

Hinweis: Die Strings werden dennoch in das Encoding der HALCON C/C++ Schnittstelle umcodiert, wenn sich das Encoding der Schnittstelle von dem der HALCON-Bibliothek unterscheidet. Für HDevelop Skripte ist das Encoding immer UTF-8. Um eine Umcodierung in HDevelop zu vermeiden, sollte das Encoding der HALCON-Bibliothek UTF-8 sein.

Für Aus- und Eingaben auf dem Terminal sind die Dateinamen *'standard'* (*'input'* und *'output'*) und *'error'* (nur *'output'*) reserviert.

Parameter

▷ **`FileName`** (input_control) . . . . . filename ⇝ *string*
Name der zu öffnenden Datei.
Default: 'standard'
Wertevorschläge: `FileName` ∈ {'standard', 'error', '/tmp/dat.dat'}

▷ **`FileType`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Art des Dateizugriffs und ggf. das String-Encoding.
Default: 'output'
Werteliste: `FileType` ∈ {'input', 'output', 'append', 'input_binary', 'output_binary', 'append_binary', 'utf8_encoding', 'locale_encoding', 'ignore_encoding'}

▷ **`FileHandle`** (output_control) . . . . . file ⇝ *handle*
Datei-Handle.

Beispiel

```
* Creating an output text file with the name '/tmp/log.txt' and writing
* of a string:
   open_file('/tmp/log.txt','output',FileHandle)
   fwrite_string(FileHandle,'these are the first and last lines')
   fnew_line(FileHandle)
   close_file(FileHandle)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `open_file` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Exception-Behandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`fwrite_string`, `fread_char`, `fread_string`, `fread_line`, `fread_serialized_item`, `fwrite_serialized_item`, `fread_bytes`, `fwrite_bytes`, `close_file`

Siehe auch

`close_file`

Modul

Foundation

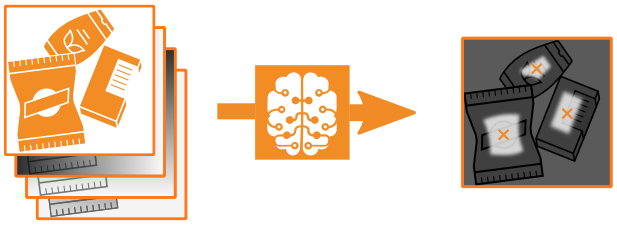
Kapitel 9

Deep Learning

Einleitung

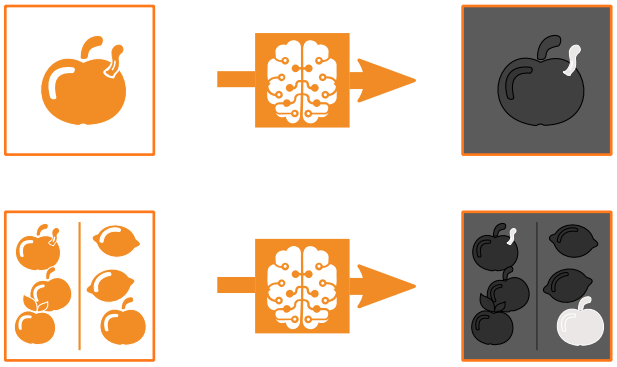
Der Begriff Deep Learning (DL) bezieht sich auf eine Familie von Verfahren des maschinellen Lernens. In HALCON sind folgende Methoden implementiert:

3D Gripping Point Detection: Erkennen von Greifpunkten auf Objekten in einer 3D-Szene. Für weitere Informationen siehe 3D-Matching / 3D Gripping Point Detection.



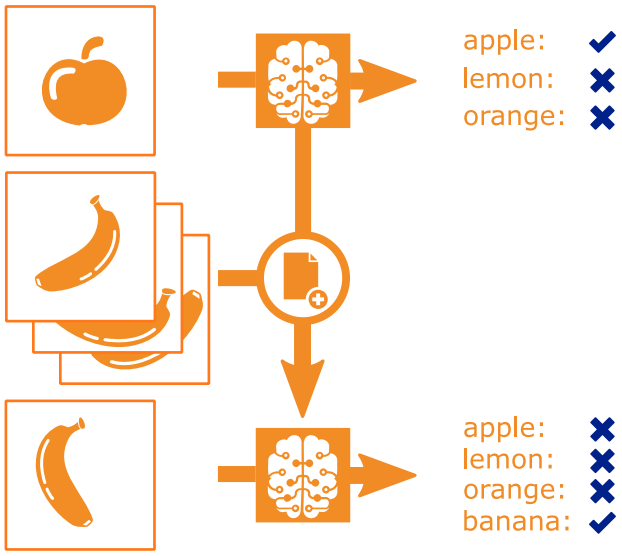
Ein mögliches Beispiel für eine Anwendung zur 3D Gripping Point Detection: Eine 3D-Szene (z.B. ein RGB-Bild und XYZ-Bilder) wird analysiert und mögliche Greifpunkte werden vorgeschlagen.

Anomalieerkennung und Global Context Anomaly Detection: Jedes Pixel des Eingabebildes erhält einen Score, der angibt, wie wahrscheinlich das Pixel ein unbekanntes Merkmal, eine Anomalie, zeigt. Für weitere Informationen wird auf das Kapitel Deep Learning / Anomalieerkennung und Global Context Anomaly Detection verwiesen.



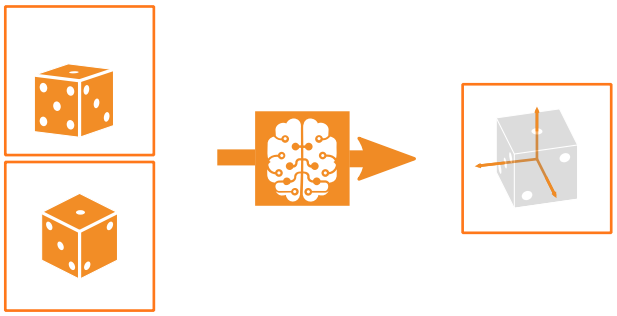
Oben: Ein mögliches Beispiel der Anomalieerkennung: Jedes Pixel des Eingabebildes erhält einen Score, welcher anzeigt wie wahrscheinlich es sich um ein unbekanntes Merkmal, also eine Anomalie handelt. Unten: Ein mögliches Beispiel der Global Context Anomaly Detection: Jedes Pixel des Eingabebildes erhält einen Score, welcher anzeigt wie wahrscheinlich es sich um eine strukturelle oder logische Anomalie handelt.

Continual Learning: Ein Klassifikationsmodell wird mit neuen Daten erweitert, um zusätzliche Klassen zu lernen oder die Leistung auf bestehenden Klassen zu verbessern. Für weitere Informationen siehe Deep Learning / Continual Learning.



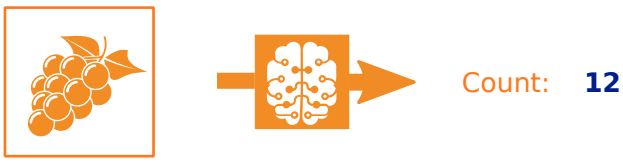
Ein mögliches Beispiel für Continual Learning: Ein Klassifikationsmodell wird mit neuen Daten erweitert, um eine zusätzliche Klasse zu lernen.

Deep 3D Matching: Erkennen von Objekten in einer Szene und Berechnung ihrer 3D Pose. Für weitere Informationen siehe 3D-Matching / Deep 3D Matching.



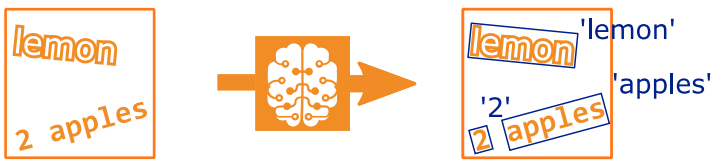
Ein mögliches Beispiel für eine Deep 3D Matching Anwendung: Ein Objekt wird aus verschiedenen Winkeln aufgenommen und erkannt, anschließend wird seine 3D Pose berechnet.

Deep Counting: Erkennen und Zählen von Objekten in Bildern. Für weitere Informationen siehe Matching / Deep Counting.



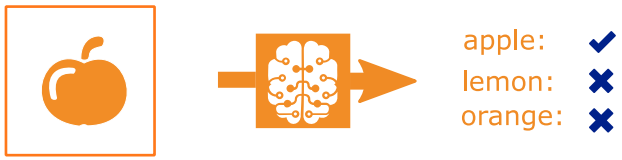
Ein mögliches Beispiel für eine Anwendung zu Deep Counting: Objekte in einem Bild werden gezählt und die Anzahl Objekte wird zurückgegeben.

Deep OCR: Lokalisieren und Erkennen von Wörtern (nicht nur Zeichen) in einem Bild. Für weitere Informationen siehe OCR / Deep OCR.

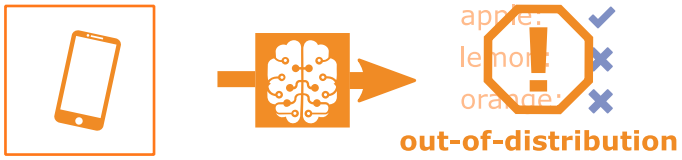


Ein mögliches Beispiel der Deep Learning-basierten OCR (optische Schriftzeichenerkennung): Wörter in einem Bild werden lokalisiert und erkannt.

Klassifikation: Ein Bild wird einer Klasse aus einer gegebenen Menge an Klassen zugeordnet. Für weitere Informationen wird auf das Kapitel Deep Learning / Klassifikation verwiesen.

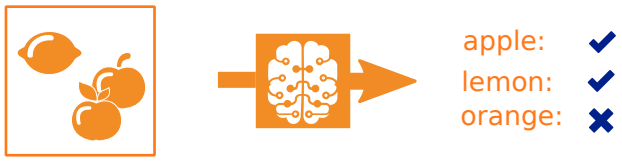


Ein mögliches Beispiel der Klassifikation: Dem Bild wird eine Klasse zugeordnet.



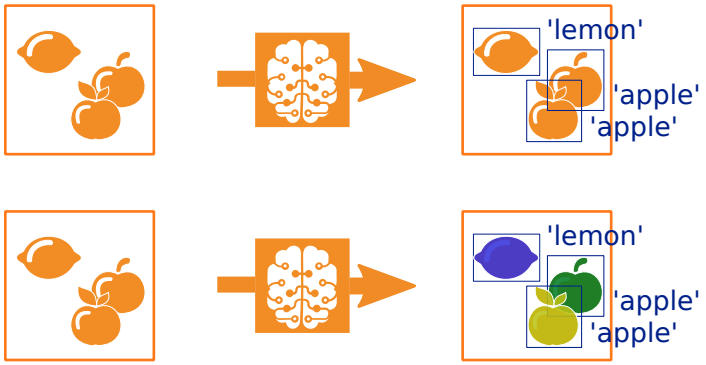
Ein mögliches Beispiel der Out-of-Distribution Detection für Klassifikation: Dem Bild wird eine Klasse zugeordnet und es wird, falls zutreffend, als Out-of-Distribution gekennzeichnet.

Multi-Label-Klassifikation: Einem Bild werden alle darin enthalten Klassen aus einer gegebenen Menge an Klassen zugeordnet. Für weitere Informationen wird auf das Kapitel Deep Learning / Multi-Label-Klassifikation verwiesen.



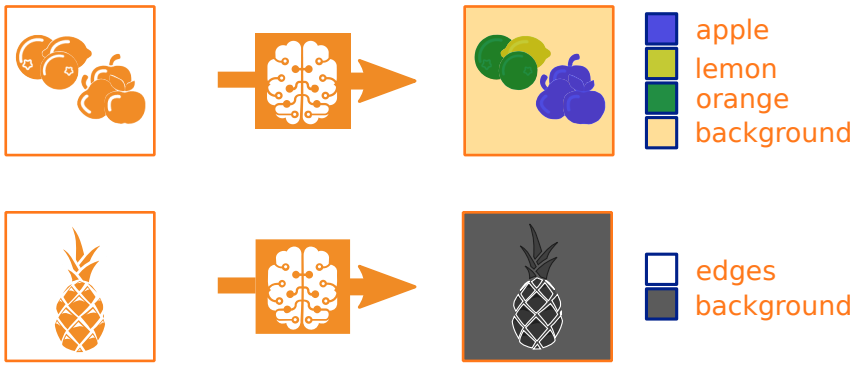
Ein mögliches Beispiel der Multi-Label-Klassifikation: Dem Bild werden alle zugehören Klassen zugeordnet.

Objektdetektion und Instanz-Segmentierung: Objekte der gegebenen Klassen werden erkannt und innerhalb des Bildes lokalisiert. Instanz-Segmentierung ist ein Spezialfall der Objektdetektion, bei der das Modell ebenfalls distinkte Instanzen erkennt, zusätzlich aber für jede gefundene Instanz deren Region innerhalb des Bildes zuordnet. Für weitere Informationen wird auf das Kapitel Deep Learning / Objektdetektion und Instanz-Segmentierung verwiesen.



Oben: Ein mögliches Beispiel der Objektdetektion: Innerhalb des Bildes werden drei Instanzen gefunden und jeweils einer Klasse zugeordnet.
Unten: Ein mögliches Beispiel der Instanz-Segmentierung: Für jede der drei Instanzen ist die individuelle Region markiert.

Semantische Segmentierung und Kantenextraktion: Jedem Pixel eines Bildes wird eine Klasse zugeordnet. Ein Spezialfall der Semantischen Segmentierung ist die Kantenextraktion, bei dem jedem Pixel des Eingabebildes eine der Klassen 'edge' und 'background' zugeordnet wird. Für weitere Informationen wird auf das Kapitel Deep Learning / Semantische Segmentierung und Kantenextraktion verwiesen.



Oben: Ein mögliches Beispiel der Semantischen Segmentierung: Jedem Pixel des Eingabebildes wird eine Klasse zugeordnet.
Unten: Ein mögliches Beispiel der Kantenextraktion: Die Pixel, die zu spezifischen Kanten gehören, werden der Klasse 'edge' zugeordnet.

All diese Deep Learning Methoden verwenden für die Zuordnung ein Netzwerk. In HALCON sind sie im Rahmen des generellen DL Modells implementiert, siehe Deep Learning / Modell. Dieses Netzwerk wird nur mit Hilfe von Ein- und Ausgabe trainiert, was auch als End-to-End Lernen bezeichnet wird. Im Wesentlichen wird durch die Bilder und die Information, was darauf ersichtlich ist, durch den Trainingsalgorithmus das Modell so angepasst, dass dieses die verschiedenen Klassen unterscheiden kann und gegebenenfalls auch die Objekte findet. Für den Anwender hat dies den Vorteil, dass er nicht händisch Merkmale angeben muss. Stattdessen müssen geeignete Daten ausgewählt und gesammelt werden.

Systemvoraussetzungen und Lizenzinformationen

Für Deep Learning gelten zusätzliche Voraussetzungen, siehe den HALCON „`Installation Guide`", Abschnitt „Requirements for Deep Learning and Deep-Learning-Based Methods".

Es ist zu beachten, dass die notwendige Modullizenz vom Modell-Typ abhängt, der in der Anwendung genutzt wird. Eine detaillierte Beschreibung befindet sich im „`Installation Guide`", Abschnitt „Dynamic Modules for Deep-Learning-Based Applications".

Genereller Ablauf

Die genannten DL Methoden unterscheiden sich sowohl bezüglich was sie tun als auch wie die Daten benötigt werden. Deshalb ist es wichtig, erst zu wissen, welche Methoden für die spezifische Aufgabe am geeignetsten ist. Ist dies klar, müssen genügend Daten gesammelt werden, sprich Bilder und die von der Methode dazu benötigten Informationen. Danach gilt für all diese Methoden grob der folgende Ablauf:

Vorbereiten des Netzwerks und der Daten Das Netzwerk muss für die spezifische Aufgabe vorbereitet werden. Ebenso müssen die Daten an die Anforderungen des Netzwerks angepasst werden.

- Ein Netzwerk besorgen: Einlesen oder Erzeugen eines Netzwerks.
- Es ist notwendig zu wissen, welches Problem das Netzwerk lösen soll, d.h., welche Klassen zu unterscheiden sind und wie mögliche Vertreter aussehen. Das wird durch den Datensatz repräsentiert, das heißt die Bilder mit den zugehörigen Ground Truth Informationen.
- Das Netzwerk stellt mehrere Anforderungen an die Bilder, wie z.B. die Bilddimensionen und der Grauwertbereich, ... Damit die Bilder vom Netzwerk verarbeitet werden können, müssen sie entsprechend vorverarbeitet werden.
- Als nächstes wird empfohlen die Daten in drei getrennte Datensätze zu teilen, die für Training, Validierung und Testen verwendet werden.

Training des Netzwerks und Auswertung des Trainingsfortschritts Sobald das Netzwerk und der Datensatz vorbereitet sind, kann das Netzwerk für die spezifische Aufgabe trainiert werden.

- Die Hyperparameter entsprechend der Aufgabe und System setzen.
- Eventuell die Art der Datenanreicherung bestimmen.
- Das Training starten und das Netzwerk evaluieren.

Anwenden und Evaluieren des finalen Netzwerks Nun ist das Netzwerk für die spezifische Anwendung trainiert und bereit zur Anwendung. Doch davor sollte noch evaluiert werden, wie gut es sich auf dem Test-Datensatz verhält.

Inferenzphase Ist das Netzwerk trainiert und seine Leistung zufriedenstellend, kann es für die Inferenz neuer Bilder verwendet werden. Dafür müssen die Bilder entsprechend den Anforderungen des Netzwerks vorverarbeitet werden (d.h., auf dieselbe Art und Weise wie dies beim Training geschah).

Daten

Der Begriff 'Daten' wird innerhalb DL für Bilder und die Information, was darauf ist, verwendet. Letztere muss so gegeben sein, damit das Netzwerk sie verarbeiten kann. Es verwundert nicht, dass die verschiedenen Methoden ihre eigenen Anforderungen haben, was für Informationen gegeben sein müssen und wie diese vorzuliegen haben. Für die spezifischen Anforderungen wird auf das jeweilige Kapitel verwiesen.

Das Netzwerk stellt auch Anforderungen an die Bilder betreffend der Bilddimensionen, dem Grauwertbereich und dem Bildtyp. Diese Voraussetzungen hängen vom verwendeten Netzwerk ab und können mit `get_dl_model_param` abgefragt werden. Zusätzlich gibt es je nach Methode auch Anforderungen an die dazugehörigen Information, wie z.B. die umschließenden Rechtecke. Um diese Anforderungen zu erfüllen, müssen die Daten vorverarbeitet werden, was komfortabel mit der entsprechenden Prozedur `preprocess_dl_samples` gemacht werden kann.

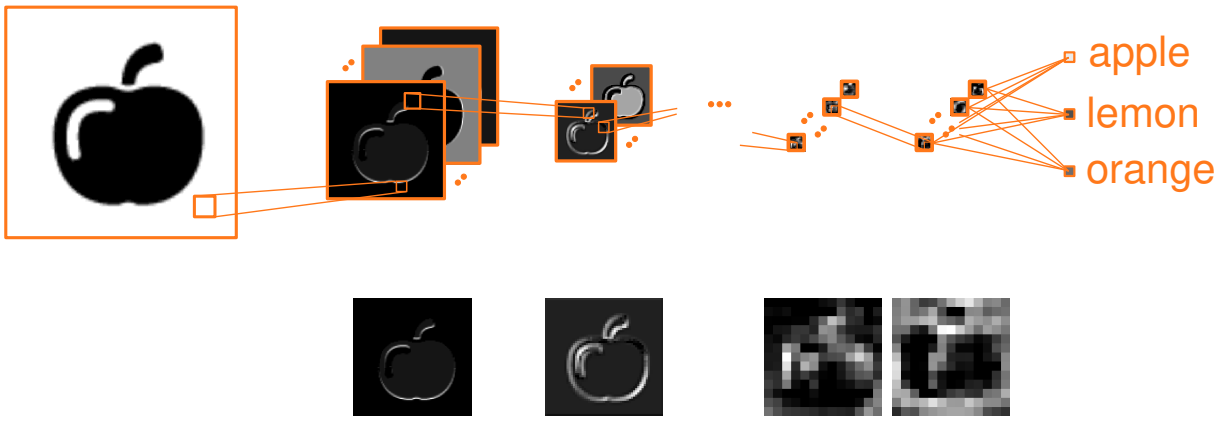
Wenn das Netzwerk trainiert wird, adaptiert es sich an seine neue Aufgabe. Aber zu gewissen Zeitpunkten soll die Leistung des Netzwerks überprüft und zu einem späteren Zeitpunkt auch getestet werden. Dafür wird der Datensatz in drei Teilmengen aufgespalten, die unabhängig und gleichverteilt sein sollten. Das bedeutet, dass die Teilmengen auf keine Art und Weise voneinander abhängen sollten und jede Klasse die gleiche Verteilung von Bildern enthalten sollte. Diese Aufteilung kann bequem mit der Prozedur `split_dl_dataset` vorgenommen werden. Die größte Teilmenge wird für das Nachtrainieren verwendet. In HALCON wird dieses Set Trainings-Datensatz bezeichnet. Zu bestimmten Zeitpunkten wird die Leistung des Netzwerks überprüft, um festzustellen ob es sich lohnt, die Optimierung des Netzwerks fortzusetzen. Für diese Validierung wird die zweite Teilmenge des Datensatzes verwendet, der Validierungs-Datensatz. Auch wenn diese Teilmenge disjunkt zur ersten Menge ist, hat sie Einfluss auf die Optimierung des Netzwerks. Deshalb wird für die Vorhersage der Leistung des Netzwerks in der Applikation die dritte Teilmenge verwendet, dem Test-Datensatz. Für eine repräsentative Validierung des Netzwerks sollten die zweite und die dritte Teilmenge statistisch relevante Daten enthalten, was eine untere Schranke für die benötigte Menge an Daten darstellt.

Es ist zudem zu beachten, dass die Bilder repräsentativ sein sollten, das heißt denen der späteren Applikation entsprechen und nicht 'perfekten' Bildern. Ansonsten kann das Netzwerk Probleme auf nicht-'perfekten' Bildern haben.

Das Netzwerk und der Trainingsprozess

In DL erfolgen die Zuordnungen, indem das Eingabebild von einem Netzwerk verarbeitet wird. Die Ausgabe des gesamten Netzwerkes besteht aus einer Anzahl Vorhersagen. Solche Vorhersagen sind, z.B. für die Klassifikation, die Konfidenzwerte für jede Klasse, welche die Klassenzugehörigkeit des Bildes darstellen.

Die spezifisches Netzwerke variieren, insbesondere von Methode zu Methode. Einige Methoden wie z.B. die Objekterkennung verwenden ein Subnetzwerk, um Merkmalskarten zu erzeugen (siehe die Erklärungen unten und in Deep Learning / Objektdetektion und Instanz-Segmentierung). Hier wird ein grundlegendes Neuronales Netzwerk erklärt. Ein solches Netzwerk besteht aus einer Anzahl an Layer oder Filter, welche in einer bestimmten Art angeordnet und miteinander verbunden sind. Allgemein ist ein Layer ein Baustein, der besondere Aufgaben durchführt. Er kann wie eine Box gesehen werden, welche Eingaben erhält, diese anhand einer Funktion transformiert und die Ausgabe an den nächsten Layer weiter gibt. Dabei sind verschiedene Funktionen für die unterschiedlichen Typen von Layern möglich, einige Beispiele sind im „`Solution Guide on Classification`" gegeben. Viele der Layer haben Gewichte. Diese Filter-Gewichte sind die freien Parameter, welche beim Training verändert werden. Ausgabe der meisten Layer sind Merkmalskarten. Dabei hängt die Anzahl der Merkmalskarten (die Tiefe der Layer-Ausgabe) sowie die Größe der Merkmalskarte (Höhe und Breite) vom spezifischen Layer ab.

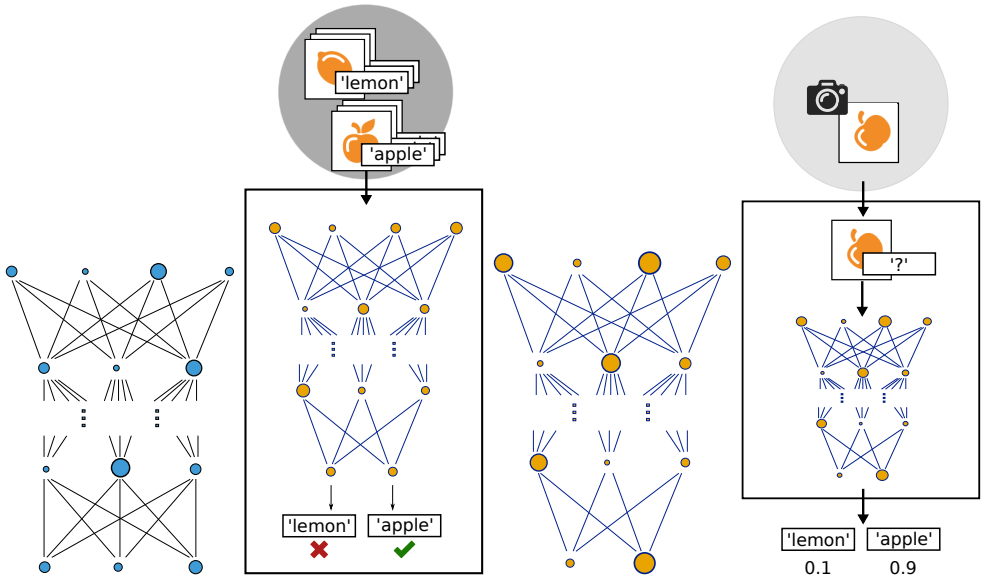


Schema eines möglichen Klassifikator-Ausschnitts. Unten sind zu den Layern gehörenden Merkmalskarten gezeigt, wobei diese auf eine einheitliche Größe skaliert wurden.

Um ein Netzwerk für eine spezifische Aufgabe zu trainieren wird eine Zielfunktion verwendet. Abhängig von der Aufgabe gibt es verschiedene Zielfunktionen, doch funktionieren sie alle nach dem gleichen Prinzip. Die Zielfunktion vergleicht die Vorhersage des Netzwerks mit der gegebenen Information, was es im Bild finden soll (und gegebenenfalls wo) und bestraft Abweichungen. Die Zielfunktion wird minimiert durch entsprechende Änderung der Filter-Gewichte. Um also das Netzwerk für eine spezielle Aufgabe zu trainieren, wird die Minimierung der Zielfunktion (eine Funktion des Fehlers) angestrebt, in der Hoffnung, damit auch das Leistungsmaß des Netzwerkes zu verbessern. In der Praxis wird diese Optimierung durch die Berechnung des Gradienten und der entsprechenden Anpassung der Parameter (Filter-Gewichte) bei mehrfacher Iteration über den Trainings-Datensatz erreicht.

Es gibt weitere Parameter, welche das Training beeinflussen aber nicht direkt während des regulären Trainings gelernt werden. Diese Parameter werden vor dem Training gesetzt. Um sie von den anderen Parametern abzuheben, werden sie als Hyperparameter bezeichnet. Siehe den obigen Abschnitt „Setzen der Trainingsparameter“.

Alle Gewichte von Grund auf zu optimieren benötigt eine große Menge an Ressourcen. Deshalb wird von der folgenden Erkenntnis Gewinn gezogen. Die ersten, tiefen Layer detektieren einfache Merkmale wie Kanten oder Kurven. Die Merkmalskarten der späteren Layer sind kleiner, doch zeigen sie komplexere Merkmale. Für ein großes Netzwerk sind die Merkmale der tiefen Layer generell genug, damit sich deren Gewichte zwischen verschiedenen Aufgaben nur gering ändern. Dies führt zu einer Technik, die Transferlernen genannt wird: Man nimmt ein bereits trainiertes Netzwerk inklusive seiner Gewichte und trainiert es für eine neue Aufgabe, wobei man von passenden Gewichten der tiefer liegenden Layer profitiert. Als Resultat werden viel weniger Ressourcen benötigt. Während generell gesagt ein Netzwerk mit größerem Datensatz zuverlässiger wird, hängt die Menge an notwendiger Daten auch mit der Komplexität der Aufgabe zusammen. Ein Schema für den Ablauf mit Transferlernen ist unten mit Hilfe der Klassifikation gezeigt.



Elementares Schema des Transferlernens anhand der Klassifikation. (1) Ein vortrainiertes Netzwerk wird eingelesen. (2) Trainingsphase, das Netzwerk wird auf dem Trainings-Datensatz trainiert. (3) Das trainierte Modell mit neuen Fähigkeiten. (4) Inferenzphase, das trainierte Netzwerk inferiert auf neuen Bildern.

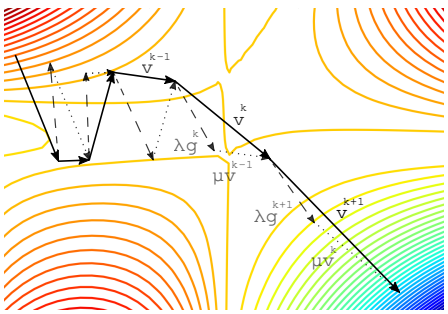
Setzen der Trainingsparameter

Die verschiedenen DL Methoden sind für unterschiedliche Aufgaben konzipiert und unterscheiden sich in der Art und Weise, wie sie zusammengesetzt sind. Allen ist gemeinsam, dass das Training ein Minimierungsproblem darstellt. Beim Trainieren des Netzwerkes oder Subnetzwerkes wird eine geeignete Zielfunktion minimiert, siehe dazu den obigen Abschnitt „Das Netzwerk und der Trainingsprozess“. Um dies zu tun, gibt es bestimmte Parameter, die vor dem Training gesetzt werden müssen und während des Trainings nicht optimiert werden. Diese Parameter werden als Hyperparameter bezeichnet. Für ein DL Modell kann über eine Veränderungsstrategie vorgegeben werden, wann und wie diese Hyperparameter während des Trainings geändert werden sollen. In diesem Abschnitt wird der Grundgedanke verschiedener Hyperparameter erklärt. Es ist zu beachten, dass die jeweiligen Methoden weitere Hyperparameter haben können, weitere Informationen dazu finden sich im jeweiligen Kapitel.

Wie zuvor erwähnt, vergleicht die Zielfunktion die Vorhersage des Netzwerks mit den Informationen zum Bildinhalt und bestraft Abweichungen. Das Netzwerk zu trainieren bedeutet, die Filter-Gewichte so zu ändern, dass die Zielfunktion weniger bestraft, d.h., die Zielfunktion optimiert wird. Um dies zu tun wird eine Menge Daten des Trainings-Datensatzes genommen. Für diese Teilmenge wird der Gradient der Zielfunktion berechnet und das Netzwerk angepasst, indem die Filter-Gewichte geändert werden. Dies wird mit der nächsten Teilmenge an Daten wiederholt bis der ganze Trainings-Datensatz verarbeitet wurde. Eine solche Teilmenge an Daten wird als Batch oder Minibatch bezeichnet. Die Batchgröße (*'batch_size'*) bestimmt die Anzahl der Daten, die einen Batch bilden und deshalb simultan verarbeitet werden.

Eine gesamte Iteration über den vollständigen Trainings-Datensatz wird Epoche genannt. Es ist vorteilhaft, mehrmals über den Trainings-Datensatz zu iterieren. Die Anzahl Iterationen wird dabei über die `'Epochen'` definiert. Das bedeutet, `'Epochen'` bestimmt, wie oft der Trainingsalgorithmus über den Trainings-Datensatz iteriert.

Gewisse Modelle (z.B. Anomalieerkennung) nutzen den gesamten Datensatz auf einmal. Andere Modellen verarbeiten den Datensatz batchweise. Dabei kann der SGD (stochastischer Gradientenabsenkungsalgorithmus) oder Adam (Algorithmus für adaptive Moment-Schätzung) verwendet werden. Dies bringt weitere Parameter mit sich, welche im Folgenden erläutert werden. Nach jeder Berechnung des Zielfunktionsgradienten werden die Filter-Gewichte aktualisiert. Es gibt zwei Hyperparameter, die für die Anpassung der Filter-Gewichte wichtig sind: Die Lernrate *'learning_rate'* λ, die den Einfluss des Gradienten auf die Anpassung der Gewichte beschreibt und das Momentum (*'momentum'* μ, im Intervall $[0, 1)$), das den Einfluss früherer Anpassungen festlegt. Mehr Informationen dazu befinden sich in der Dokumentation von `train_dl_model_batch`. In einfachen Worten gesagt: Bei der Anpassung der Gewichte erinnert man sich an den Schritt, den man für die letzte Anpassung gemacht hat. Jetzt wird ein Schritt in die Richtung des Gradienten gemacht, wobei die Länge abhängig ist von der Lernrate. Zusätzlich wird der Schritt der letzten Anpassung wiederholt, aber diesmal nur mit einer Länge entsprechend dem Momentum $\mu = 0$. Dies wird in der folgenden Grafik illustriert. Eine zu hohe Lernrate kann dazu führen, dass der Algorithmus divergiert, eine zu kleine Lernrate führt zu unnötig vielen Schritten. Daher startet man üblicherweise mit einer höheren Lernrate und reduziert sie während dem Training. Mit einem Momentum $\mu = 0$ hat das Momentum Verfahren keinen Einfluss, so dass nur der Gradient den Anpassungsvektor bestimmt.



Skizze von *'learning_rate'* und *'momentum'* während eines Lernschrittes. Der Gradientenschritt: Die Lernrate λ multipliziert mit dem Gradienten g (λg - gestrichelte Linie). Der Momentumschritt: Das Momentum μ multipliziert mit dem vorherigen Anpassungsvektor v (μv - gepunktete Linie). Zusammen ergeben sie den eigentlichen Lernschritt: Der Anpassungsvektor v (v - durchgezogene Linie).

Regularisierung kann verwendet werden, um Überanpassung an die Trainingsdaten zu reduzieren (siehe auch den Abschnitt „Risiko von Überanpassung und Unteranpassung“ weiter unten). Einfach gesagt begünstigt die Regularisierung einfachere Modelle, die weniger anfällig sind, Rauschen in den Daten zu lernen. Dadurch generalisieren diese Modelle in der Regel besser. In HALCON können die Modellgewichte mittels L2 Regularisierung oder Weight Decay regularisiert werden. Bei der L2 Regularisierung wird der Zielfunktion ein zusätzlicher Term hinzugefügt, welcher den quadrierten Betrag der Gewichte bestraft. Beim Weight Decay hingegen wird der Betrag der Gewichte in jeder Iteration des Trainings direkt um einen kleinen Faktor verringert. Es ist zu beachten, dass L2 Regularisierung und Weight Decay für den SGD Solver equivalent sind, nicht jedoch für den Adam Solver. Für Details siehe die Dokumentation zu `train_dl_model_batch`. Die Regularisierung der Gewichte kann über die Hyperparameter *'weight_prior'* und *'weight_decay'* gesteuert werden. Die Wahl des Parameterwertes ist ein Kompromiss zwischen der Fähigkeit des Modells zur Generalisierung, Überanpassung und Unteranpassung. Ist der Wert zu klein, kann Überanpassung auftreten. Ist er zu groß, kann das Modell seine Fähigkeit verlieren, sich an die Daten anzupassen, da alle Gewichte zu nahe an den Nullpunkt verschoben werden.

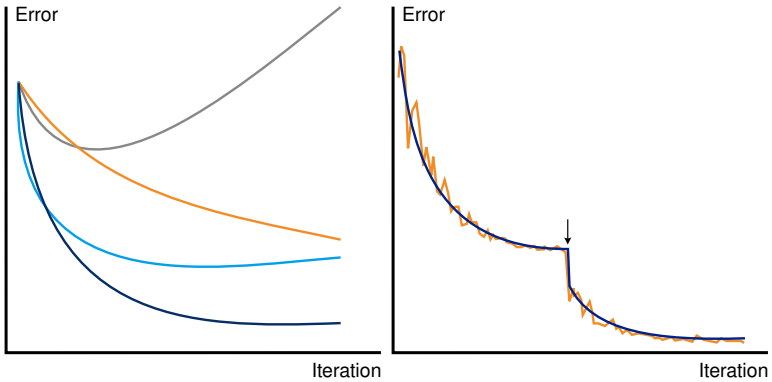
Mit den Daten und den Hyperparametern gibt es viele Einflussfaktoren auf das Resultat des Trainingsalgorithmus. Im Allgemeinen helfen mehr Daten, die Leistung des Netzwerks zu verbessern. Ob mehr Daten immer eine gute Lösung für Verbesserungen sind, hängt davon ab, wie einfach es ist, diese Daten zu sammeln. Üblicherweise hat eine kleine zusätzliche Menge an Daten kaum merklichen Einfluss auf die Gesamtleistung.

Das Training beaufsichtigen

Die verschiedenen DL Methoden geben verschiedene Resultate zurück. Entsprechend werden auch unterschiedliche Maße verwendet, um zu bestimmen 'wie gut' die Leistung eines Netzwerks ist. Dennoch gibt es gemeinsame Verhaltensmuster und mögliche Tücken während des Trainings, welche hier beschrieben werden.

Evaluierung während des Trainings Bei der Evaluierung der Leistung des Netzwerks muss beachtet werden, dass es sich nicht um ein reines Optimierungsproblem handelt (siehe die obigen Abschnitte „Das Netzwerk und der Trainingsprozess“ und „Setzen der Trainingsparameter“).

Um den Trainingsfortschritt zu beobachten ist es meistens nützlich, das Leistungsmaß zu visualisieren, z.B.den Fehler für die Elemente eines Batches im Falle der Klassifikation. Da sich die Elemente unterscheiden, kann die Schwierigkeit der Zuordnung variieren. Deshalb kann es sein, dass das Netzwerk bei den Elementen eines Batches besser oder schlechter abschneidet als bei den Elementen eines anderen Batches. Es ist also normal, dass sich das Leistungsmaß nicht glatt über die Iterationen verändert. Insgesamt sollte er aber sinken. Die Anpassung der Hyperparameter Lernrate *'learning_rate'* und Momentum *'momentum'* kann helfen, das Maß zu verbessern. Die folgende Grafik zeigt ein mögliches Beispiel.

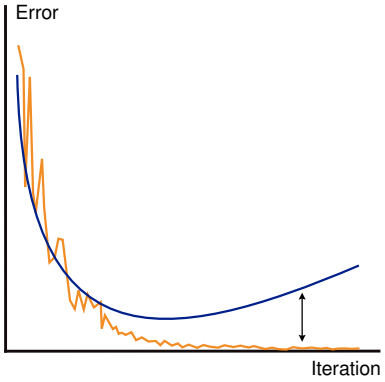


(1) (2)

Schema eines Leistungsmaß während des Trainings, hier exemplarisch für die Klassifikation. (1) Generelle Tendenzen für mögliche Folgen verschiedener Werte für *'learning_rate'*, dunkelblau: angemessene Lernrate, grau: sehr hohe Lernrate, hellblau: hohe Lernrate, orange: tiefe Lernrate. (2) Ideal Fall eines Lernraten-Programms zum Reduzieren der Lernrate nach einer gewissen Anzahl Iterationen. In orange: Trainingsfehler, dunkelblau: Validierungsfehler. Der Pfeil markiert die Iteration, bei welcher die Lernrate angepasst, d.h., verringert wurde.

Risiko von Unteranpassung und Überanpassung Unteranpassung tritt auf, wenn das Modell die Komplexität der Aufgabe nicht wiedergeben kann. Das spiegelt sich direkt im Leistungsmaß wieder, welches in diesem Fall hoch bleibt.

Überanpassung tritt dann auf, wenn das Modell anfängt, sich die Trainingsdaten zu merken, statt generelle Regeln zur Aufgabe zu lernen. In diesem Fall bleibt das Leistungsmaß gleich oder verbessert sich, während sich das Leistungsmaß auf dem Validierungsdatensatz verschlechtert. In diesem Fall kann Regularisierung helfen. Siehe die Erklärung zu den Hyperparametern *'weight_prior'* und *'weight_decay'* im obigen Abschnitt „Setzen der Trainingsparameter“. Es ist zu beachten, dass ein ähnlicher Effekt auftritt, wenn die Kapazität des Models im Verhältnis zum Trainings-Datensatz zu hoch ist.



Skizze von möglicher Überanpassung, sichtbar durch die Generalisierungslücke (durch den Pfeil markiert). Der Fehler aus der Klassifikation dient als Beispiel für ein Leistungsmaß.

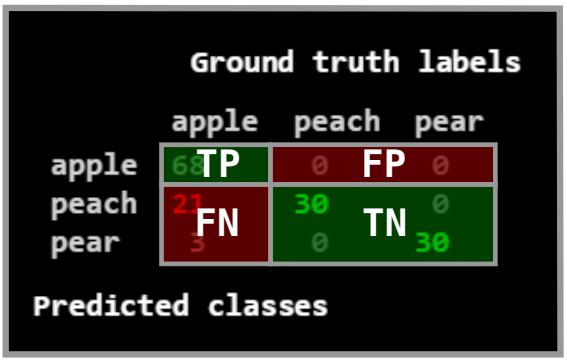
Konfusionsmatrix Für jede Instanz inferiert das Netzwerk eine top-Vorhersage, die Klasse für welche das Netzwerk die größte Affinität schlussfolgert. Ist die Ground Truth Klasse und damit die wahre Klasse bekannt, können die beiden Klassen miteinander verglichen werden: Die vorhergesagte mit der Ground Truth Klasse. Dabei unterscheiden sich die Instanzen zwischen den verschiedenen Methoden, z.B. sind die Instanzen Bilder in der Klassifikation, hingegen einzelne Pixel in der Semantischen Segmentierung.

Werden mehr als zwei Klassen unterschieden, kann man den Vergleich auf ein binäres Problem reduzieren. Das bedeutet, für eine gegebene Klasse wird nur verglichen, ob es sich um die selbe Klasse handelt (positiv) oder irgendeine andere Klasse (negativ). Somit reduziert sich der Vergleich für binäre Klassifikationsprobleme auf die folgenden vier möglichen Einheiten (die nicht alle bei jeder Methode Anwendung finden):

- 'True Positives' (TP: positiv vorhergesagt, positiv gelabelt),
- 'True Negatives' (TN: negativ vorhergesagt, negativ gelabelt),
- 'False Positives' (FP: positiv vorhergesagt, negativ gelabelt),
- 'False Negatives' (FN: negativ vorhergesagt, positiv gelabelt).

Eine Konfusionsmatrix ist eine Tabelle mit solchen Vergleichen. Sie hilft, die Leistung des Netzwerkes für die einzelnen Klassen darzustellen. Für jede Klasse listet sie, wie viele Instanzen das Netzwerk welcher Klasse zugeordnet hat. Z.B. für einen Klassifikator, der die drei Klassen 'apple', 'peach' und 'pear' unterscheidet, zeigt die Tabelle wie viele Bilder mit der Ground Truth Klasse 'apple' auch wirklich als 'apple' erkannt wurden und wie viele als 'peach', bzw. 'pear' klassifiziert wurden. Es versteht sich, dass dies auch für die anderen Klassen angegeben wird. In HALCON repräsentiert jede Spalte die Ground Truth (wahren) Instanzen einer Klasse und jede Zeile die Instanzen der vom Netzwerk vorhergesagten Klasse.

(1)



(2)

Ein Beispiel für eine Konfusionsmatrix aus der Klassifikation. In diesem Beispiel werden 68 Bilder der Klasse 'apple' auch als solche erkannt (TP), ebenso werden 60 Bilder die keinen Vertreter der Klasse 'apple' zeigen, auch korrekt als 'peach' (30) oder 'pear' (30) klassifiziert (TN). 0 Bilder gehören zur Klasse 'peach' oder 'pear' und werden als 'apple' klassifiziert (FP), aber 24 Bilder der Klasse 'apple' werden als 'peach' (21) oder 'pear' (3) klassifiziert (FN). (1) Die Konfusionsmatrix mit allen drei zu unterscheidenden Klassen. Es scheint als ob der Klassifikator Äpfel und Pfirsiche öfters 'verwechselt' als andere Kombinationen. (2) Die Konfusionsmatrix des Binärproblems zur deutlicheren Darstellung der Klasse 'apple'.

Glossar

Im Folgenden beschreiben wir die wichtigsten Begriffe, welche wir im Kontext von Deep Learning verwenden:

Adam Adam (Algorithmus für adaptive Moment-Schätzung) ist ein gradientenbasierter Optimierungsalgorithmus erster Ordnung für stochastische Zielfunktionen, der individuelle adaptive Lernraten berechnet. Bei den Deep Learning Methoden kann Adam zur Minimierung der Zielfunktion verwendet werden.

Anchor Anchors sind festgesetzte umschließende Rechtecke. Diese dienen als Referenzrechtecke, aus denen das Netzwerk umschließende Rechtecke für die zu lokalisierenden Objekte vorschlägt.

Annotation Eine Annotation ist die Ground Truth Information darüber, was eine in den Daten gegebene Instanz repräsentiert. Dies ist z.B. das umschließende Rechteck und das zugehörige Label für eine Instanz der Objektdetektion. Dabei wird diese Information in einer dem Netzwerk zugänglichen Form gegeben.

Anomalie Eine Anomalie meint dabei eine Abweichung zum Normalen, etwas Unbekanntes.

Backbone Ein Backbone ist ein Teil eines vortrainiertes Klassifikationsnetzwerk. Die Aufgabe des Backbones ist das Generieren verschiedener Merkmalskarten, weshalb der klassifizierende Layer entfernt wurde.

Batchgröße - Hyperparameter *'batch_size'* Der Datensatz wird in kleinere Untergruppen, genannt Batches, unterteilt. Die Batchgröße bestimmt die Anzahl Bilder eines einzelnen Batches und somit die Anzahl Bilder, welche simultan verarbeitet werden.

COCO COCO ist eine Abkürzung aus dem Englischen "common objects in context"und bezeichnet einen großen Datensatz zur Objektdetektion, zur Segmentierung und zum Versehen von Überschriften. Dabei gibt es für die verschiedenen Arten von Annotationen jeweils ein gängiges Datenformat.

Convolutional Neural Networks (CNNs) Convolutional Neural Networks sind Netzwerke, die in Deep Learning verwendet werden und mindestens einen Convolutional Layer (Faltungs-Layer) beinhalten. CNNs sind besonders erfolgreich bei der Klassifizierung von Bildern.

Daten Im Kontext von Deep Learning verwenden wir den Begriff Daten für die zu erkennenden Instanzen (z.B. Bilder) mit ihren zugehörigen Information bezüglich der vorherzusagenden Eigenschaften (z.B. die Labels im Fall der Klassifikation).

Datenanreicherung Die Datenanreicherung ist die Erstellung von veränderten Kopien von vorhandenen Samples des Datensatzes zur Erhöhung der Vielfalt im Datensatz. Dies wird z.B. über eine Spiegelung oder Rotation erreicht.

Datensatz: Trainings-, Validierungs- und Test-Datensatz Der Datensatz bezeichnet die komplette Menge an Daten, welche für das Training verwendet werden. Der Datensatz wird in drei disjunkte Untermengen aufgeteilt:

- Der Trainings-Datensatz enthält die Daten, auf welchen der Algorithmus das Netzwerk trainiert.
- Der Validierungs-Datensatz enthält die Daten, auf welchen die Leistungsfähigkeit des Netzwerkes noch während des Trainings eingeschätzt wird.
- Der Test-Datensatz wird verwendet, um die Inferenzgenauigkeit des Netzwerks zu testen. D.h. die Fähigkeit der Inferenz (Vorhersage) wird auf neuen Daten getestet, also auf Daten ohne Einfluss auf die Optimierung des Netzwerkes.

Deep Learning Der Begriff "Deep Learning"wurde ursprünglich für das Training Neuronaler Netzwerke mit mehreren verborgenen Layer verwendet. Heutzutage wird der Begriff mehr als allgemeiner Begriff für verschiedene Methoden des maschinellen Lernens verwendet. In HALCON verwenden wir den Begriff als für Verfahren des maschinellen Lernens mit einem Neuronalen Netzwerk, welches mehrere verborgene Layer beinhaltet.

Ebene Mit Ebene wird bei innerhalb eines Merkmalspyramiden-Netzwerkes eine Gruppe von Layern bezeichnet, deren Merkmalskarten die selbe Höhe und Breite aufweisen. Dabei repräsentiert das Eingabebild die Ebene 0.

Epoche Im Kontext von Deep Learning bedeutet Epoche eine einzelne Trainingsiteration über den ganzen Trainings-Datensatz, d.h. über sämtliche Batches. Eine solche Trainingsiteration über Epochen ist nicht zu verwechseln mit einer Iteration über einen einzelnen Batch (d.h., innerhalb einer Epoche).

Fehler Im Kontext von Deep Learning verwenden wir den Begriff Fehler, wenn für eine Instanz die vom Netzwerk zugeordnete Klasse nicht mit der eigentlichen Klasse (z.b. dem Label des Bildes im Falle der Klassifikation) übereinstimmt. Dabei meinen wir jeweils den top-1 Fehler (siehe top-k Fehler).

Gewichte Gewichte sind die freien Parameter des Netzwerks, die während des Trainings zwecks Optimierung der Zielfunktion geändert werden. Ein Layer mit Gewichten multipliziert oder addiert diese mit seinen Eingabewerten. Im Gegensatz zu Hyperparametern werden Gewichte während des Trainings optimiert und werden somit geändert.

Head Heads sind Teil-Netzwerke, die aus einem oder mehreren Layer bestehen. Bei gewissen Architekturen setzen sie an den ausgewählten Pyramidenstufen an. Sie generieren die Ausgabe des Gesamt-Netzwerkes und erzeugen damit die Eingabe der Zielfunktionen.

Heads sind Teil-Netzwerke. Bei gewissen Architekturen setzen sie an den ausgewählten Pyramidenstufen an. Diese Teil-Netzwerke verarbeiten die Information aus vorherigen Teilen des Gesamt-Netzwerkes um daraus ortsaufgelöste Ausgaben für z.B. die Klassen-Vorhersagen zu generieren. Daraus generieren sie die Ausgabe des Gesamt-Netzwerkes und erzeugen damit die Eingabe der Zielfunktionen.

Hyperparameter Jede Methode des maschinellen Lernens, und somit auch CNNs, ist eine Umsetzung von Formeln mit mehreren Parametern. Während der Trainingsphase lernt das Modell von den Daten im Sinne von Optimierung der Parameter für die gegebene Aufgabe. Solche Modelle können aber auch noch weitere Parameter haben, deren Wert während der Trainingsphase nicht direkt erlernt wird. Die Werte dieser Parameter werden vor Trainingsbeginn festgelegt. Wir bezeichnen diese letzteren Parameter als Hyperparameter, um sie von jenen Netzwerkparametern (den Gewichten) zu unterscheiden, welche während der Trainingsphase optimiert werden. Aus einem anderen Blickpunkt betrachtet sind Hyperparameter Solver-spezifische Parameter.

Prominente Beispiele für Hyperparameter sind die initiale Lernrate oder die Batchgröße.

Inferenzphase Die Inferenzphase bezeichnet die Phase, in dem ein trainiertes Netzwerk angewandt wird, um die Klassenzugehörigkeit von Instanzen (welche das gesamte Eingabebild oder nur ein Teil davon sein können) und eventuell deren Lokalisierung zu folgern. Im Unterschied zur Trainingsphase wird das Netzwerk nicht mehr optimiert.

In-Distribution In-Distribution bezieht sich auf Daten, die aus der gleichen zugrunde liegenden Verteilung stammen wie die Daten, auf denen ein Modell trainiert wurde. Wenn ein Modell während der Inferenz auf In-Distribution Daten stößt, ähneln die Daten in ihren statistischen Eigenschaften, Merkmalen und Mustern den Daten, die das Modell zuvor beim Training gesehen hat.

Intersection over Union Die Intersection over Union (IoU) bezeichnet ein Maß, welches die Überlappung zweier Bereiche quantifiziert. Von diesen zwei Bereichen oder Flächen wird die Schnittmenge, Intersection, gebildet, sowie die Vereinigungsmenge, Union. Die IoU ist das Verhältnis der beiden Flächen Intersection und Union.

Die Anwendung dieses Konzepts kann sich für verschiedene Methoden unterscheiden.

Klasse Klassen sind getrennte Kategorien, welche das Netzwerk unterscheidet (z.B. 'apple', 'peach', 'pear'). In HALCON wird die Klasse einer Instanz durch seine zugehörige Annotation gegeben.

Klassenagnostisch Klassenagnostisch bedeutet ohne Berücksichtigung der verschiedenen Klassen.

In HALCON wird der Term bei der Reduktion überlappender umschließender Rechtecke verwendet. Bei einer klassenagnostischen Unterdrückung umschließender Rechtecke geschieht die Unterdrückung der umschließenden Rechtecke ohne Beachtung ihrer zugeordneten Klasse, d.h., sich stark überlappende Instanzen werden unabhängig ihrer Klasse unterdrückt.

Klassifikator Im Kontext von Deep Learning bezeichnen wir mit Klassifikator folgendes: Der Klassifikator folgert für ein erhaltenes Bild die Konfidenz zu allen unterschiedenen Klassen. Als Beispiel seien die drei Klassen 'apple', 'peach', 'pear' unterschieden. Nun wenden wir den Klassifikator auf ein Bild eines Apfels an. Als Resultat erhalten wir Konfidenzen wie 'apple': 0.92, 'peach': 0.07, 'pear': 0.01.

Konfidenz Die Konfidenz ist eine Zahl, welche die Klassenzugehörigkeit einer Instanz darstellt. In HALCON ist die Konfidenz die Wahrscheinlichkeit, gegeben im Intervall [0,1]. Alternativer Name: Score

Konfusionsmatrix Eine Konfusionsmatrix ist eine Tabelle, in welcher die vorhergesagten Klassen des Netzwerks (top-1) mit der jeweiligen Ground Truth Klasse verglichen werden. Sie wird oft zur Visualisierung der Leistungsfähigkeit des Netzwerks auf dem Validierungs- oder Test-Datensatz verwendet.

Label Labels sind beliebige Zeichenketten (Strings), welche die Klasse eines Bildes angeben. In HALCON ist das Label eines Bildes gegeben durch seinen Namen (evt. gefolgt von einer Kombination aus Unterstrich und Ziffern) oder dem Namen seines direkten Ordners, z.B. 'apple_01.png', 'peach.png', 'pear/01.png'.

Layer und Verborgene Layer Layer sind Bausteine von Neuronalen Netzwerken und führen eine spezifische Funktion aus (z.B. Faltung, Vereinigung, etc., siehe „`Solution Guide Classification`"). Ein Layer kann man als eine Box betrachten, welche Eingabewerte erhält, diese transformiert und den Rückgabewert an den nächsten Layer weiter gibt. Eingabe- und Ausgabe-Layer sind jeweils mit den Daten verbunden, d.h. mit den Bilder, bzw. den Labels. Alle dazwischenliegenden Layers bezeichnet man als verborgenen Layer.

Alternative Namen: Schicht (Layer), Zwischenschicht (hidden Layer)

Lernrate - Hyperparameter *'learning_rate'* Die Lernrate ist die Gewichtung des Gradienten beim Anpassen der Argumente der Zielfunktion. In einfachen Worten: Der Gradient sagt uns, in welche Richtung optimiert werden soll und die Lernrate sagt, wie groß unser Schritt sein wird. Alternativer Name: λ

Merkmalskarte Eine Merkmalskarte ist die Ausgabe eines gegebenen Layers. Alternativer Name: Feature Map

Merkmalspyramide Die Merkmalspyramide ist eine Gruppe von Merkmalskarten, wobei jede Merkmalskarte aus einer anderen Ebene ist, d.h. kleiner als die vorhergehende Merkmalskarte ist.

Momentum - Hyperparameter *'momentum'* Das Momentum $\mu \in [0, 1)$ wird bei der Optimierung der Zielfunktionsargumente eingesetzt. Werden die Argumente der Zielfunktion aktualisiert (nach Berechnung des Gradienten), wird der Aktualisierungsvektor des vorherigen Aktualisierungsschrittes zu einem Anteil μ berücksichtigt. Dadurch werden Oszillationen gedämpft. Wir nennen den Hyperparameter μ Momentum. Wird μ auf 0 gesetzt, hat die Momentenmethode keinen Einfluss mehr. In einfachen Worten, wenn wir die Argumente aktualisieren, erinnern wir uns noch an den Schritt der letzten Aktualisierung. Wir gehen nun einen Schritt mit einer Länge entsprechend der Lernrate in Richtung des Gradienten. Zusätzlich wiederholen wir den Schritt, den wir bei der letzten Aktualisierung gingen, machen ihn jetzt aber nur noch μ mal so weit.

Nachtrainieren Wir verstehen unter Nachtrainieren das Anpassen der Gewichtungen eines bereits vortrainierten Netzwerkes, d.h. während des Nachtrainierens lernt ein Netzwerk eine spezifische Aufgabe.

Non-Maximum Suppression Bei der Objektdetektion wird die Non-Maximum Suppression verwendet um umschließende Rechtecke, die vom Netzwerk vorhergesagt wurden und sich dabei überlappen, zu unterdrücken. Überlappen sich verschiedene Instanzen stärker als durch einen Schwellenwert erlaubt, wird nur die Instanz mit höchstem Konfidenzwert beibehalten, während alle anderen Instanzen unterdrückt werden.

Out-of-Distribution Out-of-Distribution bezieht sich auf Daten, die sich erheblich von den Daten unterscheiden, auf denen ein Modell trainiert wurde. Wenn ein Modell während der Inferenz auf Daten stößt, die außerhalb der Verteilung liegen, sind die statistischen Eigenschaften, Merkmale oder Muster der Daten für das Modell unbekannt, was zu potenziellen Problemen bei der Erstellung genauer Vorhersagen führt.

Regularisierung - Hyperparameter *'weight_prior'*, *'weight_decay'* Regularisierung ist eine Methode um Überanpassung von Neuronalen Netzwerken zu vermeiden, indem eine Einschränkung an den Gewichten vorgenommen wird. Einfach gesagt führt dies dazu, das einfachere Modelle bevorzugt werden, die sich weniger an Rauschen in den Daten anpassen und besser generalisieren. Bei der L2 Regularisierung wird der Zielfunktion ein zusätzlicher Term hinzugefügt, welcher den quadrierten Betrag der Gewichte bestraft. Beim Weight Decay hingegen wird der Betrag der Gewichte in jeder Iteration des Trainings direkt um einen kleinen Faktor verringert. In HALCON wird die Regularisierung durch die Parameter *'weight_prior'* und *'weight_decay'* gesteuert. Diese Parameter werden in der Literatur auch Regularisierungsparameter, Weight Decay, oder

einfach λ genannt (Wir vermerken, dass wir innerhalb von HALCON λ für die Lernrate verwenden und in Formeln das Symbol α für den Regularisierungsparameter).

Solver Der Solver optimiert das Modell, indem er die Gewichtungen so anpasst, dass die Zielfunktion optimiert (d.h. minimiert) wird.

Stochastisches Gradientenverfahren (engl.: stochastic gradient descent, SGD) Das stochastische Gradientenverfahren ist ein iterativer Optimierungsalgorithmus für differenzierbare Funktionen. Ein besonderes Merkmal bildet die Einschränkung der für einen einzelnen Iterationsschritt berücksichtigten Datenmenge, denn für eine Iteration wird nur ein einzelner Batch mit zufällig gewählten Bildern berücksichtigt. Bei den Deep Learning Methoden kann der SGD zur Optimierung (d.h. Minimierung) der Zielfunktion verwendet werden.

Top-k Fehler Der Klassifikator ordnet einem Bild nicht eine einzelne Klasse zu, sondern bezüglich jeder Klasse eine Konfidenz. Für ein Bild gibt es somit k Klassen mit höchster vorhergesagter Konfidenz. Der top-k Fehler gibt nun an, bei wie vielen Vorhersagen diese k Klassen die Ground Truth Klasse (das Label) beinhalten. Der top-1 Fehler gibt somit an, ob die inferierte Klasse mit größter Wahrscheinlichkeit der Ground Truth, vom Benutzer gegebenen Klasse entspricht. Beim top-3 Fehler wird geprüft, ob das die Ground Truth Klasse einer der drei besten Vorhersagen entspricht (d.h. einer der drei Klassen, die der Klassifikator als am wahrscheinlichsten zutreffend betrachtet).

Transferlernen (engl.: transfer learning) Transferlernen meint eine Technik, bei der für ein neues Netzwerk das Wissen eines bereits existierenden und trainierten Netzwerkes die Basis bildet. Konkret wird ein bereits (vor)trainiertes Netzwerk inklusive seiner Gewichtungen übernommen und der Ausgabe-Layer für die spezifische Anwendung adaptiert. In HALCON betrachten wir auch den darauf folgenden Schritt des Nachtrainierens als Teil des Transferlernens.

Überanpassung (engl.: overfitting) Man spricht von Überanpassung, wenn das Netzwerk anfängt, sich die Trainingsdaten zu merken, anstatt generelle Regeln zur Klassifikationsaufgabe zu finden. Überanpassung wird ersichtlich, wenn das Modell den Fehler auf dem Trainings-Datensatz weiter minimiert, während der Fehler auf dem Validierungs-Datensatz steigt. Die meisten Neuronalen Netzwerke haben eine sehr große Anzahl Gewichtungsfaktoren, weshalb diese Netzwerke besonders anfällig für Überanpassung sind.

Umschließendes Rechteck Umschließende Rechtecke definieren einen bestimmten Teil innerhalb des Bildes. Sie werden auch dazu benutzt, ein Objekt im Bild zu lokalisieren.

Unteranpassung (engl.: underfitting) Unteranpassung passiert, wenn das Modell übergeneralisiert. D.h. das Modell ist nicht fähig, die Komplexität der Aufgabe zu erfassen. Dies wird ersichtlich, wenn der Wert der Zielfunktion oder der Fehler auf dem Trainings-Datensatz nicht signifikant gemindert wird.

Veränderungsstrategie Eine Veränderungsstrategie bestimmt, wann und wie die Hyperparameter während des Trainings eines DL Modells geändert werden.

Zielfunktion (engl.: loss) Eine Zielfunktion vergleicht die Vorhersage des Netzwerks mit der gegebenen Information, was es im Bild finden soll (und gegebenenfalls wo) und bestraft Abweichungen. Beim Training werden die Argumente dieser Zielfunktion optimiert, um das Netzwerk für seine spezifische Aufgabe zu trainieren.

Weiterführende Information

Als Einführung zum Thema Deep Learning, zu Datensätzen für Deep Learning und zu vielen weiteren Themen gibt es interaktive Online-Kurse an der MVTec Academy .

```
get_dl_device_param ( : : DLDeviceHandle,
    GenParamName : GenParamValue )
```

Auslesen der Parameter einer Deep Learning Hardware-Einheit.

`get_dl_device_param` gibt die Parameterwerte von `GenParamName` für die Hardware-Einheit (im Folgenden Einheit genannt) `DLDeviceHandle` in `GenParamValue` aus. Siehe `query_available_dl_devices` für weitere Informationen zu den Handles der Einheiten.

Unterstützte Werte für `GenParamName` sind:

'calibration_precisions': Gibt die Datentypen der Einheit an, die für eine Kalibrierung eines Deep Learning-Modells verwendet werden können.

Werteliste: *'int8'*.

'cast_precisions': Gibt die Datentypen der Einheit an, die für ein Cast-Prozess eines Deep Learning-Modells verwendet werden können.

Beim Ändern des Datentyps sind keine Bilder für die Kalibrierung notwendig.

Werteliste: *'bfloat16'*, *'float32'*, *'float16'*.

'conversion_supported': Gibt den Wert *'true'* zurück, falls die Einheit entweder Datentypen für eine Kalibrierung oder für einen Cast-Prozess unterstützt, ansonsten *'false'*.

'id': ID der Einheit. Innerhalb einer AI^2-Schnittstelle (siehe *'ai2'*) sind die IDs der Einheiten eindeutig. Das Gleiche gilt für Einheiten die standardmäßig von HALCON unterstützt werden.

'ai2': AI Accelerator Interface (AI^2), die Schnittstelle über welche die Einheit `DLDeviceHandle` ausgeführt wird. Handelt es sich um eine standardmäßig von HALCON unterstützte Einheit, wird *'none'* zurückgegeben.

Werteliste: *'tensorrt'*, *'openvino'*, *'none'*.

'ai_accelerator_interface': warning

'ai_accelerator_interface' ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen *'ai2'* verwenden.

'inference_only': Gibt an, ob die Einheit nur zur Inferenz mit Deep Learning-Modellen (*'true'*) oder auch für das Training und Gradienten-erforderliche Operationen (*'false'*) verwendet werden kann.

'info': Dictionary mit zusätzlichen Informationen über die Einheit.

Restriktion: Nur für Einheiten, die über die AI^2-Schnittstelle unterstützt werden.

'name': Name der Einheit.

'optimize_for_inference_params': Dictionary mit benutzerdefinierten Default Konversions-Parametern für eine Kalibrierung oder einen Cast-Prozess eines Deep-Learnings Modells, dessen Einträge angepasst werden können.

Falls keine Parameter für die Einheit vorhanden sind, wird ein leeres Dictionary zurückgegeben.

Restriktion: Nur für Einheiten, die über die AI^2-Schnittstelle unterstützt werden.

'precisions': Gibt die Datentypen an, welche die Einheit für die Gewichte und/oder Aktivierungen eines Deep Learning-Modells unterstützt.

Werteliste: *'bfloat16'*, *'float32'*, *'float16'*, *'int8'*.

'settable_device_params': Dictionary mit setzbaren Werten für eine Hardware-Einheit.

Restriktion: Nur für Einheiten, die über die AI^2-Schnittstelle unterstützt werden.

'type': Typ der Einheit.

Parameter

▷ **DLDeviceHandle** (input_control) ..... dl_device ⇝ *handle*
Handle der Einheit.

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: 'type'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'calibration_precisions', 'cast_precisions', 'conversion_supported', 'id', 'ai2', 'inference_only', 'info', 'name', 'optimize_for_inference_params', 'precisions', 'settable_device_params', 'type'}

▷ **GenParamValue** (output_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string* / real / integer
Wert des generischen Parameters.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_dl_device_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

query_available_dl_devices

Nachfolger

set_dl_model_param

Modul

Foundation

```
optimize_dl_model_for_inference ( : : DLModelHandle,
    DLDeviceHandle, Precision, DLSamples,
    GenParam : DLModelHandleConverted, ConversionReport )
```

Optimiere ein Modell für die Inferenz auf einer Einheit über die AI²-Schnittstelle.

Der Operator optimize_dl_model_for_inference optimiert das Eingabe-Modell DLModelHandle für die Inferenz auf der Einheit DLDeviceHandle und gibt das optimierte Modell in DLModelHandleConverted zurück. Dieser Operator hat zwei unterschiedliche Funktionalitäten: Das Casten der Modell-Präzision in Precision und Kalibrieren des Modells basierend auf den gegebenen DLSamples. Zusätzlich kann in beiden Fällen die Modellarchitektur für das DLDeviceHandle optimiert werden.

Der Parameter DLDeviceHandle gibt die Deep-Learning-Einheit an, für welche das Modell optimiert wird. Ob die Einheit die Optimierung unterstützt, kann über get_dl_device_param mit *'conversion_supported'* ermittelt werden. Nach einer erfolgreichen Ausführung von optimize_dl_model_for_inference wird für das Ausgabe-Modell DLModelHandleConverted der Parameter *'precision_is_converted'* auf *'true'* gesetzt. Zusätzlich wird die Deep-Learning-Einheit automatisch für das Modell gesetzt, falls sie die angefragte Genauigkeit Precision unterstützt. Welche Genauigkeiten die Einheit unterstützt, kann über get_dl_device_param mit *'precisions'* ermittelt werden.

Der Parameter Precision gibt die Genauigkeit an, in die das Modell umgerechnet werden soll. Standardmäßig haben Modelle, die von HALCON geliefert werden die Precision *'float32'*. Die folgenden Werte werden für Precision unterstützt:

- *'bfloat16'*
- *'float32'*
- *'float16'*
- *'int8'*

Der Parameter DLSamples gibt die Samples an, auf welchen die Kalibrierung durchgeführt wird. Folglich sollten sie repräsentativ sein. Es wird empfohlen, sie aus dem Trainingssplit bereitzustellen. Für die meisten Anwendungen reichen 10-20 Samples pro Klasse für gute Ergebnisse.

Beachten Sie, dass die Samples für einen reinen Cast-Prozess nicht benötigt werden. In diesem Fall kann für DLSamples ein leeres Tupel übergeben werden.

Der Parameter GenParam legt weitere, Einheitenspezifische Parameter und deren Werte fest. Welche Parameter für das gegebene DLDeviceHandle in GenParam zu setzen sind sowie deren Defaultwerte, kann über den Operator get_dl_device_param mit dem Parameter *'optimize_for_inference_params'* abgefragt werden.

Beachte, gewisse Einheiten erwarten auch nur ein leeres Dictionary.

Der Parameter ConversionReport gibt einen Report-Dictionary mit Informationen zur Konvertierung zurück.

Achtung

Dieser Operator kann nur über ein AI²-Interface verwendet werden. Außerdem können nach der Konvertierung ausschließlich Parameter für DLModelHandleConverted gesetzt werden, welche die Modellarchitektur nicht verändern. Für set_dl_model_param handelt es sich hierbei um die folgenden Parameter:

- 'Any': *'device'*, *'meta_data'*, *'runtime'*
- 'anomaly_detection': *'standard_deviation_factor'*
- 'classification': *'class_names'*, *'ood_threshold'*
- 'ocr_detection': *'min_character_score'*, *'min_link_score'*, *'min_word_score'*, *'orientation'*, *'sort_by_line'*, *'tiling'*, *'tiling_overlap'*

- 'ocr_recognition': *'alphabet'*, *'alphabet_internal'*, *'alphabet_mapping'*
- 'gc_anomaly_detection': *'anomaly_score_tolerance'*
- 'detection': *'class_names'*, *'max_num_detections'*, *'max_overlap'*, *'max_overlap_class_agnostic'*, *'min_confidence'*
- 'segmentation': *'class_names'*

Für `set_deep_ocr_param` handelt es sich um die folgenden Parameter:

- *'device'*, *'runtime'*
- *'detection_min_character_score'*, *'detection_min_link_score'*, *'detection_min_word_score'*,
- *'detection_orientation'*, *'detection_sort_by_line'*,
- *'detection_tiling'*, *'detection_tiling_overlap'*
- *'recognition_alphabet'*, *'recognition_alphabet_internal'*, *'recognition_alphabet_mapping'*

Für `set_deep_counting_model_param` handelt es sich um die folgenden Parameter:

- *'device'*
- *'max_overlap'*, *'min_score'*

Es kann nur das AI^2-Interface als *'device'* oder *'runtime'* gesetzt werden, mit dem das Modell optimiert worden ist. Für die oben genannten Parameter können zusätzliche Restriktionen gelten, um sicher zu stellen, dass die Modellarchitektur erhalten bleibt.

Parameter

▷ **DLModelHandle** (input_control) . . . . . dl_model ⇝ *handle*
Eingabe-Modell.

▷ **DLDeviceHandle** (input_control) . . . . . dl_device(-array) ⇝ *handle*
Einheit-Handle, das für die Optimierung verwendet wird.

▷ **Precision** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Präzision, in die das Modell konvertiert werden soll.

▷ **DLSamples** (input_control) . . . . . dict-array ⇝ *handle*
Samples, die für die Optimierung benötigt werden.

▷ **GenParam** (input_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Parameter Dictionary für Optimierung.

▷ **DLModelHandleConverted** (output_control) . . . . . dl_model ⇝ *handle*
Ausgabe-Modell mit neuer Präzision.

▷ **ConversionReport** (output_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Ausgabe-Report der Optimierung.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `optimize_dl_model_for_inference` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`train_dl_model_batch`, `query_available_dl_devices`

Nachfolger

`set_dl_model_param`, `apply_dl_model`

Modul

Foundation. Dieser Operator verwendet dynamische Lizenzierung (siehe 'Installation Guide'). Welches der folgenden Module benötigt wird hängt von der Anwendung des Operators ab:
3D Metrology, OCR/OCV, Matching, Deep Learning Enhanced, Deep Learning Professional

query_available_dl_devices (: : GenParamName, GenParamValue : DLDeviceHandles)

Erzeugen einer Liste von Hardware-Einheiten für Deep Learning-basierte Anwendungen

query_available_dl_devices gibt eine Liste von Handles zurück. Jedes Handle entspricht einer Hardware-Einheit (im Folgenden Einheit genannt), welche für das Trainieren oder Inferieren von Deep Learning-Modellen zur Verfügung stehen. Für jede zurückgegebene Hardware-Einheit muss jeder in GenParamName genannte Parameter mindestens einem der entsprechenden Werte in GenParamValue entsprechen. Ein Parameter kann mehr als einen Wert haben, indem sein Name in GenParamName dupliziert und ein anderer entsprechender Wert in GenParamValue hinzugefügt wird.

Eine Einheit für Deep Learning ist entweder standardmäßig von HALCON oder über eine AI^2-Schnittstelle unterstützt.

Die Einheiten, die standardmäßig von HALCON unterstützt werden, entsprechen jenen die mit set_dl_model_param über *'runtime' = 'cpu'* oder *'runtime' = 'gpu'* für ein Deep Learning-Modell gesetzt werden können. Für diese Einheiten wird eine HALCON interne Implementierung für die Inferenz oder das Training des Modells ausgeführt. Siehe Deep Learning für mehr Details.

Einheiten, die über die AI^2-Schnittstelle unterstützt werden, können ebenfalls über set_dl_model_param gesetzt werden. Die Inferenz des Deep Learning Modells wird in diesem Fall jedoch nicht durch HALCON, sondern auf der Einheit selbst.

query_available_dl_devices gibt für jede Einheit, die von HALCON für Deep Learning-Anwendungen unterstützt wird, ein Handle zurück. Also sowohl für jene Einheiten auf denen HALCON läuft als auch für mögliche AI^2-Schnittstellen.

Mit GenParamName kann nach Einheiten gefiltert werden. Zum Filtern können alle Werte GenParamName, die von get_dl_device_param zur Verfügung gestellt werden und nicht ein Handle für GenParamValue zurückgeben, verwendet werden. Eine Liste von unterstützten Werten ist in der Operatorreferenz von get_dl_device_param zu finden. Zusätzlich sind noch folgende Werte für GenParamName unterstützt:

'runtime': Die Einheiten, die von HALCON für diesen Einheiten-Typ unterstützt werden.
Werteliste: *'cpu'*, *'gpu'*.

GenParamName kann mehrere gleichnamige Einträge enthalten. In diesem Fall werden die entsprechenden Werte bei der Filterung mit einem logischen *'oder'* verbunden. Beispiele wie der Filter verwendet werden kann sind im Beispielcode zu finden.

Parameter

- **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Name des generischen Parameters.
  Default: []
  Werteliste: GenParamName ∈ {'calibration_precisions', 'cast_precisions', 'conversion_supported', 'id', 'ai2', 'inference_only', 'name', 'optimize_for_inference_params', 'precisions', 'runtime', 'settable_device_params', 'type'}
- **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Wert des generischen Parameters.
  Default: []
  Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {}
- **DLDeviceHandles** (output_control) ..... dl_device(-array) ⇝ *handle*
  Liste von DLDevice Handles

Beispiel

```
* Query all deep-learning-capable hardware devices
query_available_dl_devices ([], [], DLDeviceHandles)

* Query all GPUs with ID 0 or 2
query_available_dl_devices (['type', 'id', 'id'], ['gpu', 0, 2],\
                            DLDeviceHandles)

* Query the unique GPU with ID 1 supported by HALCON
query_available_dl_devices (['runtime', 'id'], ['gpu', 1], DLDeviceHandles)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `query_available_dl_devices` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`get_dl_device_param`

Modul

Foundation

set_dl_device_param (: : DLDeviceHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen der Parameter einer Deep Learning Hardware-Einheit.

`set_dl_device_param` setzt Parameterwerte für die Hardware-Einheit (im Folgenden Einheit genannt) `DLDeviceHandle`. Siehe `query_available_dl_devices` für weitere Informationen zu den Handles der Einheiten.

Parameter

▷ **DLDeviceHandle** (input_control) . . . . . dl_device ⇝ *handle*
Handle der Einheit.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'settable_device_params'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string* / real / integer / handle
Wert des generischen Parameters.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_dl_device_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`query_available_dl_devices`

Nachfolger

`set_dl_model_param`

Siehe auch

`get_dl_device_param`

Modul

Foundation

9.1 Anomalieerkennung und Global Context Anomaly Detection

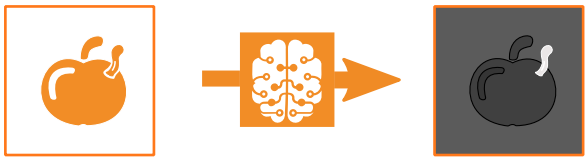
Dieses Kapitel beschreibt, wie Deep Learning-basierte Anomalieerkennung und Global Context Anomaly Detection genutzt wird.

Mit diesen beiden Methoden will man ermitteln, ob ein Bild eine Anomalie im Vergleich zum Normalen, d.h. etwas Unbekanntes enthält.

Ein Modell zur Anomalieerkennung oder Global Context Anomaly Detection lernt während des Trainings gewöhnliche Bildmerkmale ohne Anomalien. Das trainierte Modell inferiert, wie wahrscheinlich ein Eingabebild nur erlernte Merkmale oder auch etwas davon Abweichendes, also Anomalien, zeigt. Dieses Inferenzergebnis gibt das Modell als Grauwertbild zurück. Die Pixelwerte dieses Grauwertbildes sind Scores, die angeben, wie wahrscheinlich die entsprechenden Pixel im Eingabebild eine Anomalie zeigen.

Es stehen zwei Modelltypen zur Verfügung:

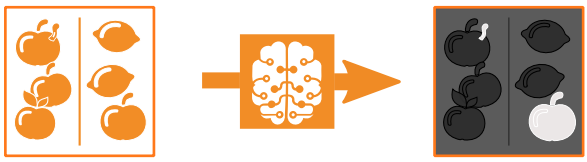
Anomalieerkennung Mit Anomalieerkennung (Modelltyp *'anomaly_detection'*) wird auf strukturelle Anomalien abgezielt, somit auf alle Merkmale, die nicht während des Trainings gelernt wurden. Dies kann z.B. Kratzer, Brüche oder Verunreinigungen einschließen.



Ein mögliches Beispiel der Anomalieerkennung: Jedem Pixel des Eingabebildes wird ein Wert zugewiesen. Dieser gibt an, wie wahrscheinlich das Pixel ein unbekanntes Merkmal, eine Anomalie, zeigt. Der Wurm ist nicht Teil der während des Trainings gesehenen Äpfel und so erhalten seine Pixel einen höheren Score.

Global Context Anomaly Detection Global Context Anomaly Detection (Modelltyp *'gc_anomaly_detection'*) umfasst zwei Aufgaben:

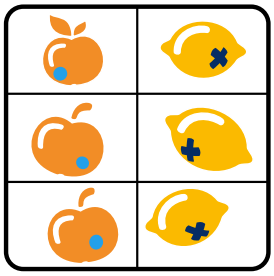
- **Erkennung struktureller Anomalien**
  Wie weiter oben für die Anomalieerkennung beschrieben umfassen strukturelle Anomalien vorwiegend unbekannte Merkmale, wie Kratzer, Brüche oder Verunreinigungen.
- **Erkennung logischer Anomalien**
  Logische Anomalien werden dann erkannt, wenn den Bildinhalt betreffende Logiken nicht erfüllt werden. Das kann beispielsweise eine falsche Anzahl oder falsche Position von Objekten in einem Bild sein.



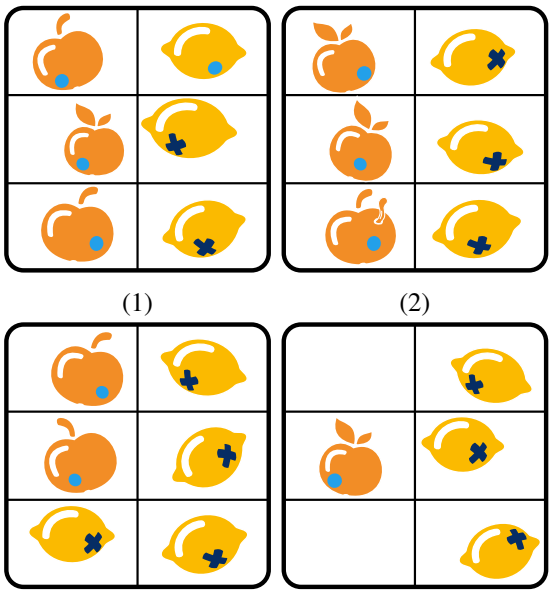
Ein mögliches Beispiel der Global Context Anomaly Detection: Jedem Pixel des Eingabebildes wird ein Wert zugewiesen. Dieser gibt an, wie wahrscheinlich das Pixel ein unbekanntes Merkmal, eine Anomalie, zeigt. Dabei können zwei Arten von Anomalien erkannt werden, strukturelle und logische. Strukturelle Anomalie: Ein Apfel enthält einen Wurm, womit er sich von den Äpfeln unterscheidet, die das Modell während des Trainings gesehen hat. Logische Anomalie: Ein Apfel ist auf Seite der Zitronen einsortiert. Obwohl der Apfel selbst intakt ist ist die Logik nicht erfüllt, da das Modell während des Trainings nur Bilder mit korrekt einsortiertem Obst gesehen hat.

Das Modell für die Global Context Anomaly Detection besteht aus zwei Subnetzwerken. Das Modell kann auf eine der beiden Subnetzwerke reduziert werden, um Laufzeit und Speicherbedarf zu verbessern. Dies wird dann empfohlen, wenn ein einzelnes Subnetzwerk gut genug ist. Siehe den Parameter *'gc_anomaly_networks'* in `get_dl_model_param` für weitere Details. Da das Entfernen eines Subnetzwerkes signifikante Auswirkungen haben kann, muss das Modell danach erneut evaluiert werden.

- **Lokales Subnetzwerk**
  Dieses Subnetzwerk wird verwendet um Anomalien zu erkennen welche sich auf einen kleineren, lokal begrenzten Bildbereich auswirken. Es ist konzipiert um strukturelle Anomalien zu erkennen, kann aber auch logische Anomalien erkennen. Kann eine Anomalie anhand eines einzelnen Bildausschnittes erkannt werden, wird es von der lokalen Komponente des Modells erkannt. Siehe den Parameter *'patch_size'* in `get_dl_model_param` für Informationen zur Definition des lokalen Maßstabs des Subnetzwerks.
- **Globales Subnetzwerk**
  Dieses Subnetzwerk wird verwendet um Anomalien zu erkennen welche sich auf einen großen, globalen Bildbereich auswirken. Es ist konzipiert um logische Anomalien zu erkennen, kann aber auch strukturelle Anomalien erkennen. Muss man einen großen Teil oder das ganze Bild sehen um eine Anomalie zu erkennen, dann wird sie mit der globalen Komponente des Modells erkannt.



Trainingsbild für eine Beispielaufgabe. Äpfel und Zitronen sind intakt, richtig einsortiert und mit dem korrekten Sticker beklebt.



Einige Anomalien, die mit Global Context Anomaly Detection erkannt werden können: (1) Logische Anomalie, die am wahrscheinlichsten mit dem lokalen Subnetzwerk erkannt wird (falscher Sticker). (2) Strukturelle Anomalie, die am wahrscheinlichsten mit dem lokalen Subnetzwerk erkannt wird (wurmiger Apfel). (3) Logische Anomalie, die am wahrscheinlichsten mit dem globalen Subnetzwerk erkannt wird (falsche Sortierung). (4) Logische Anomalie, die am wahrscheinlichsten mit dem globalen Subnetzwerk erkannt wird (fehlende Äpfel).

Genereller Ablauf

Dieser Abschnitt beschreibt den generellen Ablauf einer Aufgabe zur Anomalieerkennung oder Global Context Anomaly Detection mittels Deep Learning.

Vorverarbeitung des Datensatzes Dieser Abschnitt behandelt die notwendigen Anpassungen des Datensatzes.

1. Die Informationen des Datensatzes müssen eingelesen werden. Dazu kann die Prozedur
   - `read_dl_dataset_anomaly`

   verwendet werden. Dabei wird ein Dictionary `DLDataset` erstellt, welches als Datenbank dient und alle notwendigen Informationen über die Daten abspeichert. Für mehr Information zu den Daten und wie sie übergeben werden, wird auf den unteren Absatz „Daten“ und das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen.
2. Die Daten von `DLDataset` sollen in drei getrennte Datensätze aufgeteilt werden. Dazu kann die Prozedur
   - `split_dl_dataset`

   verwendet werden.
3. Das Netzwerk stellt mehrere Anforderungen an die Bilder (wie z.B. die Bilddimensionen und den Grauwertbereich). Diese Werte können mit
   - `get_dl_model_param`

   abgefragt werden. Dafür muss das Modell erst eingelesen werden mittels
   - `read_dl_model`.
4. Der Datensatz kann nun vorverarbeitet werden. Dazu kann die Prozedur
   - `preprocess_dl_dataset`

   verwendet werden. Für die Implementierung einer selbst erstellten Vorverarbeitung kann man sich an dieser Prozedur orientieren.

   Um diese Prozedur zu verwenden, müssen die Vorverarbeitungsparameter wie z.B. die Bildgröße festgelegt werden. Die Parameter und ihre Werte sind im Dictionary `DLPreprocessParam` zu speichern. Zur Erzeugung dieses Dictionarys kann die Prozedur
   - `create_dl_preprocess_param`

   verwendet werden. Es wird empfohlen, dieses Dictionary `DLPreprocessParam` abzuspeichern, um während der späteren Inferenz-Phase Zugang zu den Werten zu haben.

Trainieren des Modells Dieser Abschnitt behandelt das Trainieren eines Modells.

1. Setzen der Trainingsparameter und Abspeichern derselben im Dictionary `TrainParam`. Für dies kann die Prozedur
   - `create_dl_train_param`

   verwendet werden.
2. Trainieren des Modells. Dafür kann die Prozedur
   - `train_dl_model`

   verwendet werden. Diese Prozedur
   - passt Modelle vom Typ *'gc_anomaly_detection'* an die Bildstatistiken des Datensatzes durch einen Aufruf der Prozedur `normalize_dl_gc_anomaly_features` an,
   - ruft den jeweiligen Operator `train_dl_model_anomaly_dataset` (*'anomaly_detection'*) oder `train_dl_model_batch` (*'gc_anomaly_detection'*) für das Training auf.

   Es ist zu beachten, dass innerhalb von `train_dl_model` für Modelle vom Typ *'anomaly_detection'* `train_dl_model_anomaly_dataset` aufgerufen wird, während für Modelle vom Typ *'gc_anomaly_detection'* `train_dl_model_batch` verwendet wird. Für Global Context Anomaly Detection wird vor dem tatsächlichen Training die Prozedur `normalize_dl_gc_anomaly_features` von `train_dl_model` aufgerufen, um das Modell an die Bildstatistiken des Datensatzes anzupassen.

   Diese Prozedur benötigt:
   - das Handle des Modells, `DLModelHandle`
   - das Dictionary mit den Informationen über den Datensatz, `DLDataset`
   - das Dictionary mit den Trainingsparametern, `TrainParam`
3. Normalisierung des Netzwerks. Dieser Schritt ist nur für Global Context Anomaly Detection Modelle notwendig. Der Anomalie-Score muss mit der Prozedur

- `normalize_dl_gc_anomaly_scores`

normalisiert werden. Dies muss durchgeführt werden um sinnvolle Ergebnisse zu erhalten nachdem später ein Schwellenwert auf die Anomalie-Scores angewandt wird (siehe Abschnitt „Spezifische Parameter“ unten).

Evaluierung des trainierten Modells Dieser Abschnitt behandelt das Evaluieren eines trainierten Modells.

1. Setzen aller Modellparameter, welche die Evaluieren beeinflussen können.
2. Die Evaluierung kann bequem mit der Prozedur
   - `evaluate_dl_model`

   durchgeführt werden. Diese Prozedur erwartet ein Dictionary `GenParam` mit den Evaluierungsparametern.
3. Das Dictionary `EvaluationResult` enthält die angefragten Evaluierungsmaße.

Inferenz auf neuen Bildern Dieser Abschnitt behandelt die Inferenz auf neuen Bildern durch ein Modell zur Anomalieerkennung oder Global Context Anomaly Detection. Für ein trainiertes Modell sind die folgenden Schritte durchzuführen:

1. Abfragen der Anforderungen des Modells an die Bilder über den Operator
   - `get_dl_model_param`

   oder die Prozedur
   - `create_dl_preprocess_param_from_model`.
2. Setzen der Modellparameter, wie im Abschnitt „Modellparameter“ beschrieben, über den Operator
   - `set_dl_model_param`.
3. Generieren des Dictionarys `DLSample` für jedes zu inferierende Bild. Dafür kann die Prozedur
   - `gen_dl_samples_from_images`

   verwendet werden.
4. Jedes Bild muss auf dieselbe Art und Weise wie die Trainingsbilder vorverarbeitet werden. Es wird empfohlen, dafür die Prozedur
   - `preprocess_dl_samples`

   zu verwenden. Wurde während der Vorverarbeitung das Dictionary `DLPreprocessParam` gespeichert, kann es direkt als Eingabe verwendet werden, um die Parameterwerte festzulegen.
5. Anwenden des Modells über den Operator
   - `apply_dl_model`.
6. Die Resultate können aus dem Dictionary `DLResult` abgerufen werden.

Daten

Es wird zwischen den Daten für Training, Evaluierung und Inferenz auf neuen Bildern unterschieden.

Ein Grundgedanke der Datenhandhabung: Das Modell interagiert mit den Daten über Dictionarys. Dies bedeutet, das Modell erhält die Eingabedaten über das Dictionary `DLSample` und gibt die Ausgabe über das Dictionary `DLResult`, bzw. `DLTrainResult` zurück. Für weitere Informationen zur Datenhandhabung wird auf das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen.

Klassen Bei der Anomalieerkennung und Global Context Anomaly Detection werden genau zwei Klassen unterschieden:

- *'ok'*, ohne Anomalie, Klassen-ID *0*.
- *'nok'*, mit Anomalie, Klassen-ID *1*. (auf Pixelwerten eine ID *>0*, siehe den unteren Abschnitt „Daten für die Evaluierung“).

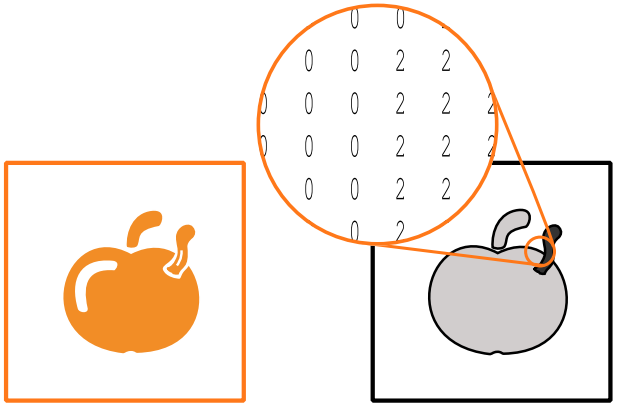
Diese Klassen treffen sowohl für das Bild als ganzes sowie auch für die einzelnen Pixel zu.

Daten für das Training Der Datensatz besteht nur aus Bildern ohne Anomalie und den dazugehörigen Informationen. Damit das Modell die Daten verarbeiten kann, müssen sie bestimmte Anforderungen erfüllen. Informationen zu den Bildanforderungen finden sich im unteren Abschnitt „Bilder“.

Die Trainingsdaten werden dazu benötigt, um das Modell für eine spezifische Aufgabe zu trainieren. Mit Hilfe dieser Daten kann das Modell lernen, welche Merkmale die Anomalie-freien Bilder gemeinsam haben.

Daten für die Evaluierung Dieser Datensatz muss Bilder ohne Anomalie enthalten, es können zusätzlich aber auch solche mit Anomalie darin sein. Jedes enthaltene Bild braucht ein Ground Truth Label `image_label`, welches die Klasse des Bildes bestimmt (siehe den obigen Abschnitt). Dadurch wird angegeben, ob auf dem Bild eine Anomalie ersichtlich ist (*'nok'*) oder nicht (*'ok'*).

Die Evaluierung kann visuell auch auf Pixelebene stattfinden, wenn ein entsprechendes Bild `anomaly_file_name` im Dictionary `DLSample` vorhanden ist. Auf dem Bild `anomaly_file_name` gibt jedes Pixel die Klassen-ID an und damit ob der entsprechende Pixel des Eingabebildes eine Anomalie zeigt (Pixelwert > *0*) oder nicht (Pixelwert *0*).



(1) (2)

Schema des Bildes `anomaly_file_name`. Zur besseren Darstellung werden Grauwerte für die verschiedenen Zahlen verwendet. (1) Eingabebild. (2) Das entsprechende Bild `anomaly_file_name`, welches die Klassenannotationen zur Verfügung stellt, *0*: *'ok'* (weiß und hellgrau), *2*: *'nok'* (dunkelgrau).

Bilder Unabhängig von der Anwendung stellt das Modell Anforderungen an die Bilder, wie z.B. die Bilddimensionen. Die spezifischen Werte hängen vom Modell selbst ab, für die spezifischen Werte der verschiedenen Modelle siehe die Dokumentation von `read_dl_model`. Für ein eingelesenes Modell können die Werte mit `get_dl_model_param` abgefragt werden. Um diese Anforderungen zu erfüllen, müssen die Bilder eventuell vorverarbeitet werden. Die Standard-Vorverarbeitung für den ganzen Datensatz und damit auch der Bilder kann mit Hilfe der Prozedur `preprocess_dl_dataset` durchgeführt werden, bzw. `preprocess_dl_samples` für ein einzelnes Sample. Für eine selbst erstellte Vorverarbeitung liefern diese Prozeduren eine Anleitung für die Implementierung.

Modell-Ausgabe Die Trainings-Ausgabe unterscheidet sich in Abhängigkeit des verwendeten Modells:

- Anomalieerkennung: Als Trainingsausgabe gibt der Operator `train_dl_model_anomaly_dataset` ein Dictionary `DLTrainResult`.
- Global Context Anomaly Detection: Als Trainingsausgabe gibt der Operator `train_dl_model_batch` ein Dictionary `DLTrainResult` mit dem aktuellen Gesamt-Loss sowie allen in dem Modell enthaltenen Loss-Werten zurück.

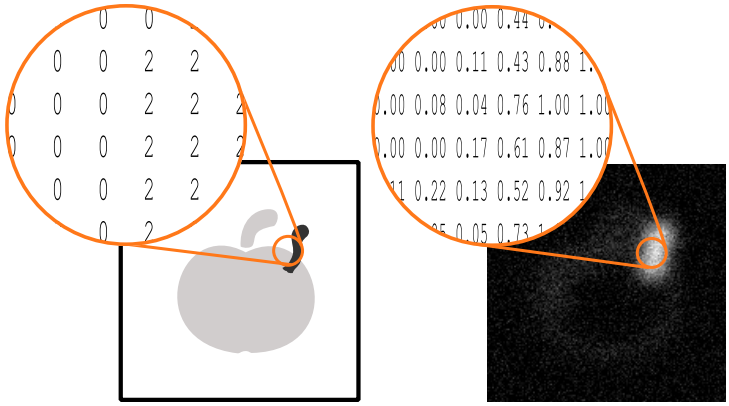
Bei der Inferenz und der Evaluierung gibt das Modell ein Dictionary `DLResult` für jedes Sample zurück. Für die Anomalieerkennung und Global Context Anomaly Detection hat es die folgenden Einträge:

- `anomaly_score`: Ein Score, der angibt, wie wahrscheinlich das Bild als Ganzes eine Anomalie enthält. Die Berechnung dieses Scores basiert auf den Werten von `anomaly_image`.

  Für die Global Context Anomaly Detection, kann der Anomalie-Score, den verwendeten Subnetzwerken entsprechend, auch ausschließlich vom lokalen (`anomaly_score_local`) oder globalen (`anomaly_score_global`) Subnetzwerk berechnet werden. Der `anomaly_score` entspricht standardmäßig dem Maximum des `anomaly_score_image`. Der Parameter

anomaly_score_tolerance kann verwendet werden, um einen gewissen Bruchteil der Ausreißer im anomaly_image bei der Berechnung des anomaly_score zu ignorieren.

- anomaly_image: Ein Bild, mit Scores als Pixelwerte, die angeben wie wahrscheinlich der entsprechende Pixel des Eingabebildes zu einer Anomalie gehört (siehe die untere Darstellung). Für die Werte bei der Anomalieerkennung gilt $\in [0, 1]$, wohingegen für die Global Context Anomaly Detection die Werte nicht beschränkt sind. Je nach verwendetem Subnetzwerk kann bei der Global Context Anomaly Detection ein Score-Bild vom lokalen (anomaly_image_local) oder globalen (anomaly_image_global) Subnetzwerk berechnet werden.



(1) (2)

Schema des Bildes anomaly_image. Zur besseren Darstellung werden Grauwerte für die verschiedenen Zahlen verwendet. (1) Das Bild anomaly_file_name liefert die Klassenannotationen *0*: *'ok'* (weiß und hellgrau), *2*: *'nok'* (dunkelgrau) (2) Das entsprechende Bild anomaly_image.

Spezifische Parameter

Bei einem Modell zur Anomalieerkennung oder Global Context Anomaly Detection werden sowohl die Modellparameter als auch die Hyperparameter mit set_dl_model_param gesetzt. Für Informationen zu den Modellparametern wird auf die Dokumentation von get_dl_model_param verwiesen.

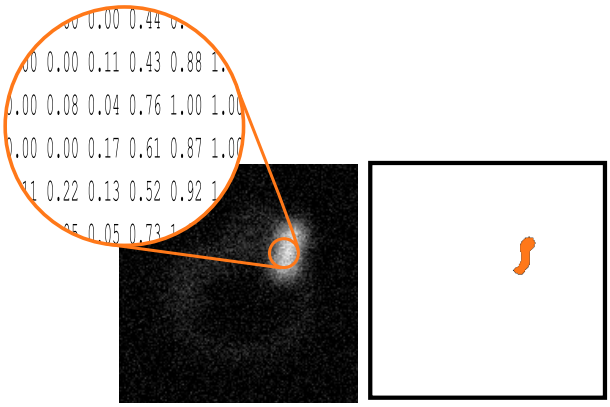
Bei einem Modell zur Anomalieerkennung wird während des Trainings der gesamte Datensatz auf einmal verwendet und nicht nur jeweils ein Batch. Infolgedessen haben bestimmte Parameter wie z.B. *'batch_size_multiplier'* keinen Einfluss.

Das Modell gibt Scores zurück, aber klassifiziert weder das Bild als ganzes noch die Pixel, d.h., es bestimmt nicht, ob diese eine Anomalie zeigen oder nicht. Für diese Klassifizierung müssen Schwellenwerte angegeben werden, welche den minimalen Score festlegen, damit ein Pixel oder Bild als anomal zählt. Mögliche Schwellenwerte können mit der Prozedur compute_dl_anomaly_anomaly_thresholds geschätzt werden. Die Schwellenwerte können mit der Prozedur threshold_dl_anomaly_results angewandt werden. Als Resultat fügt die Prozedur folgende (vom Schwellenwert abhängige) Einträge zum Dictionary DLResult des Samples hinzu:

anomaly_class
Vorhergesagte Klasse für das Bild als Ganzes (für den gegebenen Schwellenwert). Bei der Global Context Anomaly Detection kann die Klasse, je nach verwendetem Subnetzwerk, auch ausschließlich vom lokalen (anomaly_class_local) oder globalen (anomaly_class_global) Subnetzwerk berechnet werden.

anomaly_class_id
ID der vorhergesagten Klasse für das Bild als Ganzes (für den gegebenen Schwellenwert). Bei der Global Context Anomaly Detection kann die Klassen-ID, je nach verwendetem Subnetzwerk, auch ausschließlich vom lokalen (anomaly_class_id_local) oder globalen (anomaly_class_id_global) Subnetzwerk berechnet werden.

anomaly_region
Regionen der Pixel welche als anomal bewertet wurden (für den gegebenen Schwellenwert, siehe die untere Darstellung). Bei der Global Context Anomaly Detection können die Anomalieregionen, je nach verwendetem Subnetzwerk, auch ausschließlich vom lokalen (anomaly_region_local) oder globalen (anomaly_region_global) Subnetzwerk berechnet werden.



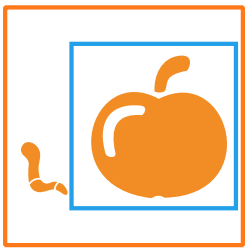
(1) (2)

Schema von `anomaly_region`. Zur besseren Darstellung werden Grauwerte für die verschiedenen Zahlen verwendet. (1) Das Bild `anomaly_image` mit den erhaltenen pixelweisen Scores. (2) Die entsprechende Region `anomaly_region`.

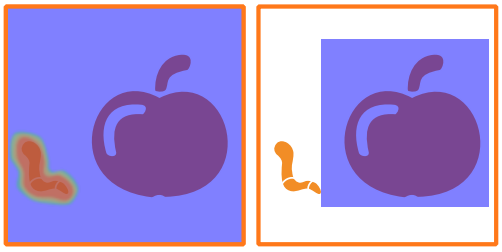
Handhabung der Bilddomäne bei der Inferenz

Eine Einschränkung des Suchbereichs kann durch Reduzierung der Domäne der Suchbilder (mittels `reduce_domain`) durchgeführt werden. Für `preprocess_dl_samples` muss mit dem Vorverarbeitungsparameter `'domain_handling'` festgelegt werden, wie die Domäne gehandhabt werden soll. Der Parameter `'domain_handling'` sollte dabei so verwendet werden, dass nur essentielle Informationen zur Inferenz an das Netzwerk weitergegeben werden. Beispielsweise kann `'keep_domain'` verwendet werden um ungewollte Anomalien im Hintergrund bei der Berechnung von `anomaly_score` und `anomaly_image` zu ignorieren.

Die folgenden Bilder zeigen, in Abhängigkeit von `'domain_handling'`, wie ein Eingabebild mit reduzierter Domäne nach der Vorverarbeitung weitergegeben wird.



Eingabebild mit Domäne (blau) für die Inferenz.



(1) (2)

(1) `anomaly_image` nach Inferenz mit `'full_domain'` (Ergebnis: *'nok'*), (2) `anomaly_image` nach Inferenz mit `'keep_domain'` (Ergebnis: *'ok'*).

train_dl_model_anomaly_dataset (: : DLModelHandle, DLSamples, DLTrainParam : DLTrainResult)

Trainieren eines Deep Learning-Modells zur Anomalieerkennung.

Der Operator `train_dl_model_anomaly_dataset` trainiert das in `DLModelHandle` enthaltenen Deep Learning-Modell mit *'type'='anomaly_detection'* (für Deep Learning-Modell mit *'type'='gc_anomaly_detection'* siehe `train_dl_model_batch`).

Dieser Operator verarbeitet den ganzen Datensatz auf einmal. Dies ist anders als beim Operator `train_dl_model_batch`. Die Iterationen über den Datensatz werden vom Operator intern durchgeführt. Somit muss der Operator für das ganze Training des Modells nur einmal aufgerufen werden.

Der Trainings-Datensatz wird als Tupel von Dictionarys `DLSamples` übergeben. Weitere Informationen zu den verwendeten Dictionarys und zugehörigen Keys können im Kapitel Deep Learning / Modell gefunden werden. Der Operator erwartet im Trainings-Datensatz zum Trainieren des Modells nur Bilder ohne Anomalie.

Mit dem Dictionary `DLTrainParam` können die Hyperparameter verändert werden. Folgende Werte werden unterstützt:

- `max_num_epochs`: Dieser Parameter spezifiziert die maximale Anzahl an Trainingsepochen. Falls das durch `error_threshold` definierte Abbruchkriterium bereits in einer früheren Epoche erreicht wird, wird das Training entsprechend beendet.
  Restriktion: `max_num_epochs` >=*1*.
  Default: `max_num_epochs` = *30*.
- `error_threshold`: Dieser Parameter ist ein Abbruchkriterium für das Training. Ist der Trainingsfehler kleiner als der in `error_threshold` gesetzte Wert, wird das Training erfolgreich abgeschlossen.
  Restriktion:
  0.0 <= `error_threshold` <= *1.0*.
  Default: `error_threshold` = *0.001*.
- `domain_ratio`: Dieser Parameter bestimmt den Anteil an Informationen jedes Bildes, die für das Training verwendet werden. Da Bilder meistens eine große Fülle von Informationen enthalten, kann es von Vorteil sein, die Menge zu reduzieren. Zusätzlich kann ein kleinerer Wert von `domain_ratio` die Trainingszeit reduzieren. Allerdings muss stets genügend Information übrig bleiben, weshalb dieser Parameter nicht zu klein gesetzt werden soll. Sonst kann passieren, dass das Trainingsergebnis nicht zufriedenstellend ist oder das Training gar fehlschlägt.
  Restriktion: *0.0* < `domain_ratio` <= *1.0*.
  Default: `domain_ratio` = *0.1*.
- `regularization_noise`: Dieser Parameter ist ein Regularisierungsfaktor, der verwendet wird, um das Training robuster zu machen.
  Restriktion: `regularization_noise` >=*0.0*.
  Default: `regularization_noise` = *0.0*.

Das Ausgabe-Dictionary `DLTrainResult` enthält die folgenden Werte:

- `final_error`: Der beste Fehler, der während des Trainings erreicht wurde.
- `final_epoch` Die Epoche, in welcher der Fehler `final_error` erreicht wurde.

Achtung

Der Operator `train_dl_model_anomaly_dataset` basiert auf Algorithmen, die in manchen Fällen nicht deterministisch sind. Daher können Ergebnisse von mehreren Aufrufen von `train_dl_model_anomaly_dataset` trotz gleicher Eingabewerte leicht voneinander abweichen.

Systemvoraussetzungen: Um diesen Operator auf der GPU auszuführen, indem *'runtime'* auf *'gpu'* gesetzt ist (siehe `get_dl_model_param`), werden cuDNN und cuBLAS benötigt. Für weitere Details wird auf den „`Installation Guide`", Abschnitt „Requirements for Deep Learning and Deep-Learning-Based Methods", verwiesen. Alternativ kann dieser Operator auch auf der CPU ausgeführt werden, indem man *'runtime'* auf *'cpu'* setzt.

Parameter

▷ **`DLModelHandle`** (input_control) . . . . . dl_model ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-Modells.

▷ **`DLSamples`** (input_control) . . . . . dict-array ⇝ *handle*
Tupel von Dictionarys mit Eingabebildern und zugehörigen Informationen.

▷ **`DLTrainParam`** (input_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Parameter zum Trainieren des Anomalieerkennungsmodells.
Default: []

▷ **DLTrainResult** (output_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Dictionary mit den Trainingsergebnissen.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `train_dl_model_anomaly_dataset` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`read_dl_model`, `set_dl_model_param`, `get_dl_model_param`

Nachfolger

`apply_dl_model`

Siehe auch

`apply_dl_model`

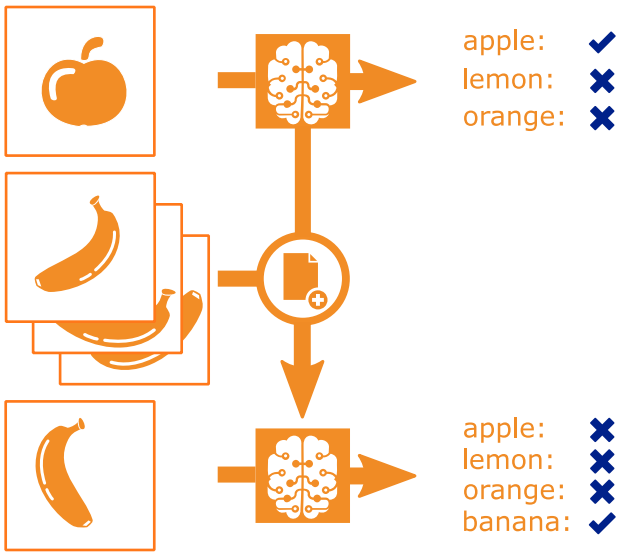
Modul

Foundation. Dieser Operator verwendet dynamische Lizenzierung (siehe 'Installation Guide'). Welches der folgenden Module benötigt wird hängt von der Anwendung des Operators ab:
Deep Learning Professional

9.2 Continual Learning

Dieses Kapitel beschreibt, wie Continual Learning in der Deep Learning-basierten Klassifikation genutzt wird.

Continual Learning für Klassifikation ist ein Verfahren des maschinellen Lernens, bei dem ein Modell kontinuierlich mit neuen Daten erweitert werden kann, ohne bereits erworbenes Wissen zu verlieren. Neue Klassen können hinzugefügt oder bestehende Klassen iterativ mit zusätzlichen Daten erweitert werden, ohne dass die Trainingsdaten vorheriger Schritte erneut benötigt werden. Im Gegensatz dazu muss bei der Standard-Klassifikation (siehe Deep Learning / Klassifikation) immer auf alten und neuen Trainingsdaten gemeinsam nachtrainiert werden. Continual Learning erlaubt daher eine deutlich schnellere Anpassung an neue Anforderungen. Ein Continual-Learning-Modell kann sogar mit neuen Daten erweitert werden, wenn es für ein -Interface optimiert ist. Dadurch ist es möglich, Modelle direkt auf einem Edge-Gerät zu trainieren und einzusetzen.



Ein mögliches Beispiel für Continual Learning für Klassifikation, bei dem das Netzwerk ursprünglich darauf trainiert wurde, drei Klassen zu unterscheiden. Später wurde das Modell um eine zusätzliche Klasse 'banana'

erweitert, wobei ausschließlich neu bereitgestellte Bananenbilder verwendet wurden, während das Wissen über die zuvor gelernten Klassen erhalten blieb. Die beste Vorhersage zeigt, dass das Bild nun als 'banana' erkannt wird.

Out-of-Distribution Detection ist in den Continual Learning Workflow integriert. Im Gegensatz zur Standard-Klassifikation ist kein separates Anpassen des Modells mit einem zusätzlichen Operator notwendig. Die dafür erforderlichen Berechnungen sind bereits in den Continual Learning Operatoren `init_dl_continual_learning` und `extend_dl_continual_learning` enthalten. Dies wird im folgenden Schema dargestellt. Für weitere Informationen zu Out-of-Distribution Detection siehe das Kapitel Deep Learning / Klassifikation.

Um die vorliegende Aufgabe zu erledigen, d.h. die Daten in die gewünschten Klassen einzuteilen, ist der Ausgangspunkt entweder ein Modell, das bereits mit dem eigenen Datensatz trainiert wurde, oder ein von HALCON bereitgestellter vortrainierter Klassifikator. Das Modell wird anschließend für Continual Learning initialisiert und kann mehrfach mit neuen Daten erweitert werden. Solche Daten können zusätzliche Klassen oder weitere Beispiele bestehender Klassen enthalten. Weitere Informationen zu den Anforderungen an die Daten finden sich im Abschnitt „Daten".

In HALCON ist Continual Learning für Klassifikation innerhalb des allgemeinen Deep Learning Modells umgesetzt. Weitere Informationen hierzu finden sich im Kapitel Deep Learning / Modell. Die spezifischen Systemvoraussetzungen zur Nutzung von Continual Learning können im HALCON „`Installation Guide`" eingesehen werden.

Der folgende Abschnitt beschreibt den generellen Workflow für Continual Learning für Klassifikation.

Genereller Ablauf

Dieser Abschnitt beschreibt den generellen Ablauf einer Klassifikation mittels Continual Learning. Im Gegensatz zur Standard-Klassifikation ist der Ablauf nicht in mehrere Teile aufgeteilt. Eine beispielhafte Anwendung ist in der HDevelop Datei `continual_learning_for_classification.hdev` gezeigt.

Initialisierung des Modells für Continual Learning Dieser Abschnitt beschreibt die Vorbereitung des Modells für Continual Learning.

1. Ausgangspunkt ist ein vortrainiertes Netzwerk oder ein Modell, das bereits im Standard-Workflow trainiert wurde. Dieses wird eingelesen mit
   - `read_dl_model`.
2. Initialisieren des Modells für Continual Learning mit
   - `init_dl_continual_learning`.

   In diesem Schritt kann optional ein `DLDataset` übergeben werden, das mit `read_dl_dataset_classification` erstellt, mit `split_dl_dataset` geteilt und mit `preprocess_dl_dataset` vorverarbeitet wurde.
3. Wurde ein Datensatz an `init_dl_continual_learning` übergeben, kann das Modell mit
   - `evaluate_dl_model`

   evaluiert werden. Die Ergebnisse können visualisiert werden mit
   - `dev_display_classification_evaluation`.

Erweiterung des Modells mit neuen Daten Dieser Abschnitt beschreibt das Hinzufügen neuer Klassen oder das Erweitern bestehender Klassen.

1. Bereitstellen eines vorverarbeiteten `DLDataset` mit den neuen Bildern (neue Klassen oder Erweiterungen bestehender Klassen). Der Datensatz darf keine Trainingsdaten enthalten, die bereits bei der Initialisierung oder früheren Erweiterungen verwendet wurden. Dafür können folgende Prozeduren genutzt werden:
   - `read_dl_dataset_classification`,
   - `split_dl_dataset` und
   - `preprocess_dl_dataset`.

2. Erweiterung des Modells mit
   - `extend_dl_continual_learning`.

   Dieser Operator kann mehrfach mit jeweils neuen Daten auf dasselbe Modell angewandt werden. Während der Erweiterung überprüft der Operator automatisch Konsistenz von Klassennamen und IDs. Bestehende Klassennamen bleiben erhalten, neue Klassennamen werden ergänzt, und IDs werden entsprechend angepasst. Zusätzlich wird der Datensatz intern so geändert, dass seine Klassen-IDs zu denen des Modells passen. Damit muss der Anwender die Klassen-IDs nicht selbst anpassen. Zum Beispiel vergibt `read_dl_dataset_classification` die IDs immer beginnend mit 0. Falls das Modell bereits zwei Klassen enthält und der neue Datensatz eine weitere Klasse mit ID 0 einführt, wird diese intern auf ID 2 umgemappt. So bleiben Modell und Datensatz ohne manuelle Anpassung konsistent.

Evaluierung des Modells In diesem Abschnitt wird der erweiterte Klassifikator evaluiert.

1. Die Evaluierung erfolgt mit der Prozedur
   - `evaluate_dl_model`.
2. In Continual Learning für Klassifikation können mehrere Datensätze übergeben werden, z.B. einer mit den ursprünglichen Klassen und ein weiterer mit den neu hinzugefügten Klassen.
3. Das Dictionary `EvaluationResult` enthält die Evaluierungsmaße. Visualisierung ist möglich mit
   - `dev_display_classification_evaluation`.

Inferenz auf neuen Bildern Dieser Abschnitt beschreibt die Anwendung eines Klassifikationsmodells mit Continual Learning.

1. Erzeugen eines Daten-Dictionarys `DLSample` für jedes Bild mit
   - `gen_dl_samples_from_images`.
2. Vorverarbeitung der Bilder wie zuvor, mit
   - `preprocess_dl_samples`.
3. Anwenden des Modells mit dem Operator
   - `apply_dl_model`.
4. Abrufen der Ergebnisse aus dem Dictionary *'DLResultBatch'*.

Daten

Die Anforderungen an die Daten für Continual Learning in der Klassifikation sind ähnlich zur Standard-Klassifikation, mit dem wesentlichen Unterschied, dass bei jeder Erweiterung nur die neuen Daten bereitgestellt werden müssen. Alte Trainingsdaten dürfen nicht erneut enthalten sein.

Als Grundprinzip erfolgt die Inferenz über Dictionarys. Die Eingabedaten werden im Dictionary `DLSample` bereitgestellt, die Ergebnisse werden im Dictionary `DLResult` zurückgegeben. Weitere Informationen zur Datenhandhabung finden sich im Kapitel Deep Learning / Modell.

Für weitere Informationen zu Bildern, Netzwerk-Ausgaben und Interpretation der Ergebnisse wird auf das Kapitel Deep Learning / Klassifikation verwiesen.

extend_dl_continual_learning (: : DLModelHandle, DLDataset, GenParam :)

Erweitern ein Modell für Continual Learning mit neuen Daten.

`extend_dl_continual_learning` erweitert ein Modell für Continual Learning `DLModelHandle` mit *'type' = 'classification'* mit neuen Daten, bereitgestellt von `DLDataset`. Die neuen Daten können entweder neue Klassen beinhalten, die das Modell vorherzusagen lernen soll, oder neue Samples einer bestehenden Klasse, um das Modell für diese bestimmte Klasse zu verbessern. `DLModelHandle` lernt auf eine für Continual Learning spezifische Weise aus den bereitgestellten Daten. Nach dem Aufruf von `extend_dl_continual_learning` kann das Modell entweder mehr Klassen vorhersagen oder das interne Wissen über vorhandene Klassen wurde erweitert, je nach dem bereitgestellten Datensatz. Siehe Deep Learning / Continual Learning für weitere Informationen.

DLDataset darf nur neue Daten enthalten, die das Modell lernen soll. Es ist nicht erforderlich, Datensamples aus früheren Continual Learning Schritten bereitzustellen, da das Modell zuvor gelernte Klassen beibehält. Außerdem kann extend_dl_continual_learning mit einem für eine AI^2-Schnittstelle optimierten DLModelHandle aufgerufen werden. Dadurch kann das Continual Learning Modell direkt auf einem Edge-Gerät erweitert werden.

Der Operator erwartet einen Datensatz, der mit der mitgelieferten Prozedur preprocess_dl_dataset vorverarbeitet wurde. Änderungen, die innerhalb der Prozedur an den Pfaden der Samples vorgenommen wurden, werden nicht unterstützt und führen zu Fehlern. extend_dl_continual_learning ändert die ClassIDs des bereitgestellten DLDataset intern, damit sie mit den ClassIDs des bereitgestellten Modells übereinstimmen. Neue unbekannte Klassen erhalten eine neue und unbenutzte ClassID. Die ClassID bekannter Klassen innerhalb von DLDataset wird in die vom Modell vorgegebene ClassID geändert. Diese Änderungen werden sowohl auf den bereitgestellten Datensatz DLDataset als auch auf alle vorverarbeiteten Samples auf der Festplatte angewendet. Dies ist für eine korrekte Evaluierung erforderlich.

Das Continual Learning Model kann mit Hilfe der Prozedur evaluate_dl_model evaluiert werden. Dabei kann ein oder mehrere Datensätze übergeben werden, die alle Klassen enthalten, auf denen das Modell trainiert wurde, oder nur eine Teilmenge davon. Es wird dringend empfohlen, das Modell mit Testdaten zu evaluieren, die allen Klassen und Continual Learning Schritten entsprechen, damit das Evaluierungsergebnis die Fähigkeiten des Modells für alle relevanten Daten genau widerspiegelt.

Der Operator berechnet zudem einen neuen Out-of-Distribution Schwellenwert. Ein zuvor vom Benutzer festgelegter Schwellenwert wird dabei überschrieben. Die Kalibrierung der Konfidenzwerte wird nur einmal durchgeführt (entweder in init_dl_continual_learning, wenn ein Datensatz bereitgestellt wurde oder beim ersten Aufruf von extend_dl_continual_learning) und nicht wiederholt. Mit zunehmender Anzahl von Klassen nehmen die absoluten Konfidenzwerte im Allgemeinen ab.

GenParam ist ein Dictionary zum Setzen generischer Parameter. Zur Zeit werden keine generischen Parameter unterstützt.

Achtung

Der Operator nimmt Änderungen an den Samples des bereitgestellten Datensatzes vor. Wenn während der Änderungen ein Fehler auftritt, wird der Datensatz unvollständig angepasst und ist somit beschädigt. Er ist damit unbrauchbar und muss dann neu eingelesen und vorverarbeitet werden. Dies wird durch eine entsprechende Fehlermeldung des Operators im Falle eines Fehlers angezeigt.

Der Operator verhält sich nicht additiv. Das Hinzufügen von Bildern derselben Klasse in mehreren Aufrufen führt nicht zu einem identischen Modell wie das Hinzufügen derselben kombinierten Bilder in einem einzigen Aufruf.

Parameter

▷ **DLModelHandle** (input_control) . . . . . dl_model ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-Klassifikationsmodells, das für Continual Learning initialisiert wurde.

▷ **DLDataset** (input_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Datensatz für neuen Continual Learning Schritt.

▷ **GenParam** (input_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Dictionary für generische Parameter.
Default: []

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand der folgenden Eingabeparameter:

- DLModelHandle
- DLDataset

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf die Werte dieser Parameter synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

init_dl_continual_learning

Nachfolger

apply_dl_model

Modul

Deep Learning Professional

init_dl_continual_learning (: : DLModelHandle, DLDataset, GenParam :)

Wandelt ein Klassifikationsmodell in ein Modell um, welches für Continual Learning geeignet ist.

init_dl_continual_learning initialisiert ein Deep Learning-Modell DLModelHandle mit *'type'* = *'classification'* für Continual Learning. Mit Continual Learning ist es möglich, ein Modell um neue Klassen oder Änderungen innerhalb bekannter Klassen zu erweitern, ohne es von Grund auf neu trainieren zu müssen, selbst wenn das Modell für eine AI^2-Schnittstelle optimiert wurde. Siehe Deep Learning / Continual Learning für weitere Informationen.

Wenn ein DLDataset übergeben wird, muss dieser vorverarbeitet und aufgeteilt sein. init_dl_continual_learning kann entweder mit einem der von HALCON bereitgestellten vortrainierten Klassifizierungsmodelle oder mit einem Modell aufgerufen werden, das zuvor mit train_dl_model nachtrainiert wurde. Die interne Architektur des Modells wird leicht verändert, sodass Continual Learning möglich wird. Dieser Prozess entfernt die interne Fähigkeit des Modells, zwischen zuvor gelernten Klassen zu unterscheiden, es sei denn, der zuvor für das Nachtraining des Modells verwendete Datensatz wird bereitgestellt. Das interne Wissen für die Merkmalsextraktion bleibt in allen Fällen erhalten. Wenn kein DLDataset übergeben wird, kann das resultierende Modell für Continual Learning keinerlei Klassifizierung durchführen, unabhängig davon, ob es sich um ein vortrainiertes oder ein nachtrainiertes Modell handelt. Um potenziell unerwünschte Änderungen zu vermeiden, wenn kein DLDataset oder ein Datensatz mit anderen Klassen als den zuvor dem Modell bekannten übergeben wird, ist dies nur durch eine weitere Bestätigung möglich, indem der generische Parameter GenParam *'reset_class_information'* auf *'true'* gesetzt wird. Wenn ein DLDataset bereitgestellt wird, lernt das Modell für Continual Learning auf besondere Weise aus den bereitgestellten Daten. Es ist zu beachten, dass die Angabe eines anfänglichen DLDataset innerhalb von init_dl_continual_learning zu einem ähnlichen Modell führt wie die Angabe keines DLDataset innerhalb von init_dl_continual_learning, jedoch innerhalb von extend_dl_continual_learning. Wenn ein nachtrainiertes Modell bereitgestellt wird, muss DLDataset derselbe Datensatz sein (einschließlich Aufteilung und Vorverarbeitungsparametern), der während des Nachtrainings verwendet wurde.

Im Allgemeinen wird empfohlen, mit einem vortrainierten Modell zu beginnen und es für Continual Learning mit dem zu lernenden Datensatz zu initialisieren. Das Modell kann mit evaluate_dl_model evaluiert werden. Wenn die Modellgenauigkeit nicht ausreicht, kann ein vorheriges Nachtraining des ursprünglichen Datensatzes hilfreich sein. Allerdings kann ein umfangreiches Training die Fähigkeit des Modells, neue Klassen zu lernen, im Vergleich zu einem vortrainierten Modell reduzieren.

Aufgrund von Änderungen in der Modellarchitektur können die Vorhersagen des initialisierten Modells von denen des ursprünglich nachtrainierten Modells abweichen. Während die Gesamtgenauigkeit bei Bereitstellung des ursprünglichen Trainingsdatensatzes ähnlich bleibt, können die Konfidenzwerte niedriger ausfallen. Dies liegt daran, dass die Konfidenzwerte unterschiedlich berechnet werden und bedeutet nicht, dass die Schätzungen des Modells weniger vertrauenswürdig sind. Konfidenzwerte sollten immer relativ zum Datensatz interpretiert werden, um daraus Schlussfolgerungen ziehen zu können.

init_dl_continual_learning erweitert das Modell auch für Out-of-Distribution Detection. Wird apply_dl_model aufgerufen, enthält das Ergebnis die zusätzlichen Einträge im Zusammenhang mit der Out-of-Distribution Detection. Siehe fit_dl_out_of_distribution für genauere Informationen. Der bereitgestellte Datensatz DLDataset sollte vielfältige und ausreichende Beispiele für jede Klasse enthalten, um eine zuverlässige Out-of-Distribution Detection zu gewährleisten.

Die Verwendung von Validierungsbildern unterscheidet sich innerhalb von init_dl_continual_learning im Vergleich zu einem Training des Modells mittels train_dl_model. Validierungsbilder werden nur für eine Kalibrierung der Konfidenzwerte des Modells und für die Berechnung des *'ood_threshold'* innerhalb der Out-of-Distribution-Erkennung verwendet. Wenn für den jeweiligen Anwendungsfall weder eine Kalibrierung der Konfidenzwerte noch die Berechnung des *'ood_threshold'* erforderlich ist, kann der Datensatz auch ausschließlich in Trainings- und Testbilder aufgeteilt werden. Wenn der bereitgestellte DLDataset weniger als oder genau 15 Trainingsbeispiele pro Klasse und keine Validierungsbeispiele enthält, schlägt die Berechnung des *'ood_threshold'* für

die Out-of-Distribution Detection fehl und der Schwellenwert wird auf einen sehr hohen Wert gesetzt. Im Ergebnis wird das Modell niemals ein Bild als Out-of-Distribution vorhersagen, es sei denn, der Schwellenwert wird vom Benutzer geändert.

`init_dl_continual_learning` kann auf jedes von HALCON ausgelieferte Klassifizierungsmodell angewendet werden. Bei Modellen, die mit Deep Learning / Framework-Operatoren erstellt oder aus einer ONNX-Modelldatei gelesen wurden, kann die Kompatibilität für Continual Learning je nach Architektur variieren.

`GenParam` ist ein Dictionary zum Setzen generischer Parameter. Zur Zeit werden folgende `GenParam` unterstützt:

'reset_class_information': Bestimmt, ob der Parameter `DLDataset` auch ein leeres Tupel oder ein Datensatz mit unterschiedlichen Klassen als dem Model bekannt sein darf. Dies dient der Absicherung, da ohne einen übergebenen Datensatz das vorhandene Klassenwissen beim Aufruf von `init_dl_continual_learning` zurückgesetzt wird. Um eine Modellinitialisierung ohne Datensatz oder mit einem Datensatz zu ermöglichen, dessen Klassen sich von den dem Modell bekannten unterscheiden, muss der GenParam auf *'true'* gesetzt sein. Dies kann beispielsweise nützlich sein, wenn ein vortrainiertes Modell zu einem Zeitpunkt für Continual Learning initialisiert werden soll, an dem noch keine Samples der initialen Klassen vorhanden sind.

Werteliste: *'false'*, *'true'*

Default: *'false'*

Achtung

Wenn `fit_dl_out_of_distribution` für ein Modell aufgerufen wird, bevor `init_dl_continual_learning` aufgerufen wird, werden die vorherigen internen Berechnungen für Out-of-Distribution Detection verworfen und das Modell wird neu angepasst.

Bestimmte Änderungen am Modell, wie ein fortlaufendes Training mit `train_dl_model`, können nicht mehr vorgenommen werden, sobald das Modell für Continual Learning initialisiert wurde. Die Berechnung einer Klassifizierungs- Heatmap wird derzeit nicht unterstützt.

Parameter

▷ **DLModelHandle** (input_control) ..... dl_model ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-Klassifikationsmodells.

▷ **DLDataset** (input_control) ..... dict ⇝ *handle*
Datensatz für den ersten Continual Learning Schritt.

▷ **GenParam** (input_control) ..... dict ⇝ *handle*
Dictionary für generische Parameter.
Default: []

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DLModelHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`read_dl_model`

Nachfolger

`extend_dl_continual_learning`, `apply_dl_model`

Modul

Deep Learning Professional

9.3 Framework

create_dl_layer_activation (: : DLLayerInput, LayerName, ActivationType, GenParamName, GenParamValue : DLLayerActivation)

Erstellen eines Activation-Layers.

Der Operator create_dl_layer_activation erzeugt einen Activation-Layer dessen Handle in DLLayerActivation zurückgegeben wird.

Der Parameter DLLayerInput bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter LayerName legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit create_dl_model jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der Parameter ActivationType setzt den Typ der Aktivierung. Jeder Aktivierungstyp definiert eine punktweise Funktion. Unterstützte Aktivierungstypen sind:

'abs': Betragsfunktion:

$$Abs(x) := |x|$$

'acos': Arcuscosinus-Aktivierung.

'asin': Arcussinus-Aktivierung.

'atan': Arcustangens-Aktivierung.

'ceil': Rundet die Eingabe nach oben zur nächsten Ganzzahl.

'celu': Continuously Differentiable Exponential Linear Unit (Celu) Aktivierung, die wie folgt definiert ist:

$$Celu(x) := \begin{cases} \alpha(e^{\frac{x}{\alpha}} - 1) & \text{wenn } x < 0, \\ x & \text{sonst.} \end{cases}$$

Setzen des generischen Parameters *'alpha'* legt den Wert α fest (default: 1.0). Für $\alpha = 1$ verhält die Celu sich wie eine ELU Aktivierung.

'clip': Begrenzt die Eingabe auf ein gegebenes Intervall:

$$Clip(x) := \begin{cases} min & \text{wenn } x \leq min, \\ max & \text{wenn } x \geq max, \\ x & \text{sonst.} \end{cases}$$

Setzen der generischen Parameter *'min'* und *'max'* legt die Werte min bzw. max fest.

'cos': Cosinus-Aktivierung.

'cosh': Hyperbolische Cosinus-Aktivierung.

'elu': Exponential Linear Unit (ELU) Aktivierung, die wie folgt definiert ist:

$$ELU(x) := \begin{cases} \alpha(e^x - 1) & \text{wenn } x < 0, \\ x & \text{sonst.} \end{cases}$$

Setzen des generischen Parameters *'alpha'* legt den Wert α fest (default: 1.0).

'erf': Gauss-Fehlerfunktion, die wie folgt definiert ist:

$$erf(x) := \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2}\, dt$$

'exp': Exponentialfunktion:

$$Exp(x) := e^x$$

'floor': Rundet die Eingabe nach unten zur nächsten Ganzzahl.

'gelu': Gaussian Error Linear Units (Gelu) Aktivierung, die wie folgt definiert ist:

$$Gelu(x) := 0.5 * x * (1 + erf(\frac{x}{\sqrt{2}}))$$

Setzen des generischen Parameters *'approximate'* auf *'tanh'* führt zu einer approximierten Berechnung:

$$Gelu(x) := 0.5 * x * (1 + tanh(\sqrt{\frac{2}{\pi}} * (x + 0.044715 * x^3)))$$

'hard_sigmoid': HardSigmoid-Aktivierung:

$$HardSigmoid(x) := \max(0, \min(1, \alpha x + \beta))$$

Setzen der generischen Parameter *'alpha'* und *'beta'* legt die Werte α (default: 0.2) und β (default: 0.5) fest.

'hard_swish': HardSwish-Aktivierung:

$$HardSwish(x) := x * HardSigmoid(x)$$

wobei für die HardSigmoid $\alpha = \frac{1}{6}$ und $\beta = 0.5$.

'log': Natürlicher Logarithmus:

$$Log(x) := \log(x)$$

'mish': Mish-Aktivierung:

$$Mish(x) := x * \tanh\left(Softplus(x)\right)$$

'neg': Negativwert der Eingabe:

$$Neg(x) := -x$$

'pow': Potenzfunktion:

$$Pow(x) := x^{exponent}$$

Setzen des generischen Parameters *'exponent'* legt den Wert $exponent$ fest.

'reciprocal': Reziproke Funktion:

$$Reciprocal(x) := \frac{1}{x}$$

'relu': Rectified linear unit (ReLU) Aktivierung. Durch das Setzen eines spezifischen ReLU-Parameters kann statt des Standard ReLU ein anderer Typ spezifiziert werden:

- Standard ReLU, definiert durch:

$$ReLU(x) := \max(0, x)$$

- begrenzter (bounded) ReLU, definiert durch:

$$ReLU(x) := \begin{cases} 0 & \text{wenn } x \leq 0, \\ x & \text{wenn } 0 < x \leq \beta, \\ \beta & \text{sonst.} \end{cases}$$

  Setzen des generischen Parameters *'upper_bound'* führt zu einem begrenzten ReLU und legt den Wert von β fest.
- Leaky ReLU, definiert durch:

$$ReLU(x) := \begin{cases} \alpha x & \text{wenn } x \leq 0, \\ x & \text{sonst.} \end{cases}$$

  Setzen des generischen Parameters *'alpha'* führt zu einem leaky ReLU und legt den Wert α fest. Wenn zugleich der generische Parameter *'upper_bound'* gesetzt ist, wird *'alpha'* ignoriert und eine begrenzte ReLU ausgeführt.

'round': Rundet die Eingabe zur nächsten Ganzzahl. Werte mit '.5' werden zur nächsten geraden Ganzzahl gerundet, z.B.: $Round(2.5) = 2$, $Round(3.5) = 4$.

'sigmoid': Sigmoid-Aktivierung, die wie folgt definiert ist:

$$Sigmoid(x) := \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

'sin': Sinus-Aktivierung.

'sinh': Hyperbolische Sinus-Aktivierung.

'softplus': Softplus-Aktivierung, die wie folgt definiert ist:

$$Softplus(x) := \log(e^x + 1)$$

'softsign': Softsign-Aktivierung, die wie folgt definiert ist:

$$Softsign(x) := \frac{x}{1 + |x|}$$

'sqrt': Quadratwurzel:

$$Sqrt(x) := \sqrt{x}$$

'swish': Swish-Aktivierung, die wie folgt definiert ist:

$$Swish(x) := x * sigmoid(\alpha x) = \frac{x}{1 + e^{-\alpha x}}$$

Setzen des generischen Parameters *'alpha'* legt den Wert α fest (default: 1.0).

'tan': Tangens-Aktivierung.

'tanh': Tanh-Aktivierung, die wie folgt definiert ist:

$$Tanh(x) := 1 - \frac{2}{e^{2x} + 1}$$

'thresholded_relu': ReLU mit Schwellwert, die wie folgt definiert ist:

$$ThresholdedReLU(x) := \begin{cases} 0 & \text{wenn } x \leq \alpha, \\ x & \text{sonst.} \end{cases}$$

Setzen des generischen Parameters *'alpha'* legt den Wert α fest (default: 1.0).

Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die entsprechenden Werte GenParamValue werden unterstützt:

'is_inference_output': Bestimmt, ob apply_dl_model die Ausgabe dieses Layers im Dictionary DLResultBatch zurückgibt, auch ohne den Layer in Outputs anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

'upper_bound' (*'relu'*): Fließkommawert, der eine obere Grenze für eine ReLU angibt.
Wenn der Activation-Layer Teil eines Modells ist, das mit create_dl_model erstellt wurde, kann die obere Grenze aufgehoben werden, indem mit set_dl_model_layer_param ein leeres Tupel für *'upper_bound'* gesetzt wird.
Default: *[]*

'alpha' (*'relu'*, *'elu'*, *'celu'*, *'thresholded_relu'*, *'swish'*, *'hard_sigmoid'*): Float-Wert, der den alpha Parameter von Leaky ReLU, ReLU mit Schwellwert, ELU, Celu, Swish und HardSigmoid-Aktivierung definiert.
Restriktion: Der Wert von *'alpha'* muss positiv oder Null sein für alle Aktivierungen außer für ActivationType *'thresholded_relu'*. Dieser Parameter ist inkompatibel mit *'upper_bound'* für den ActivationType *'relu'*.
Default: *0.2* für *'hard_sigmoid'*, sonst *1.0*

'beta' (*'hard_sigmoid'*): Float-Wert, der den beta Parameter von HardSigmoid definiert.
Default: *0.5*

'min' (*'clip'*): Float-Wert, der den min Parameter einer 'clip'-Aktivierung definiert.

'max' (*'clip'*): Float-Wert, der den max Parameter einer 'clip'-Aktivierung definiert.

'approximate' (*'gelu'*): Durch diesen Wert kann eine approximierte Berechnung ausgewählt werden.
Werteliste: *'tanh'*, *'false'*
Default: *'false'*

'exponent' (*'pow'*): Float-Wert, der den exponent Parameter einer 'pow'-Aktivierung definiert.

Bestimmte Parameter von Layern, die mit create_dl_layer_activation erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit set_dl_model_layer_param gesetzt werden können und welche mit get_dl_model_layer_param oder get_dl_layer_param ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren set_dl_model_layer_param und get_dl_model_layer_param ein Modell benötigen, das mit create_dl_model erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'activation_type' (ActivationType)	x	x
'input_layer' (DLLayerInput)		x
'name' (LayerName)	x	x
'output_layer' (DLLayerActivation)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x
'alpha'	x	x
'beta'	x	x
'upper_bound'	x	x
'min'	x	x
'max'	x	x
'approximate'	x	x
'exponent'	x	x

Parameter

- ▷ **DLLayerInput** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
  Zuführender Layer.
- ▷ **LayerName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Name des Ausgabelayers.
- ▷ **ActivationType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Aktivierungstyp.
  Default: 'relu'
  Werteliste: `ActivationType` ∈ {'relu', 'sigmoid', 'tanh', 'sin', 'cos', 'elu', 'celu', 'gelu', 'thresholded_relu', 'tan', 'sinh', 'cosh', 'swish', 'softplus', 'softsign', 'clip', 'floor', 'ceil', 'round', 'erf', 'abs', 'asin', 'acos', 'atan', 'exp', 'log', 'sqrt', 'reciprocal', 'neg', 'mish', 'pow', 'hard_sigmoid', 'hard_swish'}
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Eingabeparameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'is_inference_output', 'upper_bound', 'alpha', 'beta', 'approximate', 'min', 'max', 'exponent'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Werte der generischen Eingabeparameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false', 'tanh'}
- ▷ **DLLayerActivation** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
  Activation-Layer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_affine_grid (: : DLLayerInput, LayerName, Width, Height, GenParamName, GenParamValue : DLLayerAffineGrid)

Erstellen eines Affine-Grid-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_affine_grid` erzeugt einen Affine-Grid-Layer, der ein 2D-Gitter zurückgibt, welches durch eine affine Transformation bestimmt wird. Das Handle des Affine-Grid-Layers wird in `DLLayerAffineGrid` zurückgegeben. Affine Gitter werden üblicherweise als Abtastgitter an Grid-Sample-Layer übergeben, um affine Transformationen auf Bilder oder Merkmalskarten anzuwenden, siehe `create_dl_layer_grid_sample`.

Der Parameter `DLLayerInput` bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert. Die Eingabe besteht aus einem Batch von affinen 2D-Transformationsmatrizen (Höhe = 2, Breite = 3). Diese werden im Format WHC übergeben, welches für Breite (Width), Höhe (Height) und Kanal (Channels) steht. Der Kanal muss dabei immer 1 sein. Für weitere Informationen zu affinen Transformationen siehe `affine_trans_image_size`.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Die Parameter `Width` und `Height` definieren die Ausgabegröße. Für einen Batch von N affinen Transformationsmatrizen, erzeugt der Affine-Grid-Layer einen Batch von N Gittern der Dimension (`Height`, `Width`, 2). Diese werden im Format CHW (Kanal (Channels), Höhe (Height), Breite (Width)) zurückgegeben.

Durch eine affine Transformationsmatrix

$$\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \end{bmatrix}$$

wird ein Punkt (x, y) eines Bildes der Größe (Width, Height) auf den Punkt (x', y') abgebildet gemäß:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

Dabei bezieht sich x auf die Spaltenkoordinate und y auf die Zeilenkoordinate. Für eine affine Transformationsmatrix eines Eingabe-Batches (b) entsprechen die ausgegebenen Tensorwerte $(b, y, x, 0)$ und $(b, y, x, 1)$ den transformierten Spalten- und Zeilenwerten x' und y' des Punktes (x, y).

Die Gitterpositionen (x, y) werden mit den Ausgabedimensionen Width und Height normiert, um Werte im Bereich von $[-1, 1]$ zu erhalten. Dabei entsprechen die Werte $x = -1$, $y = -1$ dem oberen linken Pixel und $x = 1$, $y = 1$ beschreiben das untere rechte Pixel. Die Extrema beziehen sich auf die Mittelpunkte der Eckpixel.

Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die entsprechenden Werte GenParamValue werden unterstützt:

'is_inference_output': Bestimmt, ob apply_dl_model die Ausgabe dieses Layers im Dictionary DLResultBatch zurückgibt, auch ohne den Layer in Outputs anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Werteliste: *'true'*, *'false'*
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit create_dl_layer_affine_grid erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit set_dl_model_layer_param gesetzt werden können und welche mit get_dl_model_layer_param oder get_dl_layer_param ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren set_dl_model_layer_param und get_dl_model_layer_param ein Modell benötigen, das mit create_dl_model erzeugt wurde.

Layer Parameter	set	get
'input_layer' (DLLayerInput)		x
'name' (LayerName)	x	x
'grid_size' (Width, Height)		x
'output_layer' (DLLayerAffineGrid)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

▷ **DLLayerInput** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Eingabelayer für einen Batch von affinen Transformationsmatrizen der Form [3,2,1].

▷ **LayerName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **Width** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Breite des Gitters.
Default: 256

▷ **Height** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Höhe des Gitters.
Default: 256

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'is_inference_output'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'true', 'false'}

▷ **DLLayerAffineGrid** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Affine-Grid-Layer.

Beispiel

```
* Create affine grid layer for images of size (3,5).
create_dl_layer_input ('input', [3,2,1], [], [], DLLayerInput)
create_dl_layer_affine_grid (DLLayerInput, 'affine_grid', 5, 3, ['is_inference_output'],
*
* Create an affine transformation which represents a translation
* to the right by one pixel.
* As the affine grid layer uses normalized pixel positions in
* the range of [-1,1] the translation value must be normalized
* as well. For Width = 5 the normalized column values are
* [-1, -0.5, 0.0, 0.5, 1.0]. Hence, translating by one pixel
* to the right corresponds to a translation value of 0.5 in
* x-direction.
hom_mat2d_identity (HomMat2DIdentity)
hom_mat2d_translate (HomMat2DIdentity, 0.5, 0, HomMat2DTranslate)
*
* For better visualization add permutation layer to get an
* output image of size (3,5) where the first channel describes
* the transformed (normalized) column coordinates and the second
* channel describes the transformed (normalized) row coordinates.
create_dl_layer_permutation (DLLayerAffineGrid, 'permute', ['height','depth','width','ba
*
* Create and apply dl model
create_dl_model (DLLayerPermutation, DLModelHandle)
DLSample := dict{input: HomMat2DTranslate}
apply_dl_model (DLModelHandle, DLSample, [], DLResultBatch)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_dl_layer_input

Nachfolger

create_dl_layer_grid_sample, create_dl_layer_permutation

Siehe auch

affine_trans_image_size

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_anchors (: : DLLayerInput, DLLayerInputImage, LayerName, AspectRatios, NumSubscales, Angles, GenParamName, GenParamValue : DLLayerAnchors)

Erstellen eines Layer zur Generierung von Anchor-Boxes.

Der Operator create_dl_layer_anchors erzeugt einen Layer zur Generierung von Anchor-Boxes, dessen Handle in DLLayerAnchors zurückgegeben wird.

Der Parameter DLLayerInput bestimmt den zuführenden Eingabelayer, der verwendet wird, um die Breite und Höhe des räumlichen Gitters zu bestimmen, auf dem die Anchors erzeugt werden. Dies kann zum Beispiel der letzte oder ein beliebiger zwischenliegender Merkmalslayer eines CNN sein. Bei der Verwendung von Anchors führt normalerweise derselbe Layer einen Klassifikations- und einen Box-Regressionszweig zu, welche dazu verwendet werden, die Klasse eines jeden Anchors zu bestimmen und seine Form zu verfeinern (siehe auch create_dl_layer_box_proposals und create_dl_layer_box_targets).

Der Parameter DLLayerInputImage bestimmt den zuführenden Eingabelayer der verwendet wird, um den Skalierungsfaktor des Gitters und die Größe der Anchors zu bestimmen. In der Regel ist dies der Bildeingabelayer des Netzwerks. Wenn zum Beispiel die Breite und Höhe von DLLayerInput halb so groß wie die Breite und Höhe von DLLayerInputImage sind, werden das Gitter und die Größe des Anchors mit dem Faktor zwei skaliert. Das Verhältnis zwischen der Größe (Breite und Höhe) von DLLayerInputImage und DLLayerInput muss immer eine Potenz von zwei sein, zum Beispiel 1, 2, 4, 8, 16 und so weiter.

Der Parameter LayerName legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit create_dl_model jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der Parameter AspectRatios bestimmt die Seitenverhältnisse der Anchor-Boxes (Höhe zu Breite für den Typ *'rectangle1'* und length1 zu length2 für den Instanztyp *'rectangle2'*).

Der Parameter NumSubscales bestimmt die Anzahl der verschiedenen Skalierungen bei denen Anchor-Boxes für jedes Seitenverhältnis erzeugt werden. Zur Bestimmung der Anchor-Skalierungen wird die Grundskalierung der Anchor-Boxes, die über den generischen Parameter *'scale'* gegeben ist, mit jeder Subskalierung multipliziert. Die Subskalierungen werden wie folgt berechnet

$$subscale_i = 2^{i/\texttt{NumSubscales}}$$

wobei $i \in [0, \texttt{NumSubscales} - 1]$.

Der Parameter Angles bestimmt die Orientierung der Anchor-Boxes für den Instanztyp *'rectangle2'*. Die Werte müssen in Bogenmaß angegeben werden. Wenn Angles ein leeres Tupel ist, wird der Instanztyp implizit auf *'rectangle1'* gesetzt, wenn nicht anders über den generischen Parameter *'instance_type'* angegeben. Für jeden Punkt im Anchor-Gitter und jede Kombination von Seitenverhältnis, Subskalierung und Winkel wird eine Anchor-Box erzeugt, die das Eingabebild gleichmäßig abdecken. Typischerweise ist der Ausgabelayer DLLayerAnchors ein zuführender Eingabelayer für einen Box-Target- und einen Box-Proposal-Layer, um ein Detektions-Modell zu erstellen. Weitere Informationen zu Anchors und *'instance_type'* sind im Kapitel Deep Learning / Objektdetektion und Instanz-Segmentierung zu finden.

Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die entsprechenden Werte GenParamValue werden unterstützt:

'instance_type': Instanztyp der Anchors. Mögliche Werte:

- *'rectangle1'*: achsenparallele Rechtecke.
- *'rectangle2'*: orientierte Rechtecke.

Default: *'rectangle1'*.

'is_inference_output': Bestimmt, ob apply_dl_model die Ausgabe dieses Layers im Dictionary DLResultBatch zurückgibt, auch ohne den Layer in Outputs anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).

Default: *'false'*

'scale': Grundskalierung der Anchor-Boxes. Siehe die obige Beschreibung für weitere Informationen.

Default: *4.0*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit create_dl_layer_anchors erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit set_dl_model_layer_param gesetzt werden können und welche mit get_dl_model_layer_param oder get_dl_layer_param ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren set_dl_model_layer_param und get_dl_model_layer_param ein Modell benötigen, das mit create_dl_model erzeugt wurde.

Layer-interne Parameter	set	get
'anchor_angles' (Angles)		x
'anchor_aspect_ratios' (AspectRatios)		x
'anchor_num_subscales' (NumSubscales)		x
'input_layer' (DLLayerInput)		x
'name' (LayerName)	x	x
'output_layer' (DLLayerAnchors)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'instance_type'		x
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x
'scale'		x

Parameter

▷ **DLLayerInput** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Zuführender Layer zur Ermittlung der Anchor-Gittergröße.

▷ **DLLayerInputImage** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Zuführender Layer zur Ermittlung der Gitterskalierung und Anchorgröße.

▷ **LayerName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **AspectRatios** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Anchor-Seitenverhältnisse.
Default: [0.5,1.0,2.0]

▷ **NumSubscales** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Anzahl Anchor-Subskalierungen.
Default: 3
Restriktion: NumSubscales > 0

▷ **Angles** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Anchor-Orientierungen.
Default: []

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'scale', 'instance_type', 'is_inference_output'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'rectangle1', 'rectangle2', 'true', 'false'}

▷ **DLLayerAnchors** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Anchors-Layer.

Beispiel

```
* Minimal example for the usage of layers
*  - create_dl_layer_anchors
*  - create_dl_layer_box_proposals
*  - create_dl_layer_box_targets
* for creating a model to perform object detection.
*
* Define the input image layer.
create_dl_layer_input ('image', [224,224,3], [], [], DLLayerInputImage)
* Define the input ground truth box layers.
```

```
create_dl_layer_input ('bbox_row1', [1, 1, 10], ['allow_smaller_tuple'], \
                       ['true'], DLLayerInputRow1)
create_dl_layer_input ('bbox_row2', [1, 1, 10], ['allow_smaller_tuple'], \
                       ['true'], DLLayerInputRow2)
create_dl_layer_input ('bbox_col1', [1, 1, 10], ['allow_smaller_tuple'], \
                       ['true'], DLLayerInputCol1)
create_dl_layer_input ('bbox_col2', [1, 1, 10], ['allow_smaller_tuple'], \
                       ['true'], DLLayerInputCol2)
create_dl_layer_input ('bbox_label_id', [1, 1, 10], \
                       ['allow_smaller_tuple'], ['true'], \
                       DLLayerInputLabelID)
* Concatenate all box coordinates.
create_dl_layer_concat ([DLLayerInputRow1, DLLayerInputCol1, \
                         DLLayerInputRow2, DLLayerInputCol2, \
                         DLLayerInputLabelID], 'gt_boxes', \
                         'height', [], [], DLLayerGTBoxes)
*
* Perform some operations on the input image to extract features.
create_dl_layer_convolution (DLLayerInputImage, 'conv', 3, 1, 1, 32, 1, \
                             'half_kernel_size', 'relu', [], [], \
                             DLLayerConvolution)
create_dl_layer_pooling (DLLayerConvolution, 'pool', 2, 2, 'none', \
                         'maximum', [], [], DLLayerPooling)
*
* Create the anchor boxes.
create_dl_layer_anchors (DLLayerPooling, DLLayerInputImage, 'anchor', \
                         [0.5,1.0,2.0], 3, [], [], [], DLLayerAnchors)
*
* Generate the class and box regression targets for the anchors
* according to the ground truth boxes.
Targets := ['cls_target', 'box_target']
NumClasses := 3
create_dl_layer_box_targets (DLLayerAnchors, DLLayerGTBoxes, [], \
                             Targets, 'anchors', Targets, NumClasses, \
                             [], [], DLLayerClassTarget, _, \
                             DLLayerBoxTarget, _, _, _, _)
*
* For this example, we treat the targets as predictions and
* apply them directly to the anchors to get the ground truth
* boxes as output.
create_dl_layer_box_proposals (DLLayerClassTarget, DLLayerBoxTarget, \
                               DLLayerAnchors, DLLayerInputImage, \
                               'box_proposals', [], [], \
                               DLLayerBoxProposals)
*
* Create the model.
OutputLayers := DLLayerBoxProposals
create_dl_model (OutputLayers, DLModelHandle)
*
* Prepare the model for using it as a detection model.
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'type', 'detection')
ClassIDs := [0,1,2]
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'class_ids', ClassIDs)
*
* Create a sample.
create_dict (DLSample)
gen_image_const (Image, 'real', 224, 224)
gen_circle (Circle, [50., 100.], [50., 120.], [20., 30.])
overpaint_region (Image, Circle, 255, 'fill')
```

```
compose3 (Image, Image, Image, Image)
set_dict_object (Image, DLSample, 'image')
smallest_rectangle1 (Circle, Row1, Col1, Row2, Col2)
set_dict_tuple (DLSample, 'bbox_row1', Row1)
set_dict_tuple (DLSample, 'bbox_row2', Row2)
set_dict_tuple (DLSample, 'bbox_col1', Col1)
set_dict_tuple (DLSample, 'bbox_col2', Col2)
set_dict_tuple (DLSample, 'bbox_label_id', [1,2])
*
* Apply the detection model.
apply_dl_model (DLModelHandle, DLSample, [], DLResult)
*
* Display ground truth and result.
create_dict (DLDatasetInfo)
set_dict_tuple (DLDatasetInfo, 'class_ids', ClassIDs)
set_dict_tuple (DLDatasetInfo, 'class_names', \
                ['class_0', 'class_1', 'class_2'])
create_dict (WindowHandleDict)
dev_display_dl_data (DLSample, DLResult, DLDatasetInfo, \
                     ['image', 'bbox_ground_truth', 'bbox_result'], \
                     [], WindowHandleDict)
stop ()
dev_close_window_dict (WindowHandleDict)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`create_dl_layer_box_targets`, `create_dl_layer_box_proposals`

Modul

Deep Learning Professional

`create_dl_layer_batch_normalization` `( : : DLLayerInput, LayerName, Momentum, Epsilon, Activation, GenParamName, GenParamValue : DLLayerBatchNorm )`

Erstellen eines Batch-Normalization-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_batch_normalization` erzeugt einen Batch-Normalization-Layer, dessen Handle in `DLLayerBatchNorm` zurückgegeben wird. Die Batch-Normalisierung wird verwendet, um die Leistung und Stabilität eines Neuronalen Netzwerks während des Trainings zu verbessern. Der Mittelwert und die Varianz jeder Eingabeaktivierung werden für jeden Batch berechnet und die Eingabewerte werden so transformiert, dass sie einen Mittelwert und eine Einheitsvarianz von Null haben. Außerdem wird eine lineare Skalierungs- und Verschiebungstransformation gelernt. Um alle Samples zu berücksichtigen werden während des Trainings der gleitende Mittelwert und die gleitende Varianz ermittelt. Dies geschieht, indem die pro Batch ermittelten Mittelwerte und Varianzwerte mit einem `Momentum` kombiniert werden:

$$\begin{aligned} running_mean(i) &= (1 - \texttt{Momentum}) * mean(i) + \texttt{Momentum} * running_mean(i-1), \\ running_variance(i) &= (1 - \texttt{Momentum}) * variance(i) + \texttt{Momentum} * running_variance(i-1), \end{aligned}$$

wobei i den Iterationsindex bezeichnet. Um Mittelwert und Varianz zu beeinflussen, können die folgenden Optionen für `Momentum` gesetzt werden:

Zahl: Beispielsweise *0.9*. Dies ist die empfohlene Option.

Restriktion: $0 \leq$ `Momentum` < 1

'auto': Kombiniert Mittelwerte und Varianzwerte durch einen kumulativen gleitenden Durchschnitt. Diese Option sollte nur verwendet werden, wenn die Parameter der vorherigen Layer im Netzwerk konstant bleiben, d.h., eine Lernrate von *0* haben.

'freeze': Stoppt die Anpassung von Mittelwert und Varianz, wodurch ihre Werte fest bleiben. Der Mittelwert und die Varianz werden in diesem Fall während des Trainings verwendet, um einen Batch zu normalisieren, analog zum Modus der Batch-Normalisierung während der Inferenz. Die Parameter der linearen Skalierungs- und Verschiebungstransformation bleiben jedoch lernbar.

`Epsilon` ist ein kleiner Offset zur Varianz, der zur Kontrolle der numerischen Stabilität verwendet wird. Normalerweise sollte sein Standardwert angemessen sein.

Der Parameter `DLLayerInput` bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der Parameter `Activation` bestimmt, ob eine Aktivierung nach der Batch-Normalisierung durchgeführt wird, um die Laufzeit optimieren.

- *'relu'*: führt eine ReLU-Aktivierung nach der Batch-Normalisierung durch.
  Es ist möglich, eine obere Grenze für die ReLU-Operation (siehe `create_dl_layer_activation`) über den generischen Parameter *'upper_bound'* anzugeben. Es ist zu beachten, dass es nicht möglich ist einen Leaky ReLU-Layer zu spezifieren.
- *'none'*: es wird keine Aktivierungsoperation durchgeführt.

Für leaky ReLU-, Sigmoid- oder Tanh-Aktivierungen kann `create_dl_layer_activation` verwendet werden.

Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die entsprechenden Werte `GenParamValue` werden unterstützt:

'bias_filler': Siehe `create_dl_layer_convolution` für eine detaillierte Erläuterung dieses Parameters und seiner Werte.

Werteliste: *'xavier'*, *'msra'*, *'const'*.

Default: *'const'*

'bias_filler_const_val': Konstanter Wert.

Restriktion: *'bias_filler'* muss hierfür auf *'const'* gesetzt sein.

Default: *0*

'bias_filler_variance_norm': Siehe `create_dl_layer_convolution` für eine detaillierte Erläuterung dieses Parameters und seiner Werte.

Werteliste: *'norm_out'*, *'norm_in'*, *'norm_average'* oder konstanter Wert (falls *'bias_filler'* = *'msra'*).

Default: *'norm_in'*

'bias_term': Bestimmt, ob der erstellte Batch-Normalization-Layer einen Bias-Term hat (*'true'*) oder nicht (*'false'*).

Default: *'true'*

'is_inference_output': Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt, auch ohne den Layer in `Outputs` anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).

Default: *'false'*

'learning_rate_multiplier': Multiplikator für die Lernrate für diesen Layer, die beim Training verwendet wird. Wenn *'learning_rate_multiplier'* auf *0.0* gesetzt ist, wird der Layer beim Training übersprungen.

Default: *1.0*

'learning_rate_multiplier_bias': Multiplikator für die Lernrate des Bias-Terms. Die gesamte Bias-Lernrate ist das Produkt aus *'learning_rate_multiplier_bias'* und *'learning_rate_multiplier'*.

Default: *1.0*

'upper_bound': Fließkommawert, der die obere Grenze für die ReLU definiert. Um die obere Grenze aufzuheben, kann *'upper_bound'* auf ein leeres Tupel gesetzt werden.

Default: *[]*

'weight_filler': Siehe `create_dl_layer_convolution` für eine detaillierte Erläuterung dieses Parameters und seiner Werte.

Werteliste: *'xavier'*, *'msra'*, *'const'*.

Default: *'const'*

'weight_filler_const_val': Siehe `create_dl_layer_convolution` für eine detaillierte Erläuterung dieses Parameters und seiner Werte.

Default: *1.0*

'weight_filler_variance_norm': Siehe `create_dl_layer_convolution` für eine detaillierte Erläuterung dieses Parameters und seiner Werte.

Werteliste: *'norm_in'*, *'norm_out'*, *'norm_average'* oder konstanter Wert (falls *'weight_filler'* = *'msra'*).

Default: *'norm_in'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_batch_normalization` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'activation_mode' (`Activation`)		x
'epsilon' (`Epsilon`)		x
'input_layer' (`DLLayerInput`)		x
'momentum' (`Momentum`)	x	x
'name' (`LayerName`)	x	x
'output_layer' (`DLLayerBatchNorm`)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'bias_filler'	x	x
'bias_filler_const_val'	x	x
'bias_filler_variance_norm'	x	x
'bias_term'		x
'is_inference_output'	x	x
'learning_rate_multiplier'	x	x
'learning_rate_multiplier_bias'	x	x
'num_trainable_params'		x
'upper_bound'	x	x
'weight_filler'	x	x
'weight_filler_const_val'	x	x
'weight_filler_variance_norm'	x	x

Parameter

▷ **DLLayerInput** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Zuführender Layer.

▷ **LayerName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **Momentum** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / real
Momentum.
Default: 0.9
Werteliste: `Momentum` ∈ {0.9, 0.99, 0.999, 'auto', 'freeze'}

▷ **Epsilon** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Offset zur Varianz.
Default: 0.0001

▷ **Activation** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Optionale Aktivierungsfunktion.
Default: 'none'
Werteliste: `Activation` ∈ {'none', 'relu'}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'bias_filler', 'bias_filler_variance_norm', 'bias_filler_const_val', 'bias_term', 'is_inference_output', 'learning_rate_multiplier', 'learning_rate_multiplier_bias', 'upper_bound', 'weight_filler', 'weight_filler_variance_norm', 'weight_filler_const_val'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'xavier', 'msra', 'const', 'nearest_neighbor', 'bilinear', 'norm_in', 'norm_out', 'norm_average', 'true', 'false', 1.0, 0.9, 0.0}

▷ **DLLayerBatchNorm** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Batch-Normalization-Layer.

Beispiel

```
create_dl_layer_input ('input', [224,224,3], [], [], DLLayerInput)
* In practice, one typically sets ['bias_term'], ['false'] for a convolution
* that is directly followed by a batch normalization layer.
create_dl_layer_convolution (DLLayerInput, 'conv1', 3, 1, 1, 64, 1, \
                             'none', 'none', ['bias_term'], ['false'], \
                             DLLayerConvolution)
create_dl_layer_batch_normalization (DLLayerConvolution, 'bn1', 0.9, \
                                     0.0001, 'none', [], [], \
                                     DLLayerBatchNorm)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_dl_layer_convolution`

Nachfolger

`create_dl_layer_activation`, `create_dl_layer_convolution`

Literatur

Sergey Ioffe and Christian Szegedy, "Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift,"Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning, (ICML) 2015, Lille, France, 6-11 July 2015, pp. 448–456

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_box_proposals (: : DLLayerClassScore, DLLayerBoxDelta, DLLayerBox, DLLayerInputImage, LayerName, GenParamName, GenParamValue : DLLayerBoxProposals)

Erstellen eines Layer zur Generierung von Box-Proposals.

Der Operator create_dl_layer_box_proposals erzeugt einen Layer zur Generierung von Box-Proposals, dessen Handle in DLLayerBoxProposals zurückgegeben wird.

Dieser Layer erwartet mehrere zuführende Eingabelayer:

- DLLayerClassScore: Enthält den vorhergesagten Score für jede Eingabebox und -klasse,
- DLLayerBoxDelta (optional): Enthält die Box-Delta-Werte die von einem Box-Regressionslayer vorhergesagt wurden (siehe create_dl_layer_box_targets),
- DLLayerBox: Enthält die Eingabeboxkoordinaten und
- DLLayerInputImage: Enthält den Bild-zuführenden Layer des Netzwerks oder einen beliebigen anderen Layer der dieselben Dimensionen (bzgl. Breite und Höhe) aufweist wie die Eingabebilder.

Der Parameter LayerName legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit create_dl_model jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der Box-Proposal-Layer verarbeitet die Eingabe-Boxes in den folgenden Schritten (siehe auch die detaillierte Beschreibung der generischen Parameter weiter unten):

Scores anwenden: Für jedes Eingabefeld in DLLayerBox wird der entsprechende Score in DLLayerClassScore als Box-Konfidenz gesetzt. Wenn DLLayerClassScore Scores für mehr als eine Klasse enthält, wird eine Box für jede Klasse erstellt, bei der der Score den Wert *'min_confidence'* übersteigt und die Klassen-ID, die zum Klassenindex gehört, wird als Ausgabeklassen-ID festgelegt. Alle Boxes mit einem Score kleiner als *'min_confidence'* werden entfernt. Während des Trainings wird der Schwellenwert *'min_confidence_train'* anstelle von *'min_confidence'* verwendet. Ein niedrigerer Wert erlaubt es mehr Boxes an nachfolgende Abschnitte des Netzwerks weiterzuleiten. Die maximal *'max_num_pre_nms'* Boxes pro Eingabe mit dem höchsten Score werden für die folgenden Netzwerkabschnitte behalten.

Box-Deltas anwenden: Wenn Box-Deltas in DLLayerBoxDelta gegeben sind und *'apply_box_regression'* auf *'true'* gesetzt ist, werden Box-Deltas auf die Eingabe-Boxes angewendet, die durch DLLayerBox gegeben sind. Bevor sie angewendet werden, werden die Box-Deltas durch die inverse Funktion transformiert, da ihre Box-Targets in create_dl_layer_box_targets transformiert werden. Koordinaten müssen subpixelgenau angegeben werden. Wenn ein leeres Tupel anDLLayerBoxDelta übergeben wird, werden die Box-Koordinaten wie in DLLayerBox angegeben beibehalten.

Klassenspezifische 'non-maximum suppression' (NMS): Für jede Box *B*, die nicht von einer anderen Box unterdrückt wurde, werden alle anderen Boxes *B'*, die nicht unterdrückt wurden, dieselbe Klassen-ID haben, einen niedrigeren Score haben und einen Quotient aus Schnittmenge und Vereinigungsmenge (IoU, von engl. intersection over union) von mindestens *'max_overlap'* mit *B* haben, unterdrückt.

Klassenagnostische NMS: Für jede Box *B*, die nicht von einer anderen Box unterdrückt wurde, werden alle anderen Boxes *B'*, die nicht unterdrückt wurden, einen niedrigeren Score haben und einen IoU von mindestens *'max_overlap_class_agnostic'* mit *B* haben, unterdrückt.

Ausgabe bestimmen: Nach der Durchführung der NMS, werden von den verbleibenden Boxes die maximal *'max_num_post_nms'* mit den höchsten Scores ausgegeben (Gesamtanzahl über alle Eingaben). Sind dabei weniger als *'max_num_post_nms'* Boxes innerhalb eines Batch-Elements vorhanden, werden die restlichen Ausgabewerte mit Nullen aufgefüllt.

Für jede Box enthält die Ausgabe deren Parameter, ihren Klassenindex und ihren Score in dieser Reihenfolge. Die Box-Parameter sind abhängig von *'instance_type'*: 4 für *'rectangle1'* (row1, column1, row2, column2) bzw. 5 für *'rectangle2'* (row, column, phi, length1, length2). Daher entspricht die Tiefe der Ausgabe der maximalen Anzahl von Boxes pro Batch-Element *'max_num_post_nms'*, die Höhe entspricht der Anzahl der Boxparameter plus zwei (für Klassenindex und Score), und die Breite ist gleich eins. Die subpixel-genauen Koordinaten (pixel-zentriert, siehe Transformationen / 2D-Transformationen) der Ausgabeboxes werden in Bezug auf die Abmessungen des Eingabebildes angegeben.

Nach dem Erzeugen eines Netzes mit `create_dl_model` und dem Setzen des Modelltyps auf *'detection'* über `set_dl_model_param`, wird der letzte Box-Proposal-Layer innerhalb des Netzes als Box-Ausgabelayer verwendet: Dessen Ausgaben werden in Tupeln innerhalb des Ergebnis-Dictionarys des Modells ausgegeben, ähnlich wie die Ausgaben eines Detektion-Modells, das mit `create_dl_model_detection` erstellt wurde. Das Ausgabe-Dictionary enthält:

- Box-Parameter. Abhängig von *'instance_type'* sind die Schlüssel:
  - `'bbox_row1'`, `'bbox_col1'`, `'bbox_row2'` und `'bbox_col2'` für *'instance_type'* = *'rectangle1'*.
  - `'bbox_row'`, `'bbox_col'`, `'bbox_phi'`, `'bbox_length1'` und `'bbox_length2'` für *'instance_type'* = *'rectangle2'*.
- Klassen-IDs. Schlüssel: `'bbox_class_id'`
- Scores. Schlüssel: `'bbox_confidence'`

Für ein erstelltes Modell mit Typ *'detection'* können die folgenden Parameter (siehe deren Erklärung unten) des letzten Box-Proposal-Layers innerhalb des Netzes mit den Operatoren `set_dl_model_param` bzw. `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden:

- *'max_num_detections'* (überschreibt *'max_num_post_nms'*),
- *'max_overlap'*,
- *'max_overlap_class_agnostic'*,
- *'min_confidence'* und
- *'nms_pre_top_n_per_level'* (überschreibt *'max_num_pre_nms'*).

Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die entsprechenden Werte `GenParamValue` werden unterstützt:

'apply_box_regression': Auf *'false'* gesetzt, wird die Box-Regression, also die Verfeinerung der Box-Positionen, nicht durchgeführt.
Default: *'true'*.

'box_cls_specific': Sollte auf *'true'* gesetzt werden, falls die Box-Deltas klassenspezifisch berechnet wurden, siehe `create_dl_layer_box_targets`.
Default: *'false'*.

'clip_boxes': Auf *'true'* gesetzt werden Ausgabeboxes auf den Bildausschnitt zugeschnitten.
Restriktion: Nur für *'instance_type'* = *'rectangle1'*.
Default: *'false'*.

'ignore_direction': Auf *'false'* gesetzt, werden *'rectangle2'*-Boxes im Intervall $(-\pi, \pi]$ orientiert, andernfalls $(-\pi/2, \pi/2]$.
Restriktion: Nur für *'instance_type'* = *'rectangle2'*.
Default: *'false'*.

'input_mode': Typ der zugrunde liegenden Box-Eingaben und Box-Deltas. Folgende Typen können gesetzt werden:

'anchors': Die durch `DLLayerBox` angegebenen Eingabe-Boxes sind Anchors, die z.B. mit `create_dl_layer_anchors` erzeugt wurden. In diesem Fall müssen sowohl die Score-Eingaben als auch die optionalen Box-Delta-Eingaben die gleiche `Breite` und `Höhe` wie die Anchors-Eingaben haben.
Die `Tiefe` der Score-Eingaben ist vom Anchor-Typ und dem Klassenindex abhängig. Wenn also k die Anzahl der Anchor-Typen (die Anzahl Subskalen mal die Anzahl Seitenverhältnisse mal die Anzahl Winkel) ist und n die Anzahl der Klassen, dann ist die `Tiefe` k mal n. Die Reihenfolge ist die gleiche wie bei der Ausgabe der Class-Targets des Box-Targets-Layers, d. h., (Anchor-Typ 0, Klassenindex 0), (Anchor-Typ 0, Klassenindex 1), ..., (Anchor-Typ 0, Klassenindex n-1), ..., (Anchor-Typ k-1, Klassenindex 0), (Anchor-Typ k-1, Klassenindex 1), ..., (Anchor-Typ k-1, Klassenindex n).
Die `Tiefe` der Box-Delta-Eingaben entspricht der Anzahl der Anchor-Typen mal der Anzahl der Box-Parameter (NBP), d.h. k * NBP. NBP hängt von *'instance_type'* ab: 4 für *'rectangle1'* (`row1`, `column1`,

row2, column2) bzw. 5 für *'rectangle2'* (row, column, phi, length1, length2). Die Box-Delta-Eingaben und die Eingabe-Anchors sollten also die gleiche Tiefe aufweisen und in gleicher Weise geordnet sein. Wurde create_dl_layer_box_targets zum Erzeugen der Score- und Box-Delta-Targets verwendet, ist die Reihenfolge automatisch korrekt.
DLLayerBox, DLLayerClassScore, und DLLayerBoxDelta können Tupel von Layern mit gleicher Länge sein, die gleichzeitig verarbeitet werden sollen. Zum Beispiel kann jede Eingabe einer Ebene in einem Merkmalspyramiden-Netzwerk entsprechen (siehe die unten angegebenen Referenzen).

'dense': Die Eingabe-Boxes, die durch DLLayerBox angegebenen werden sind Box-Proposals, die z.B. mit einem anderen Box-Proposal-Layer generiert wurden. In diesem Fall muss die Batchgröße der Score- und Box-Delta-Eingaben gleich der Batchgröße der Box-Eingaben mal der Tiefe der Box-Eingaben sein. Diese Änderung der Batchgröße wird durch einen ROI-Pooling-Layer (create_dl_layer_roi_pooling) erreicht, die die Box-Proposals als Eingabe verwendet.
Die Tiefe der Score-Eingaben ist die Anzahl der Klassen plus eins, da der erste Index als Hintergrundklasse interpretiert wird.
Die Tiefe der Box-Delta-Eingabe ist die Anzahl der Box-Parameter (NBP), wenn *'box_cls_specific'* = *'false'*, oder NBP mal der Anzahl der Klassen, wenn *'box_cls_specific'* = *'true'*. Wurde create_dl_layer_box_targets zum Erzeugen der Score- und Box-Delta-Targets verwendet, ist auch hier die Reihenfolge automatisch korrekt.

Default: *'anchors'*.

'inside_angle_weight': Innengewicht-Multiplikator für Box-Winkelkoordinaten (phi). Box-Winkel-Deltas werden durch diesen Wert geteilt, um die inneren Box-Gewichte in den Box-Targets zu berücksichtigen. Daher sollten die Werte mit den im Box-Targets-Layer eingestellten Werten übereinstimmen.

Restriktion: Nur für *'instance_type' 'rectangle2'*. **Default:** *1.0*.

'inside_center_weight': Innengewicht-Multiplikator für Koordinaten der Boxmitte (Zeile und Spalte). Box-Mittelpunkt-Deltas werden durch diesen Wert geteilt, um die inneren Box-Gewichte im Box-Targets-Layer zu berücksichtigen. Daher sollten die Werte mit den im Box-Targets-Layer eingestellten Werten übereinstimmen.

Default: *1.0*.

'inside_dimension_weight': Innengewicht-Multiplikator für Box-Dimensionen (Breite und Höhe). Die Box-Dimensions-Deltas werden durch diesen Wert geteilt, um die inneren Box-Gewichte im Box-Targets-Layer zu berücksichtigen. Daher sollten die Werte mit den im Box-Targets-Layer eingestellten Werten übereinstimmen.

Default: *1.0*.

'instance_type': Instanztyp der generierten Boxes. Mögliche Werte:

- *'rectangle1'*: achsenparallele Rechtecke.
- *'rectangle2'*: orientierte Rechtecke.

Default: *'rectangle1'*.

'is_inference_output': Bestimmt, ob apply_dl_model die Ausgabe dieses Layers im Dictionary DLResultBatch zurückgibt, auch ohne den Layer in Outputs anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).

Default: *'false'*

'max_num_post_nms': Maximale Anzahl von Erkennungen nach Anwendung von NMS. Wenn die Anzahl der Eingaben in DLLayerClassScore mal *'max_num_pre_nms'* größer ist, wird dieser Wert verwendet.

Restriktion: Der angegebene Wert muss ganzzahlig und positiv sein.

Default: *1000*.

'max_num_pre_nms': Maximale Anzahl von Erkennungen pro DLLayerClassScore-Eingabe, vor der Anwendung von NMS.

Restriktion: Der angegebene Wert muss ganzzahlig und positiv sein.

Default: *10000*.

'max_overlap': Maximal erlaubter Quotient aus Schnittmenge und Vereinigungsmenge (IoU) zweier Boxes der gleichen Klasse. Klassenspezifische NMS kann deaktiviert werden, indem dieser Wert auf *1.0* gesetzt wird.

Default: *0.7*.

'max_overlap_class_agnostic': Maximal erlaubter Quotient aus Schnittmenge und Vereinigungsmenge (IoU) zweier Boxes beliebiger Klassen. Klassenagnostische NMS kann deaktiviert werden, indem dieser Wert auf *1.0* gesetzt wird.

Default: *1.0*.

'max_side_length': Boxes, bei denen mindestens eine der Seitenlänge größer als der gesetzte Schwellenwert sind, werden verworfen.

Mögliche Werte:

'default' **oder** *0.0*: Für *'instance_type' 'rectangle1'* werden die Schwellenwerte für die Höhe der Boxes auf das 1,5-fache der Bildhöhe und die Breite der Boxes auf das 1,5-fache der Bildbreite gesetzt.
Für *'instance_type' 'rectangle2'* wird sowohl für die Breite als auch die Höhe der Boxes der Schwellenwert auf das Zweifache des Maximums von Bildbreite und -höhe gesetzt.

Zahl: Legt die maximal zulässige Seitenlänge manuell fest.

'none': Es wird kein Schwellenwert verwendet.

Restriktion: Muss größer oder gleich Null sein oder *'default'* oder *'none'*.

Default: *'default'*.

'min_confidence': Boxes mit einer Konfidenz kleiner als diesem Wert werden bei der Inferenz verworfen.

Default: *0.5*.

'min_confidence_train': Boxes mit einer Konfidenz kleiner als diesem Wert werden beim Training verworfen.

Default: *0.05*.

'min_side_length': Boxes, bei denen mindestens eine der Seitenlängen kleiner als dieser Wert sind, werden verworfen. **Restriktion:** Muss größer oder gleich Null sein.

Default: *0.0*.

'nms_mode': Legt fest, welche IoU für die Berechnung der NMS verwendet wird. Mögliche Werte:

'exact': Exakte IoU.

'arIoU': Winkelbezogene IoU. Die winkelbezogene IoU ist für zwei *'rectangle2'*-Boxes A und B definiert als der Kosinus ihres Zwischenwinkels mal dem *'rectangle1'* IoU von $\hat{A}$ und B, wobei $\hat{A}$ die an der Box B ausgerichtete Box A ist. Siehe auch `create_dl_layer_box_targets`.

Restriktion: Nur anwendbar für *'instance_type' 'rectangle2'*.

Default: *'exact'*.

'nms_type': Legt fest, welcher Typ von NMS verwendet wird. Mögliche Werte:

'standard': Eine Box wird verworfen, wenn es sich mit einer anderen Box mit höherem Score überschneidet.

'soft': Soft NMS wird angewendet. Das bedeutet, dass eine Box nicht verworfen wird, wenn sie sich mit einer anderen Box mit höherem Score überschneidet. Stattdessen wird ihr Score in Abhängigkeit vom Wert der IoU der besser bewerteten Box reduziert, siehe *'soft_nms_type'* und die unten angegebenen Referenzen.

Default: *'standard'*.

'soft_nms_type': Definiert, wie der Score im Falle von *'nms_type'* = *'soft'* aktualisiert wird. Mögliche Werte:

'linear': Iterativ bewirkt jede Box eine Skalierung der Box-Konfidenzen aller anderen Boxes mit geringerer Konfidenz um einen Faktor von 1 - IoU, falls die IoU der Boxen größer ist als *'max_overlap'* bzw. *'max_overlap_class_agnostic'*.

'gaussian': Iterativ bewirkt jede Box eine Skalierung der Box-Konfidenzen aller anderen Boxes mit geringerer Konfidenz um einen Faktor von

$$e^{-\frac{\mathrm{IoU}^2}{\sigma}}$$

wobei σ durch *'max_overlap'* bzw. *'max_overlap_class_agnostic'* gegeben ist.

Default: *'linear'*.

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_box_proposals` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-interne Parameter	set	get
'input_layer' (DLLayerClassScore, DLLayerBoxDelta, DLLayerBox, and/or DLLayerInputImage)		x
'name' (LayerName)	x	x
'output_layer' (DLLayerBoxProposals)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'apply_box_regression'	x	x
'box_cls_specific'		x
'clip_boxes'	x	x
'has_box_regression_inputs'		x
'ignore_direction'		x
'input_mode'		x
'inside_angle_weight'		x
'inside_center_weight'		x
'inside_dimension_weight'		x
'is_inference_output'	x	x
'instance_type'		x
'max_overlap'	x	x
'max_overlap_class_agnostic'	x	x
'max_num_post_nms'		x
'max_num_pre_nms'	x	x
'max_overlap'	x	x
'max_overlap_class_agnostic'	x	x
'max_num_post_nms'		x
'max_num_pre_nms'	x	x
'max_side_length'	x	x
'min_confidence'	x	x
'min_confidence_train'	x	x
'min_side_length'	x	x
'nms_mode'		x
'nms_type'	x	x
'num_class_ids_no_orientation'		x
'num_trainable_params'		x
'soft_nms_type'	x	x

Parameter

▷ **DLLayerClassScore** (input_control) . . . . . dl_layer(-array) ⇝ *handle*
Zuführende Layer mit Klassifizierungs-Scores.

▷ **DLLayerBoxDelta** (input_control) . . . . . dl_layer(-array) ⇝ *handle*
Zuführende Layer mit Bounding Box-Regressions-Werten.

▷ **DLLayerBox** (input_control) . . . . . dl_layer(-array) ⇝ *handle*
Zuführende Layer mit Anchors oder Eingabe-Box-Proposals.

▷ **DLLayerInputImage** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Zuführende Layer mit Eingabebildern des Netzes.

▷ **LayerName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'apply_box_regression', 'box_cls_specific', 'clip_boxes', 'ignore_direction', 'input_mode', 'inside_angle_weight', 'inside_center_weight', 'inside_dimension_weight', 'instance_type', 'is_inference_output', 'max_num_post_nms', 'max_num_pre_nms', 'max_overlap', 'max_overlap_class_agnostic', 'max_side_length', 'min_side_length', 'min_confidence', 'min_confidence_train', 'nms_mode', 'nms_type', 'soft_nms_type'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'rectangle1', 'rectangle2', 'dense', 'anchors', 'standard', 'soft', 'exact', 'arIoU', 'linear', 'gaussian', 'true', 'false', 'default', 'none', 0.05, 0.5, 1.0, 0.7, 10.0, 5.0, 2000}

▷ **DLLayerBoxProposals** (output_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Box-Proposals-Layer.

Beispiel

```
* Minimal example for the usage of layers
*  - create_dl_layer_box_proposals
*  - create_dl_layer_box_targets
* for creating and training a model to perform object detection.
*
dev_update_off ()
NumClasses := 1
AnchorAspectRatios := 1.0
AnchorNumSubscales := 1
* Define the input image layer.
create_dl_layer_input ('image', [224,224,3], [], [], DLLayerInputImage)
* Define the input ground truth box layers.
create_dl_layer_input ('bbox_row1', [1, 1, 10], ['allow_smaller_tuple'], \
                       ['true'], DLLayerInputRow1)
create_dl_layer_input ('bbox_row2', [1, 1, 10], ['allow_smaller_tuple'], \
                       ['true'], DLLayerInputRow2)
create_dl_layer_input ('bbox_col1', [1, 1, 10], ['allow_smaller_tuple'], \
                       ['true'], DLLayerInputCol1)
create_dl_layer_input ('bbox_col2', [1, 1, 10], ['allow_smaller_tuple'], \
                       ['true'], DLLayerInputCol2)
create_dl_layer_input ('bbox_label_id', [1, 1, 10], \
                       ['allow_smaller_tuple'], ['true'], \
                       DLLayerInputLabelID)
create_dl_layer_class_id_conversion (DLLayerInputLabelID, \
                                     'class_id_conversion', \
                                     'from_class_id', [], [], \
                                     DLLayerClassIdConversion)
* Concatenate all box coordinates.
create_dl_layer_concat ([DLLayerInputRow1, DLLayerInputCol1, \
                         DLLayerInputRow2, DLLayerInputCol2, \
                         DLLayerClassIdConversion], \
                         'gt_boxes', 'height', [], [], DLLayerGTBoxes)
*
* Perform some operations on the input image to extract features.
* -> this serves as our backbone CNN here.
create_dl_layer_convolution (DLLayerInputImage, 'conv1', 3, 1, 2, 8, 1, \
                             'half_kernel_size', 'relu', [], [], \
                             DLLayerConvolution)
create_dl_layer_convolution (DLLayerConvolution, 'conv2', 3, 1, 2, 8, 1, \
                             'half_kernel_size', 'relu', [], [], \
                             DLLayerConvolution)
```

```
create_dl_layer_pooling (DLLayerConvolution, 'pool', 2, 2, 'none', \
                         'maximum', [], [], DLLayerPooling)
*
* Create the anchor boxes -> adapt the scale to fit the object size.
create_dl_layer_anchors (DLLayerPooling, DLLayerInputImage, 'anchor', \
                         AnchorAspectRatios, AnchorNumSubscales, [], \
                         ['scale'], [8], DLLayerAnchors)
*
* Create predictions for the classification and regression of anchors.
* We set the bias such that background is a lot more likely than foreground.
PriorProb := 0.05
BiasInit := -log((1.0 - PriorProb) / PriorProb)
create_dl_layer_convolution (DLLayerPooling, 'cls_logits', 3, 1, 1, \
                             NumClasses, 1, 'half_kernel_size', 'none', \
                             ['bias_filler_const_val'], \
                             [BiasInit], DLLayerClsLogits)
create_dl_layer_convolution (DLLayerPooling, 'box_delta_predictions', 5, 1, \
                             1, 4*|AnchorAspectRatios|*|AnchorNumSubscales|, \
                             1, 'half_kernel_size', 'none', [], [], \
                             DLLayerBoxDeltaPredictions)
*
* Generate the class and box regression targets for the anchors
* according to the ground truth boxes.
* -> we use inside-weights here, they also need to be set in the
*    corresponding box proposals layer later.
Targets := ['cls_target', 'cls_weight', 'box_target', 'box_weight', \
            'num_fg_instances']
create_dl_layer_box_targets (DLLayerAnchors, DLLayerGTBoxes, [], Targets, \
                             'anchors', Targets, NumClasses, \
                             ['inside_center_weight', \
                             'inside_dimension_weight'], [10.0, 5.0], \
                             DLLayerClassTarget, DLLayerClassWeight, \
                             DLLayerBoxTarget, DLLayerBoxWeight, \
                             DLLayerNumFgInstances, _, _)
*
* We use a focal loss for the classification predictions.
create_dl_layer_loss_focal (DLLayerClsLogits, DLLayerClassTarget, \
                            DLLayerClassWeight, DLLayerNumFgInstances, \
                            'loss_cls', 1.0, 2.0, 0.25, \
                            'sigmoid_focal_binary', [], [], DLLayerLossCls)
* We use an L1-loss for the box deltas.
create_dl_layer_loss_huber (DLLayerBoxDeltaPredictions, DLLayerBoxTarget, \
  DLLayerBoxWeight, [], 'loss_box', 1.0, 0.0, [], [], DLLayerLossBox)
*
* Apply sigmoid to class-predictions and compute box outputs.
* --> alternatively, we could directly apply the prediction and set the
*     focal loss mode to 'focal_binary' instead of 'sigmoid_focal_binary'.
create_dl_layer_activation (DLLayerClsLogits, 'cls_probs', 'sigmoid', \
                            [], [], DLLayerClsProbs)
create_dl_layer_box_proposals (DLLayerClsProbs, DLLayerBoxDeltaPredictions, \
                               DLLayerAnchors, DLLayerInputImage, \
                               'anchors', ['inside_center_weight', \
                               'inside_dimension_weight'], [10.0, 5.0], \
                               DLLayerBoxProposals)
*
* Create the model.
OutputLayers := [DLLayerLossCls, DLLayerLossBox, DLLayerBoxProposals]
create_dl_model (OutputLayers, DLModelHandle)
*
```

```
* Prepare the model for using it as a detection model.
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'type', 'detection')
ClassIDs := [2]
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'class_ids', ClassIDs)
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'max_overlap', 0.1)
*
* Create a sample.
create_dict (DLSample)
gen_image_const (Image, 'real', 224, 224)
gen_circle (Circle, [50., 100.], [50., 150.], [20., 20.])
overpaint_region (Image, Circle, [255], 'fill')
compose3 (Image, Image, Image, Image)
set_dict_object (Image, DLSample, 'image')
smallest_rectangle1 (Circle, Row1, Col1, Row2, Col2)
set_dict_tuple (DLSample, 'bbox_row1', Row1)
set_dict_tuple (DLSample, 'bbox_row2', Row2)
set_dict_tuple (DLSample, 'bbox_col1', Col1)
set_dict_tuple (DLSample, 'bbox_col2', Col2)
set_dict_tuple (DLSample, 'bbox_label_id', [2,2])
*
* Train the model for some iterations (heavy overfitting).
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'learning_rate', 0.0001)
Iteration := 0
TotalLoss := 1e6
LossCls := 1e6
LossBox := 1e6
dev_inspect_ctrl ([Iteration, TotalLoss, LossCls, LossBox])
while (TotalLoss > 0.2 and Iteration < 3000)
  train_dl_model_batch (DLModelHandle, DLSample, DLResult)
  get_dict_tuple (DLResult, 'loss_cls', LossCls)
  get_dict_tuple (DLResult, 'loss_box', LossBox)
  get_dict_tuple (DLResult, 'total_loss', TotalLoss)
  Iteration := Iteration + 1
endwhile
dev_close_inspect_ctrl ([Iteration, TotalLoss, LossCls, LossBox])
*
* Apply the detection model.
apply_dl_model (DLModelHandle, DLSample, [], DLResult)
*
* Display ground truth and result.
create_dict (DLDatasetInfo)
set_dict_tuple (DLDatasetInfo, 'class_ids', ClassIDs)
set_dict_tuple (DLDatasetInfo, 'class_names', ['circle'])
create_dict (WindowHandleDict)
dev_display_dl_data (DLSample, DLResult, DLDatasetInfo, \
                     ['image', 'bbox_ground_truth', 'bbox_result'], [], \
                     WindowHandleDict)
stop ()
dev_close_window_dict (WindowHandleDict)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

create_dl_layer_box_targets, create_dl_layer_roi_pooling, create_dl_layer_anchors

Literatur

Tsung-Yi Lin, Piotr Dollàr, Ross B. Girshick, Kaiming He, Bharath Hariharan, and Serge J. Belongie, "Feature Pyramid Networks for Object Detection,"2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Honolulu, HI, USA, 2017, pp. 936–944, doi: 10.1109/CVPR.2017.106.,

Navaneeth Bodla, Bharat Singh, Rama Chellappa, and Larry S. Davis, SSoft-NMS - Improving Object Detection with One Line of Code,"2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Venice, Italy, 2017, pp. 5562–5570, doi: 10.1109/ICCV.2017.593.

Modul

Deep Learning Professional

```
create_dl_layer_box_targets ( : : DLLayerBoxProposal, DLLayerGTBox,
    DLLayerGTMask, LayerNames, InputMode, OutputModes, NumClasses,
    GenParamName, GenParamValue : DLLayerBoxTargetsClsTarget,
    DLLayerBoxTargetsClsWeight, DLLayerBoxTargetsBoxTarget,
    DLLayerBoxTargetsBoxWeight, DLLayerBoxTargetsNumFgInstances,
    DLLayerBoxTargetsAssignedIdxs, DLLayerBoxTargetsMaskWeight )
```

Erstellen eines Layers zur Generierung von Box-Targets.

Der Operator `create_dl_layer_box_targets` erzeugt Layer zur Generierung von Box-Targets und gibt die entsprechenden Layer-Handles zurück, siehe unten. Diese generierten Box-Targets können z.B. zur Box-Klassifikation oder in einem Box-Regression-Loss verwendet werden.

Dieser Layer erwartet mehrere zuführende Eingabelayer:

- `DLLayerBoxProposal`: Enthält die Boxes, für die die Targets berechnet werden sollen.
- `DLLayerGTBox`: Enthält die Ground-Truth-Boxes für alle Bilder innerhalb dieses Batches.
- `DLLayerGTMask` (optional): Enthält die Ground-Truth-Masken für alle Bilder innerhalb dieses Batches.
  Diese Eingabe ist erforderlich, wenn das Modell auch Instanzmasken vorhersagt (vgl. `OutputModes` *'mask_weight'*). Andernfalls, wenn Instanzmasken nicht von Interesse sind, kann ein leeres Tupel gesetzt werden.

Abhängig von `OutputModes` werden unterschiedliche Ausgabelayer aus `DLLayerBoxProposal` abgeleitet und für jeden davon muss in `LayerNames` ein Name angegeben werden. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss. Die Länge von `LayerNames` muss der Länge in `OutputModes` mal der Länge von `DLLayerBoxProposal` entsprechen. Layer, die für alle Ebenen gelten und daher nicht für jede Ebene ausgegeben werden (vergleiche den entsprechenden Eintrag in der Beschreibung von `OutputModes`), werden von dieser Multiplikation ausgenommen und einzeln aufaddiert. `LayerNames` sollte in der Reihenfolge angegeben werden, die den Ausgabelayern entspricht, also `DLLayerBoxTargetsClsTarget`, `DLLayerBoxTargetsClsWeight`, `DLLayerBoxTargetsBoxTarget`, `DLLayerBoxTargetsBoxWeight`, `DLLayerBoxTargetsNumFgInstances`, `DLLayerBoxTargetsAssignedIdxs`, `DLLayerBoxTargetsMaskWeight`.

Beispiel: für zwei Ebenen (2,3) und `OutputModes` = *['cls_target', 'cls_weight', 'num_fg_instances']*: *['cls_t_l2', 'cls_t_l3', 'cls_w_l2', 'cls_w_l3', 'num_fg_instances']*.

Bestimmung der erwarteten Eingaben

Der Parameter `InputMode` bestimmt die Art der erwarteten Eingaben in `DLLayerBoxProposal`. Die folgenden Werte sind möglich:

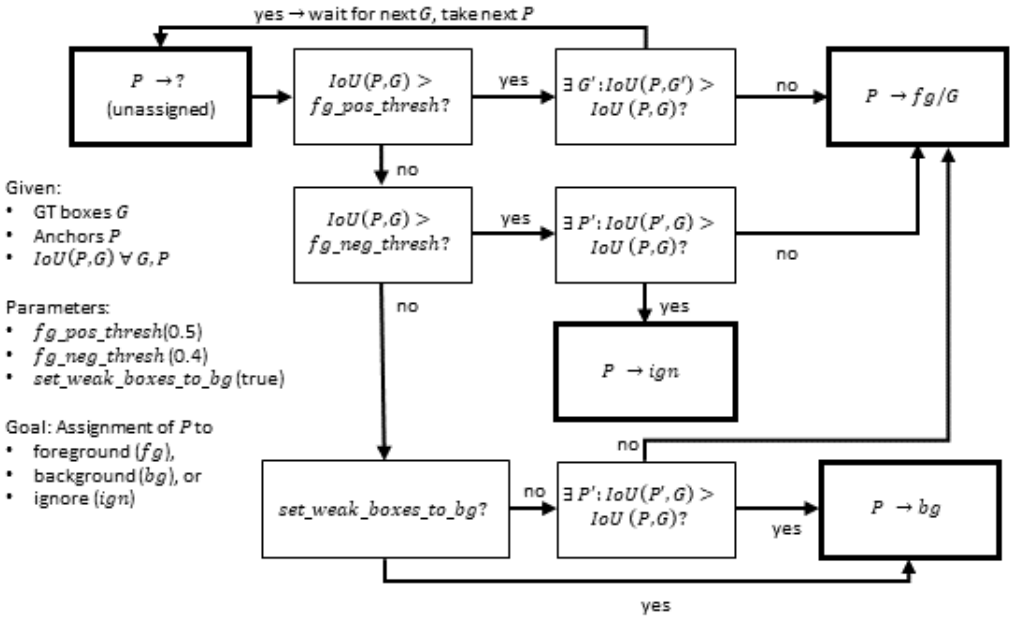
'anchors': Die Eingabe-Boxes in `DLLayerBoxProposal` sollen Anchors sein, z.B. aus einem Anchors-Layer, der mit `create_dl_layer_anchors` erzeugt wurde. In `DLLayerBoxProposal` können Anchors aus mehreren Merkmalskarten angegeben werden.

'box_proposals': Die Eingabe-Boxes in `DLLayerBoxProposal` sollen Box-Proposals sein, z.B. aus einem Box-Proposal-Layer, der mit `create_dl_layer_box_proposals` erzeugt wurde.

Bestimmung der zu berechnenden Ausgaben

Abhängig von `OutputModes` werden die folgenden Loss-Targets berechnet:

'cls_target': Die Zielklasse für jede Eingabe-Box. Im folgenden Schema sind die Regeln für die Zuweisung der Eingabe-Boxes zu den Ground-Truth-Boxes oder dem Hintergrund dargestellt.



Schema zur Zuordnung der Eingabe-Boxen: Im Allgemeinen wird das Target auf das Klassenlabel einer Ground-Truth-Box (Vordergrund) gesetzt, wenn die IoU mit der Ground-Truth-Box über *'fg_pos_thresh'* liegt oder wenn die IoU über *'fg_neg_thresh'* liegt und es keine andere Box mit höherem IoU gibt. Das Target wird auf *0* (Hintergrund) gesetzt, wenn die IoU mit allen Ground-Truth-Boxes unter *'fg_neg_thresh'* liegt und auf *-1* (ignorieren), wenn die IoU über *'fg_neg_thresh'* liegt und es eine andere Box mit höherem IoU gibt. Wenn jedoch *'set_weak_boxes_to_bg'* auf *'false'* gesetzt ist, wird auch diese Box einer Ground-Truth-Box zugeordnet, sofern sie die größte IoU mit der entsprechenden Ground-Truth-Box erzielt und diese IoU größer Null ist.

Die Class-Targets hängen von `InputMode` ab:

- *'anchors'* Die Class-Targets sind One-Hot-kodiert gegeben und damit geeignet für einen Focal-Loss-Layer (`create_dl_layer_loss_focal`).
- *'box_proposals'*: Die Class-Targets werden als Klassenindex gegeben und sind damit geeignet für einen Softmax- gefolgt von einem Cross-Entropy-Layer (`create_dl_layer_softmax`, `create_dl_layer_loss_cross_entropy`).

'cls_weight': Das Class-Loss-Gewicht für jede Eingabe-Box. Klassengewichte und Klassenziele haben die gleiche Form, so dass sie zusammen als zuführende Layer für den Class-Loss verwendet werden können. Die Klassengewichte werden in Abhängigkeit von den Class-Targets gesetzt (siehe *'cls_target'* oben). Für Vorder- und Hintergrund-Boxes wird das Gewicht auf *1.0* gesetzt, während für zu ignorierende Boxes das Gewicht auf *0.0* gesetzt wird, so dass diese Boxes bei der Loss-Berechnung nicht berücksichtigt werden. Wenn `InputMode` *'box_proposals'* ist, werden die Gewichte für alle Boxes mit der Fläche Null auf *0* gesetzt.

'box_target': Für alle Boxes, die dem Vordergrund zugeordnet werden (siehe *'cls_target'* oben), werden die Box-Delta-Targets als Koordinatendifferenzen zu den zugeordneten Ground-Truth-Boxes berechnet, so dass sie als Eingaben für einen nachfolgenden Loss-Layer, z.B. ein Huber-Loss-Layer (`create_dl_layer_loss_huber`), verwendet werden können. Für Hintergrund- oder zu ignorierende Boxes werden die Targets auf *0* gesetzt. Die Box-Delta-Targets hängen von *'instance_type'* ab:

- *'rectangle1'*: Die Box-Delta-Targets (r, c, w, h) werden folgendermaßen berechnet:

$$\begin{aligned} t_r &= i_x(p_r - gt_r)/gt_h \\ t_c &= i_x(p_c - gt_c)/gt_w \\ t_w &= i_d \log(p_w/gt_w) \end{aligned}$$

$$t_h = i_d \log(p_h / gt_h),$$

wobei p die Eingabeboxparameter und gt die Ground-Truth-Boxparameter sind.

- *'rectangle2'*: Die Box-Delta-Targets $(r, c, p, l1, l2)$ werden folgendermaßen berechnet:

$$\begin{aligned} t_r &= i_x 2(p_r - gt_r)/(gt_{l1} + gt_{l2}) \\ t_c &= i_x 2(p_c - gt_c)/(gt_{l1} + gt_{l2}) \\ t_p &= i_p((gt_p - p_p) + dt) \\ t_{l1} &= i_d \log(p_{l1}/gt_{l1}) \\ t_{l2} &= i_d \log(p_{l2}/gt_{l2}), \end{aligned}$$

wobei p die Eingabeboxparameter, gt die Ground-Truth-Boxparameter und (i_x, i_d, i_p) die mit *'inside_center_weight'*, *'inside_dimension_weight'* und *'inside_angle_weight'* gegebenen Innengewichte sind. dt korrigiert den Winkel in das entsprechende Intervall, das davon abhängt, ob die Richtung des Objekts innerhalb der Box berücksichtigt wird. Dieses Verhalten wird durch den Parameter *'ignore_direction'* bestimmt, siehe `get_dl_model_param` und unten. Wenn *'ignore_direction'* *'false'* ist, haben die Boxes Orientierungen im Bereich $(-\pi, \pi]$, sonst im Bereich $(-\pi/2, \pi/2]$.

'box_weight': Für alle Boxes, die dem Vordergrund zugeordnet werden (siehe *'cls_target'* oben), werden die Gewichte auf *'center_weight'* für (r, c), *'dimension_weight'* für (w, h) oder $(l1, l2)$ (je nach *'instance_type'*) und *'angle_weight'* für p gesetzt, sonst auf 0.0.

'num_fg_instances': Diese Ausgabe enthält einen Skalar mit der Anzahl der Vordergrund-Boxes (siehe *'cls_target'* oben) des gesamten Eingabe-Batches. Er kann z.B. als Normalisierungswert innerhalb eines nachfolgenden Focal-Loss-Layers (`create_dl_layer_loss_focal`) verwendet werden. Es ist zu beachten, dass der gleiche Ausgabewert für alle Elemente innerhalb eines Batches gegeben wird. Es ist außerdem zu beachten, dass es auch bei mehreren Anchor-Stufen nur einen Ausgabelayer `DLLayerBoxTargetsNumFgInstances` gibt.

'assigned_idxs': Diese Ausgabe enthält den Index der zugewiesenen Ground-Truth-Box für alle Vordergrund-Boxes (siehe *'cls_target'* oben). Für alle anderen Boxes wird der Ausgabewert auf -1 gesetzt. Dieser Modus ist nur verfügbar für `InputMode` *'box_proposals'*. Die Ausgabe kann zur Berechnung von Masken-Targets genutzt werden, wobei ein ROI-Pooling-Layer (`create_dl_layer_roi_pooling`) auf die Ground-Truth-Masken angewendet wird.

'mask_weight': Diese Ausgabe enthält die Gewichte für einen nachfolgenden Mask-Prediction-Loss (siehe z.B. `create_dl_layer_loss_distance`). Jeder Kanal hat die Dimensionen *'mask_width'* mal *'mask_height'*. In jedem Kanal in dem der entsprechend zugeordnete Index (siehe *'assigned_idxs'* oben) größer oder gleich *0.0* ist, werden alle Werte auf *1.0* gesetzt, ansonsten auf *0.0*. Das Maskengewicht wird ebenso auf *0.0* gesetzt, wenn eine Ground-Truth-Box-Instanz keine Ground-Truth-Maske enthält. Dies ermöglicht das Trainieren mit Datensätzen, bei denen nicht alle Boxes auch mit Instanzmasken annotiert sind.

Doppelte Einträge in `OutputModes` werden ignoriert. Wenn eine leere Liste angegeben wird, werden alle verfügbaren Optionen aktiviert.

Weitere Spezifikationen

`NumClasses` soll auf die Anzahl der Klassen gesetzt werden, die im Datensatz (ohne Hintergrund) enthalten sind, oder auf *1*, wenn die Class-Targets für den Ausgabemodus *'cls_target'* klassenagnostisch berechnet werden sollen. Dies ist z.B. in einem Region-Proposal-Netzwerk der Fall, das die erste Stufe der Faster R-CNN-Architektur bildet (siehe Referenzen unten). In diesem letzteren Fall werden alle Ground-Truth-Boxes als zu einer einzigen Kategorie 'Objekt' zugehörig interpretiert.

Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die entsprechenden Werte `GenParamValue` werden unterstützt:

'angle_weight': Außengewicht-Multiplikator für Box-Winkel (phi), der für die Ausgabe von *'box_weight'* verwendet wird.

Restriktion: Nur anwendbar für *'instance_type'* *'rectangle2'*.

Default: *1.0*.

'box_cls_specific': Bestimmt, ob die *'box_target'* und *'box_weight'* Ausgaben klassenspezifisch sind (*'true'*) oder nicht (*'false'*). Wenn ja, werden die Targets und Gewichte nur innerhalb des `Tiefe`-Index gesetzt, der der Zielklasse entspricht.

Restriktion: Nur anwendbar auf `InputMode` *'box_proposals'* und wenn `OutputModes` *'box_target'* verwendet wird.

Default: *'false'*.

'center_weight': Außengewicht-Multiplikator für die Box-Mittelpunkt-Koordinaten (r, c), der für die Ausgabe von *'box_weight'* verwendet wird.

Default: *1.0*.

'dimension_weight': Außengewicht-Multiplikator für die Box-Dimensionen (w, h) (für *'instance_type' 'rectangle1'*) und $(l1, l2)$ (für *'instance_type' 'rectangle2'*), der für die Ausgabe von *'box_weight'* verwendet wird.

Default: *1.0*.

'fg_neg_thresh': Negativer Schwellenwert für den Vordergrund. Anchors, die zu jeder Ground-Truth-Box eine IoU kleiner als diesem Schwellenwert haben, werden dem Hintergrund zugewiesen. Über *'set_weak_boxes_to_bg'* kann gesteuert werden, ob dennoch ein Anchor einer Vordergrund-Klasse zugeordnet werden soll (siehe unten). Siehe obiges Schema für detaillierte Erklärungen.

Default: *0.4*.

'fg_pos_thresh': Positiver Schwellenwert für den Vordergrund. Anchors, die zu irgendeiner Ground-Truth-Box ein IoU größer oder gleich diesem Schwellenwert haben werden dem Vordergrund zugewiesen. Siehe obiges Schema für detaillierte Erklärungen.

Default: *0.5*.

'ignore_direction': Bestimmt, ob die Boxes vom Typ *'rectangle2'* die Richtung des Objekts innerhalb der Box beachten:

- *'true'*: Die Orientierung der *'rectangle2'*-Boxes liegt im Bereich $(-\pi/2, \pi/2]$.
- *'false'*: Die Orientierung der *'rectangle2'*-Boxes liegt im Bereich $(-\pi, \pi]$.

Restriktion: Nur anwendbar für *'instance_type' 'rectangle2'*.

Default: *'false'*.

'inside_angle_weight': Innengewicht-Multiplikator für die Box-Winkel (phi), der für die Ausgabe von *'box_target'* verwendet wird.

Restriktion: Nur anwendbar für *'instance_type' 'rectangle2'*.

Default: *1.0*.

'inside_center_weight': Innengewicht-Multiplikator für die Box-Mittelpunkt-Koordinaten (r, c), der für die Ausgabe von *'box_target'* verwendet wird.

Default: *1.0*.

'inside_dimension_weight': Innengewicht-Multiplikator für die Box-Dimensionen (w, h) (für *'instance_type' 'rectangle1'*) und (l1, l2) (für *'instance_type' 'rectangle2'*), der für die Ausgabe von *'box_target'* verwendet wird.

Default: *1.0*.

'instance_type': Instanztyp der Boxes. Mögliche Werte:

- *'rectangle1'*: achsenparallele Rechtecke.
- *'rectangle2'*: orientierte Rechtecke.

Default: *'rectangle1'*.

'is_inference_output': Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt, auch ohne den Layer in `Outputs` anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).

Default: *'false'*

'mask_cls_specific': Legt fest, ob die Ausgabe von *'mask_weight'* klassenspezifisch angegeben wird. Für *'true'* wird die die Ausgabe von *'mask_weight'* so angegeben, dass nur das Gewicht in der Zielklasse (entsprechend dem `Tiefe`-Index) auf *1* gesetzt wird.

Restriktion: Nur anwendbar, wenn `OutputModes` *'mask_weight'* verwendet wird.

Default: *'false'*.

'mask_height': Ausgabehöhe des Maskengewichtslayers im Ausgabemodus *'mask_weight'*.

Default: *1*.

'mask_width': Ausgabebreite des Maskengewichtslayers im Ausgabemodus *'mask_weight'*.

Default: *1*.

'max_num_samples': Maximale Anzahl von zufällig ausgewählten Targets mit Gewichten, die auf einen Wert größer als *0* eingestellt sind, pro Batch-Element.

Restriktion: Nur für `InputMode` *'box_proposals'*.

Default: *256*.

'ratio_num_fg': Zielverhältnis von Vordergrund- zu Hintergrund-Boxes bei zufälligem Box-Sampling. Mit *'cls_weight' = 1* ist die maximale Anzahl an Vordergrund-Vorschlägen *'max_num_samples'* mal *'ratio_num_fg'*. Die verbleibenden bis zu *'max_num_samples'* Vorschläge sind Hintergrund-Vorschläge, falls so viele vorhanden sind.

Restriktion: Nur für `InputMode` *'box_proposals'*.

Default: *0.25*.

'set_weak_boxes_to_bg': Bestimmt, ob vorhergesagte Boxes eine IoU größer als *'fg_neg_thresh'* erreichen müssen, um möglicherweise einer Ground-Truth-Box zugeordnet zu werden oder ob diese automatisch dem Hintergrund zugeordnet werden (siehe obiges Schema):

- *'true'*: Anchors mit einem IoU kleiner *'fg_neg_thresh'* werden automatisch dem Hintergrund zugeordnet.
- *'false'*: mindestens die vorhergesagte Box mit der höchsten IoU wird als Vordergrund und damit als positives Beispiel gesetzt, unabhängig vom IoU-Wert.

Default: *'false'*.

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_box_targets` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-interne Parameter	set	get
'input_layer' (`DLLayerBoxProposal`, `DLLayerGTBox`, `DLLayerGTMask`)		x
'name' (`LayerNames`)	x	x
'output_layer' (`DLLayerBoxTargetsClsTarget`, `DLLayerBoxTargetsClsWeight`)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'angle_weight'	x	x
'box_cls_specific'		x
'center_weight'	x	x
'dimension_weight'		x
'fg_neg_thresh'	x	x
'fg_pos_thresh'	x	x
'ignore_direction'		x
'input_mode' (InputMode)		x
'inside_angle_weight'		x
'inside_center_weight'		x
'inside_dimension_weight'		x
'is_inference_output'	x	x
'instance_type'		x
'mask_cls_specific'	x	x
'mask_height'	x	x
'mask_width'	x	x
'max_num_samples'	x	x
'num_classes' (NumClasses)	x	x
'num_trainable_params'		x
'ratio_num_fg'	x	x
'set_weak_boxes_to_bg'	x	x

Parameter

▷ **DLLayerBoxProposal** (input_control) . . . . . dl_layer(-array) ⇝ *handle*
Zuführende Layer mit Box-Proposals oder Anchors für die Targets berechnet werden sollen.

▷ **DLLayerGTBox** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Zuführende Layer mit Ground-Truth-Boxes.

▷ **DLLayerGTMask** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Zuführende Layer mit Ground-Truth-Masken (optional).

▷ **LayerNames** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Namen der Ausgabelayer.

▷ **InputMode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Modus der Eingabe-Boxes.
Default: 'box_proposals'
Werteliste: InputMode ∈ {'anchors', 'box_proposals'}

▷ **OutputModes** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Modi welche Ausgaben berechnet werden sollen.
Werteliste: OutputModes ∈ {'cls_target', 'cls_weight', 'box_target', 'box_weight', 'num_fg_instances', 'assigned_idxs', 'mask_weight'}

▷ **NumClasses** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Anzahl Klassen.
Restriktion: NumClasses > 0

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'angle_weight', 'box_cls_specific', 'center_weight', 'dimension_weight', 'fg_neg_thresh', 'fg_pos_thresh', 'ignore_direction', 'inside_angle_weight', 'inside_center_weight', 'inside_dimension_weight', 'instance_type', 'is_inference_output', 'mask_cls_specific', 'mask_height', 'mask_width', 'max_num_samples', 'ratio_num_fg', 'set_weak_boxes_to_bg'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'rectangle1', 'rectangle2', 'true', 'false', 0.4, 0.5, 256, 0.25, 1.0, 7,

14}

▷ **DLLayerBoxTargetsClsTarget** (output_control) ..... dl_layer(-array) ⇝ *handle*
Class-Target-Layer.

▷ **DLLayerBoxTargetsClsWeight** (output_control) ..... dl_layer(-array) ⇝ *handle*
Klassengewichts-Layer.

▷ **DLLayerBoxTargetsBoxTarget** (output_control) ..... dl_layer(-array) ⇝ *handle*
Box-Target-Layer.

▷ **DLLayerBoxTargetsBoxWeight** (output_control) ..... dl_layer(-array) ⇝ *handle*
Box-Weight-Layer.

▷ **DLLayerBoxTargetsNumFgInstances** (output_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
NumFgInstances-Layer.

▷ **DLLayerBoxTargetsAssignedIdxs** (output_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Layer der zugewiesenen Indizes.

▷ **DLLayerBoxTargetsMaskWeight** (output_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Mask-Weight-Layer.

Beispiel

```
* Minimal example for the usage of layers
*  - create_dl_layer_box_proposals
*  - create_dl_layer_box_targets
* for creating and training a model to perform object detection.
*
dev_update_off ()
NumClasses := 1
AnchorAspectRatios := 1.0
AnchorNumSubscales := 1
* Define the input image layer.
create_dl_layer_input ('image', [224,224,3], [], [], DLLayerInputImage)
* Define the input ground truth box layers.
create_dl_layer_input ('bbox_row1', [1, 1, 10], ['allow_smaller_tuple'], \
                       ['true'], DLLayerInputRow1)
create_dl_layer_input ('bbox_row2', [1, 1, 10], ['allow_smaller_tuple'], \
                       ['true'], DLLayerInputRow2)
create_dl_layer_input ('bbox_col1', [1, 1, 10], ['allow_smaller_tuple'], \
                       ['true'], DLLayerInputCol1)
create_dl_layer_input ('bbox_col2', [1, 1, 10], ['allow_smaller_tuple'], \
                       ['true'], DLLayerInputCol2)
create_dl_layer_input ('bbox_label_id', [1, 1, 10], \
                       ['allow_smaller_tuple'], ['true'], \
                       DLLayerInputLabelID)
create_dl_layer_class_id_conversion (DLLayerInputLabelID, \
                                     'class_id_conversion', \
                                     'from_class_id', \
                                     [], [], DLLayerClassIdConversion)
* Concatenate all box coordinates.
create_dl_layer_concat ([DLLayerInputRow1, DLLayerInputCol1, \
                         DLLayerInputRow2, DLLayerInputCol2, \
                         DLLayerClassIdConversion], 'gt_boxes', 'height', \
                         [], [], DLLayerGTBoxes)
*
* Perform some operations on the input image to extract features.
* -> this serves as our backbone CNN here.
create_dl_layer_convolution (DLLayerInputImage, 'conv1', 3, 1, 2, 8, 1, \
                             'half_kernel_size', 'relu', [], [], \
                             DLLayerConvolution)
create_dl_layer_convolution (DLLayerConvolution, 'conv2', 3, 1, 2, 8, 1, \
                             'half_kernel_size', 'relu', [], [], \
                             DLLayerConvolution)
```

```
create_dl_layer_pooling (DLLayerConvolution, 'pool', 2, 2, 'none', \
                         'maximum', [], [], DLLayerPooling)
*
* Create the anchor boxes -> adapt the scale to fit the object size.
create_dl_layer_anchors (DLLayerPooling, DLLayerInputImage, 'anchor', \
                         AnchorAspectRatios, AnchorNumSubscales, [], \
                         ['scale'], [8], DLLayerAnchors)
*
* Create predictions for the classification and regression of anchors.
* We set the bias such that background is a lot more likely than foreground.
PriorProb := 0.05
BiasInit := -log((1.0 - PriorProb) / PriorProb)
create_dl_layer_convolution (DLLayerPooling, 'cls_logits', 3, 1, 1, \
                             NumClasses, 1, 'half_kernel_size', 'none', \
                             ['bias_filler_const_val'], \
                            [BiasInit], DLLayerClsLogits)
create_dl_layer_convolution (DLLayerPooling, 'box_delta_predictions', 5, 1, \
                            1, 4*|AnchorAspectRatios|*|AnchorNumSubscales|, \
                            1, 'half_kernel_size', 'none', [], [], \
                            DLLayerBoxDeltaPredictions)
*
* Generate the class and box regression targets for the anchors
* according to the ground truth boxes.
* -> we use inside-weights here, they also need to be set in the
*    corresponding box proposals layer later.
Targets := ['cls_target', 'cls_weight', 'box_target', 'box_weight', \
            'num_fg_instances']
create_dl_layer_box_targets (DLLayerAnchors, DLLayerGTBoxes, [], Targets, \
                             'anchors', Targets, NumClasses, \
                             ['inside_center_weight', \
                             'inside_dimension_weight'], [10.0, 5.0], \
                             DLLayerClassTarget, DLLayerClassWeight, \
                             DLLayerBoxTarget, DLLayerBoxWeight, \
                             DLLayerNumFgInstances, _, _)
*
* We use a focal loss for the classification predictions.
create_dl_layer_loss_focal (DLLayerClsLogits, DLLayerClassTarget, \
                            DLLayerClassWeight, DLLayerNumFgInstances, \
                            'loss_cls', 1.0, 2.0, 0.25, \
                            'sigmoid_focal_binary', [], [], DLLayerLossCls)
* We use an L1-loss for the box deltas.
create_dl_layer_loss_huber (DLLayerBoxDeltaPredictions, DLLayerBoxTarget, \
                            DLLayerBoxWeight, [], 'loss_box', 1.0, 0.0, \
                            [], [], DLLayerLossBox)
*
* Apply sigmoid to class-predictions and compute box outputs.
* --> alternatively, we could directly apply the prediction and set the
*     focal loss mode to 'focal_binary' instead of 'sigmoid_focal_binary'.
create_dl_layer_activation (DLLayerClsLogits, 'cls_probs', 'sigmoid', \
                            [], [], DLLayerClsProbs)
create_dl_layer_box_proposals (DLLayerClsProbs, DLLayerBoxDeltaPredictions, \
                               DLLayerAnchors, DLLayerInputImage, \
                               'anchors', ['inside_center_weight', \
                               'inside_dimension_weight'], [10.0, 5.0], \
                               DLLayerBoxProposals)
*
* Create the model.
OutputLayers := [DLLayerLossCls, DLLayerLossBox, DLLayerBoxProposals]
create_dl_model (OutputLayers, DLModelHandle)
```

```
*
* Prepare the model for using it as a detection model.
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'type', 'detection')
ClassIDs := [2]
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'class_ids', ClassIDs)
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'max_overlap', 0.1)
*
* Create a sample.
create_dict (DLSample)
gen_image_const (Image, 'real', 224, 224)
gen_circle (Circle, [50., 100.], [50., 150.], [20., 20.])
overpaint_region (Image, Circle, [255], 'fill')
compose3 (Image, Image, Image, Image)
set_dict_object (Image, DLSample, 'image')
smallest_rectangle1 (Circle, Row1, Col1, Row2, Col2)
set_dict_tuple (DLSample, 'bbox_row1', Row1)
set_dict_tuple (DLSample, 'bbox_row2', Row2)
set_dict_tuple (DLSample, 'bbox_col1', Col1)
set_dict_tuple (DLSample, 'bbox_col2', Col2)
set_dict_tuple (DLSample, 'bbox_label_id', [2,2])
*
* Train the model for some iterations (heavy overfitting).
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'learning_rate', 0.0001)
Iteration := 0
TotalLoss := 1e6
LossCls := 1e6
LossBox := 1e6
dev_inspect_ctrl ([Iteration, TotalLoss, LossCls, LossBox])
while (TotalLoss > 0.2 and Iteration < 3000)
  train_dl_model_batch (DLModelHandle, DLSample, DLResult)
  get_dict_tuple (DLResult, 'loss_cls', LossCls)
  get_dict_tuple (DLResult, 'loss_box', LossBox)
  get_dict_tuple (DLResult, 'total_loss', TotalLoss)
  Iteration := Iteration + 1
endwhile
dev_close_inspect_ctrl ([Iteration, TotalLoss, LossCls, LossBox])
*
* Apply the detection model.
apply_dl_model (DLModelHandle, DLSample, [], DLResult)
*
* Display ground truth and result.
create_dict (DLDatasetInfo)
set_dict_tuple (DLDatasetInfo, 'class_ids', ClassIDs)
set_dict_tuple (DLDatasetInfo, 'class_names', ['circle'])
create_dict (WindowHandleDict)
dev_display_dl_data (DLSample, DLResult, DLDatasetInfo, \
                     ['image', 'bbox_ground_truth', 'bbox_result'], \
                     [], WindowHandleDict)
stop ()
dev_close_window_dict (WindowHandleDict)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_dl_layer_convolution, create_dl_layer_anchors, create_dl_layer_box_proposals

Nachfolger

create_dl_layer_box_proposals, create_dl_layer_loss_focal, create_dl_layer_loss_huber

Siehe auch

create_dl_layer_box_proposals, create_dl_layer_loss_focal, create_dl_layer_loss_huber

Literatur

Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross B. Girshick, and Jian Sun, "Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks,"IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume 39, Number 6, pp. 1137–1149, 2017, doi: 10.1109/TPAMI.2016.2577031.

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_class_id_conversion (: : DLLayerInput, LayerName, ConversionMode, GenParamName, GenParamValue : DLLayerClassIdConversion)

Erstellen eines Klassen-ID-Konvertierungslayers.

Der Operator create_dl_layer_class_id_conversion erzeugt einen Klassen-ID-Konvertierungslayer, dessen Handle in DLLayerClassIdConversion zurückgegeben wird. Der Layer konvertiert zwischen den intern vom Netz verwendeten IDs und den Ziel-/Ausgabeklassen-IDs.

Das Netzwerk verwendet intern fortlaufende ganzzahlige Werte beginnend bei 0 als IDs (die Anzahl der Werte ist abhängig vom Modelltyp). Falls die Ziel-/Ausgabeklassen-IDs von den internen IDs abweichen, kann dieser Layer verwendet werden, um diese zu konvertieren. Die Ziel-/Ausgabeklassen-IDs werden in dem Modellparameter *'class_ids'* gespeichert (siehe get_dl_model_param für weitere Informationen zu diesem Parameter). Wenn keine *'class_ids'* gesetzt sind, kopiert dieser Layer die Eingabe in die Ausgabe.

Der Parameter ConversionMode gibt die Konvertierungsrichtung an und kann folgende Werte annehmen:

- *'from_class_id'*: Konvertiert Ziel-/Ausgabeklassen-IDs in interne IDs. Dieser Modus wird typischerweise nach einem Ziel-Eingabelayer verwendet.
- *'to_class_id'*: Konvertiert interne IDs in Ziel-/Ausgabeklassen-IDs. Dieser Modus wird typischerweise nach einem Inferenz-Ausgabelayer verwendet.

Der Parameter DLLayerInput bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter LayerName legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit create_dl_model jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die entsprechenden Werte GenParamValue werden unterstützt:

'is_inference_output': Bestimmt, ob apply_dl_model die Ausgabe dieses Layers im Dictionary DLResultBatch zurückgibt, auch ohne den Layer in Outputs anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit create_dl_layer_class_id_conversion erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit set_dl_model_layer_param gesetzt werden können und welche mit get_dl_model_layer_param oder get_dl_layer_param ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren set_dl_model_layer_param und get_dl_model_layer_param ein Modell benötigen, das mit create_dl_model erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'input_layer' (DLLayerInput)		x
'name' (LayerName)	x	x
'output_layer' (DLLayerClassIdConversion)		x
'shape'		x
'to_class_id' (ConversionMode)		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

- ▷ **DLLayerInput** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
  Zuführender Layer.
- ▷ **LayerName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Name des Ausgabelayers.
- ▷ **ConversionMode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Richtung der Klassen-ID-Konvertierung.
  Default: 'from_class_id'
  Werteliste: ConversionMode ∈ {'from_class_id', 'to_class_id'}
- ▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Eingabeparameter.
  Default: []
  Werteliste: GenParamName ∈ {'is_inference_output'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Werte der generischen Eingabeparameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **DLLayerClassIdConversion** (output_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
  Klassen-ID-Konvertierungslayer.

Beispiel

```
* Example demonstrating the usage of
* create_dl_layer_class_id_conversion.
*
dev_update_off ()
set_system ('seed_rand', 42)
*
* Create simple segmentation model.
NumClasses := 3
InputShape := [32, 32, 3]
*
* Input feeding layers.
create_dl_layer_input ('image', InputShape, [], [], DLLayerInput)
create_dl_layer_input ('target', [InputShape[0],InputShape[1],1], [], [], \
                       DLLayerTarget)
create_dl_layer_class_id_conversion (DLLayerTarget, 'target_internal', \
                                     'from_class_id', [], [], \
                                     DLLayerTargetInternal)
* Feature extraction layers.
create_dl_layer_convolution (DLLayerInput, 'conv1', 3, 1, 1, 32, 1, \
                             'half_kernel_size', 'relu', [], [], \
                             DLLayerConv1)
create_dl_layer_convolution (DLLayerConv1, 'conv2', 3, 1, 1, 32, 1, \
```

```
                              'half_kernel_size', 'relu', [], [], \
                              DLLayerConv2)
* Output generation layers.
create_dl_layer_convolution (DLLayerConv2, 'conv_final', 1, 1, 1, \
                              NumClasses, 1, 'none', 'none', [], [], \
                              DLLayerConvFinal)
create_dl_layer_softmax (DLLayerConvFinal, 'softmax', [], [], \
                         DLLayerSoftMax)
create_dl_layer_depth_max (DLLayerSoftMax, 'output_internal', \
                           'argmax', [], [], DLLayerOutputInternal, _)
create_dl_layer_class_id_conversion (DLLayerOutputInternal, 'output', \
                                     'to_class_id', [], [], DLLayerOutput)
* Loss layer.
create_dl_layer_loss_cross_entropy (DLLayerSoftMax, DLLayerTargetInternal, \
                                    [], 'loss', 1.0, [], [], DLLayerLoss)
*
* Create the model.
create_dl_model ([DLLayerOutput, DLLayerLoss], DLModelHandle)
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'type', 'segmentation')
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'runtime', 'cpu')
*
* Test model on dummy example data.
read_image (Image, 'claudia')
zoom_image_size (Image, Image, InputShape[0], InputShape[1], 'constant')
convert_image_type (Image, Image, 'real')
*
* Fill target image with specific target class IDs.
ClassIDs := [42, 17, 5]
gen_image_const (Target, 'real', InputShape[0], InputShape[1])
paint_region (Target, Target, Target, ClassIDs[0], 'fill')
gen_rectangle1 (RectClass1, 1, 3, 16, 27)
paint_region (RectClass1, Target, Target, ClassIDs[1], 'fill')
gen_rectangle1 (RectClass2, 19, 1, 30, 30)
paint_region (RectClass2, Target, Target, ClassIDs[2], 'fill')
*
* Set class IDs in the model.
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'class_ids', ClassIDs)
*
* Create test sample.
create_dict (DLSample)
set_dict_object (Image, DLSample, 'image')
set_dict_object (Target, DLSample, 'target')
*
* Train model for a few iterations. Note that training would not
* work without the first class ID conversion layer 'target_internal'.
for Idx := 1 to 100 by 1
    train_dl_model_batch (DLModelHandle, DLSample, DLTrainResult)
endfor
*
* Apply model on test image. With the second class ID conversion
* layer 'output', the image now contains values according to the
* target IDs in segmentation_image.
apply_dl_model (DLModelHandle, DLSample, [], DLApplyResult)
get_dict_object (SegmentationImage, DLApplyResult, 'output')
dev_display (SegmentationImage)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_concat (: : DLLayerInputs, LayerName, Axis, GenParamName, GenParamValue : DLLayerConcat)

Erstellen eines Konkatenations-Layers.

Der Operator create_dl_layer_concat erstellt einen Konkatenations-Layer, der die Datentensoren der Eingabelayer zu einem einzelnen Datentensor verkettet, und gibt dessen Handle in DLLayerConcat zurück.

Der Parameter DLLayerInputs bestimmt die zuführenden Eingabelayer. Dieser Layer erwartet mindestens einen Layer als Eingabe.

Der Parameter LayerName legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit create_dl_model jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der Parameter Axis gibt an, entlang welcher Dimension die Eingaben konkateniert werden sollen. Die unterstützten Optionen für Axis sind:

'batch': Die Verkettung erfolgt entlang der Batch-Dimension.
Beispiel: wenn zwei Eingaben *A* und *B* der Form (h, w, d, b) = (1, 1, 1, 2) verkettet werden, wobei *A* = [*A0*, *A1*] und *B* = [*B0*, *B1*], erhält man [*A0*, *A1*, *B0*, *B1*] mit der Form (1, 1, 1, 4).

'batch_interleaved': Die Verkettung geschieht entlang der Tiefe-Dimension, aber die Ausgabe wird so umgeformt, als ob die Daten entlang der Batch-Dimension verkettet wären. Für diese Dimension müssen alle Eingaben genau die gleiche Form haben. Es gilt für Batchgröße = *1*, dass die Konkatenationen für *'batch'* und *'batch_interleaved'* identisch sind.
Beispiel: wenn zwei Eingaben *A* und *B* der Form (h, w, d, b) = (1, 1, 1, 2) verkettet werden, wobei *A* = [*A0*, *A1*] und *B* = [*B0*, *B1*], erhält man die Ausgabe [*A0*, *B0*, *A1*, *B1*] mit der Form (1, 1, 1, 4).

'depth': Die Verkettung erfolgt entlang der Tiefe-Dimension.
Beispiel: wenn zwei Eingaben *A* und *B* der Form (h, w, d, b) = (1, 1, 1, 2) verkettet werden, wobei *A* = [*A0*, *A1*] und *B* = [*B0*, *B1*], erhält man die Ausgabe [*A0*, *A1*, *B0*, *B1*] mit der Form (1, 1, 2, 2).

'height': Die Verkettung erfolgt entlang der Höhe-Dimension.

'width': Die Verkettung wird entlang der Breite-Dimension.

Beachten Sie, dass alle nicht verketteten Dimensionen für alle Eingabedatentensoren gleich sein müssen.

Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die entsprechenden Werte GenParamValue werden unterstützt:

'is_inference_output': Bestimmt, ob apply_dl_model die Ausgabe dieses Layers im Dictionary DLResultBatch zurückgibt, auch ohne den Layer in Outputs anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit create_dl_layer_concat erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit set_dl_model_layer_param gesetzt werden können und welche mit get_dl_model_layer_param oder get_dl_layer_param ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren set_dl_model_layer_param und get_dl_model_layer_param ein Modell benötigen, das mit create_dl_model erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'input_layer' (DLLayerInputs)		x
'name' (LayerName)	x	x
'output_layer' (DLLayerConcat)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

▷ **DLLayerInputs** (input_control) ..... dl_layer(-array) ⇝ *handle*
Zuführende Eingabelayer.

▷ **LayerName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **Axis** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Dimension entlang derer die Eingabelayer verkettet werden.
Default: 'depth'
Werteliste: `Axis` ∈ {'batch', 'batch_interleaved', 'depth', 'height', 'width'}

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'is_inference_output'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false'}

▷ **DLLayerConcat** (output_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Konkatenations-Layer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

```
create_dl_layer_convolution ( : : DLLayerInput, LayerName,
    KernelSize, Dilation, Stride, NumKernel, Groups, Padding,
    Activation, GenParamName, GenParamValue : DLLayerConvolution )
```

Erstellen eines Faltungs-Layers (Convolutional Layers).

Der Operator `create_dl_layer_convolution` erzeugt einen Faltungs-Layer (Convolutional Layer) mit `NumKernel` Kernels in `Groups` Filtergruppen, dessen Handle in `DLLayerConvolution` zurückgegeben wird.

Der Parameter `DLLayerInput` bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der Parameter `KernelSize` spezifiziert den Filterkernel in den Dimensionen `Breite` und `Höhe`.

Der Parameter `Dilation` gibt die Dimensionen `Breite` und `Höhe` der Filterdilatation an.

Der Parameter `Stride` gibt an, wie der Filter verschoben wird.

Die Werte für `KernelSize`, `Dilation` und `Stride` können gesetzt werden als

- ein einzelner Wert, der für beide Dimensionen verwendet wird
- ein Tupel `[Breite, Höhe]`, bzw. `[Spalte, Zeile]`.

Der Parameter Groups gibt die Anzahl der Filtergruppen an.

Der Parameter NumKernel gibt die Anzahl der Filterkernel an. NumKernel muss ein Vielfaches von Groups sein.

Der Parameter Padding bestimmt das Padding, also wie viele Pixel mit dem Wert 0 an den Rand des zu verarbeitenden Eingabebildes hinzugefügt werden. Unterstützte Werte sind:

- *'half_kernel_size'*: Die Anzahl der hinzugefügten Pixel hängt von der angegebenen KernelSize ab. Genauer gesagt wird sie berechnet als $\lfloor \texttt{KernelSize}/2 \rfloor$, wobei für das Auffüllen an der linken / rechten Grenze die in KernelSize bestimmte Breite berücksichtigt wird und für das Auffüllen an der oberen / unteren Grenze die Höhe aus KernelSize.
- *'none'*: Es werden keine Pixel hinzugefügt.
- Anzahl der Pixel: Gibt die Anzahl der Pixel an, die an jedem Rand hinzugefügt werden. Dazu werden die folgenden Tupellängen unterstützt:
  - Einzelne Zahl: Padding in alle vier Richtungen links/rechts/oben/unten.
  - Zwei Zahlen: Padding links/rechts und oben/unten: [l/r, o/u].
  - Vier Zahlen: Padding links, rechts, oben, unten: [l,r,o,u].
    Restriktion: *'runtime' 'gpu'* unterstützt kein asymmetrisches Padding, d.h., dass die Padding-Werte für die linke und rechte Seite gleich sein müssen, ebenso wie die Padding-Werte für die obere und untere Seite.

  Restriktion: Die ganzzahligen Padding-Werte müssen kleiner sein als der für KernelSize eingestellte Wert in der entsprechenden Dimension.

Die Ausgabedimensionen des Faltungs-Layer sind gegeben durch

$$output_dim = \left\lfloor \frac{input_dim + 2(padding_begin + padding_end)}{\texttt{Stride}} - \frac{\texttt{KernelSize} + (\texttt{KernelSize} - 1)(\texttt{Dilation} - 1)}{\texttt{Stride}} \right\rfloor + 1$$

Dabei werden folgende Werte verwendet: $output_dim$: Ausgabebreite/-höhe, $input_dim$: Eingabebreite/-höhe, $padding_begin$: Anzahl der links/oben zum Eingabebild hinzugefügten Pixel und $padding_end$: Anzahl der rechts/unten zum Eingabebild hinzugefügten Pixel.

Der Parameter Activation bestimmt, ob eine Aktivierung nach der Faltung durchgeführt wird, um die Laufzeit zu optimieren. Die folgenden Werte werden unterstützt:

- *'relu'*: führt eine ReLU-Aktivierung nach der Faltung durch.
- *'sigmoid'*: führt eine Sigmoid-Aktivierung nach der Faltung durch.
- *'tanh'*: führt eine Tanh-Aktivierung nach der Faltung durch.
  Es ist möglich, eine obere Grenze für die ReLU-Operation (siehe create_dl_layer_activation) über den generischen Parameter *'upper_bound'* anzugeben.
- *'none'*: es wird keine Aktivierung durchgeführt. Zu beachten: Eine Spezifizierung eines Leaky ReLU-Layer ist nicht möglich.

Wir verweisen auf „Solution Guide on Classification" für weitere allgemeine Informationen über Faltungs-Layer und die unten folgende Referenz für detailliertere Informationen über die Arithmetik des Layers.

Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die entsprechenden Werte GenParamValue werden unterstützt:

'bias_filler': Siehe *'weight_filler'* für eine Erklärung der Werte.
Werteliste: *'xavier'*, *'msra'*, *'const'*.
Default: *'const'*

'bias_filler_variance_norm': Siehe *'weight_filler_variance_norm'* für eine Erklärung der Werte.
Werteliste: *'norm_in'*, *'norm_out'*, *'norm_average'*.
Default: *'norm_in'*

'bias_filler_const_val': Legt den Initialisierungswert der konstanten Bias-Terme fest, wenn *'bias_filler'* = *'const'*.
Restriktion: Wird bei anderen Werten von *'bias_filler'* ignoriert.
Default: *0*

'bias_term': Bestimmt, ob der erzeugte Faltungs-Layer einen Bias-Term hat (*'true'*) oder nicht (*'false'*).
Default: *'true'*

'is_inference_output': Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt, auch ohne den Layer in `Outputs` anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

'learning_rate_multiplier': Multiplikator für die Lernrate für diesen Layer, die beim Training verwendet wird. Wenn *'learning_rate_multiplier'* auf *0.0* gesetzt ist, wird der Layer beim Training übersprungen.
Default: *1.0*

'learning_rate_multiplier_bias': Multiplikator für die Lernrate des Bias-Terms. Die gesamte Bias-Lernrate ist das Produkt aus *'learning_rate_multiplier_bias'* und *'learning_rate_multiplier'*.
Default: *1.0*

'upper_bound': Fließkommawert, der die obere Grenze für die ReLU definiert. Um die obere Grenze aufzuheben, kann *'upper_bound'* auf ein leeres Tupel gesetzt werden.
Default: *[]*

'weight_filler': Dieser Parameter definiert den Modus, wie die Gewichte initialisiert werden. Die folgenden Werte werden unterstützt:

- *'const'*: Die Gewichte werden mit konstanten Werten gefüllt.
- *'msra'*: Die Gewichte werden aus einer Gaußschen Verteilung gezogen.
- *'xavier'*: Die Gewichte werden aus einer stetigen Gleichverteilung gezogen.

Default: *'xavier'*

'weight_filler_const_val': Gibt den Initialisierungswert des konstanten Gewichts an. **Restriktion:** Nur für *'weight_filler'* = *'const'*.
Default: *0.5*

'weight_filler_variance_norm': Dieser Parameter bestimmt den Wertebereich für *'weight_filler'*. Die folgenden Werte werden unterstützt:

- *'norm_average'*: die Werte basieren auf dem Durchschnitt der Eingabe- und Ausgabegröße
- *'norm_in'*: die Werte basieren auf der Eingabegröße
- *'norm_out'*: die Werte basieren auf der Ausgabegröße.

Default: *'norm_in'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_convolution` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-Parameters	set	get
'activation_mode' (Activation)		x
'dilation' (Dilation)		x
'groups' (Groups)		x
'input_depth'		x
'input_layer' (DLLayerInput)		x
'kernel_size' (KernelSize)		x
'name' (LayerName)	x	x
'num_kernels' (NumKernel)		x
'output_layer' (DLLayerConvolution)		x
'padding' (Padding)		x
'padding_type' (Padding)		x
'shape'		x
'stride' (Stride)		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'bias_filler'	x	x
'bias_filler_const_val'	x	x
'bias_filler_variance_norm'	x	x
'bias_term'		x
'is_inference_output'	x	x
'learning_rate_multiplier'	x	x
'learning_rate_multiplier_bias'	x	x
'num_trainable_params'		x
'upper_bound'	x	x
'weight_filler'	x	x
'weight_filler_const_val'	x	x
'weight_filler_variance_norm'	x	x

Parameter

▷ **DLLayerInput** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Zuführender Layer.

▷ **LayerName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **KernelSize** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer*
Breite und Höhe des Filterkernels.
Default: 3

▷ **Dilation** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer*
Größe der Filterdilatation für Breite und Höhe.
Default: 1

▷ **Stride** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer*
Schrittweite des Filters in Breiten- und Höhenrichtung.
Default: 1

▷ **NumKernel** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Anzahl Filterkernel.
Default: 64

▷ **Groups** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Anzahl Filtergruppen.
Default: 1

▷ **Padding** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *string* / integer
Padding-Typ oder spezifische Padding-Größe.
Default: 'none'
Werteliste: `Padding` ∈ {'none', 'half_kernel_size', [all], [width,height], [left,right,top,bottom]}
Wertevorschläge: `Padding` ∈ {'none', 'half_kernel_size'}

▷ **Activation** (input_control) ..... number ⇝ *string*
Optionale ReLU, Sigmoid oder Tanh Aktivierungen.
Default: 'none'
Werteliste: `Activation` ∈ {'none', 'relu', 'sigmoid', 'tanh'}

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'weight_filler', 'weight_filler_variance_norm', 'weight_filler_const_val', 'bias_filler', 'bias_filler_variance_norm', 'bias_filler_const_val', 'bias_term', 'is_inference_output', 'learning_rate_multiplier', 'learning_rate_multiplier_bias', 'upper_bound'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'xavier', 'msra', 'const', 'nearest_neighbor', 'bilinear', 'norm_in', 'norm_out', 'norm_average', 'true', 'false', 1.0, 0.9, 0.0}

▷ **DLLayerConvolution** (output_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Faltungs-Layer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Literatur

V. Dumoulin, F. Visin: "A guide to convolution arithmetic for deep learning", 2018, http://arxiv.org/abs/1603.07285

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_dense (: : DLLayerInput, LayerName, NumOut, GenParamName, GenParamValue : DLLayerDense)

Erstellen eines Dense-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_dense` erzeugt einen Dense- oder Fully-connected Layer (manchmal auch gemm genannt) mit `NumOut` Ausgabeneuronen, dessen Handle in `DLLayerDense` zurückgegeben wird.

Der Parameter `DLLayerInput` bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die entsprechenden Werte `GenParamValue` werden unterstützt:

'bias_filler': Siehe `create_dl_layer_convolution` für eine detaillierte Erklärung dieses Parameters und seiner Werte.
Werteliste: *'xavier'*, *'msra'*, *'const'*.
Default: *'const'*

'bias_filler_const_val': Konstanter Wert, wenn *'bias_filler'* = *'const'*.
Default: *0*

'bias_filler_variance_norm': Siehe `create_dl_layer_convolution` für eine detaillierte Erklärung dieses Parameters und seiner Werte.

Werteliste: *'norm_out'*, *'norm_in'*, *'norm_average'* oder konstanter Wert (in Kombination mit *'bias_filler'* = *'msra'*).

Default: *'norm_in'*

'bias_term': Bestimmt, ob der erzeugte Layer `DLLayerDense` einen Bias-Term hat (*'true'*) oder nicht (*'false'*).

Default: *'true'*

'is_inference_output': Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt, auch ohne den Layer in `Outputs` anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).

Default: *'false'*

'learning_rate_multiplier': Multiplikator für die Lernrate dieses Layers, die beim Training verwendet wird. Wenn *'learning_rate_multiplier'* auf *0.0* gesetzt ist, wird der Layer beim Training übersprungen.

Default: *1.0*

'learning_rate_multiplier_bias': Multiplikator für die Lernrate des Bias-Terms. Die gesamte Bias-Lernrate ist das Produkt aus *'learning_rate_multiplier_bias'* und *'learning_rate_multiplier'*.

Default: *1.0*

'weight_filler': Siehe `create_dl_layer_convolution` für eine detaillierte Erklärung dieses Parameters und seiner Werte.

Werteliste: *'xavier'*, *'msra'*, *'const'*.

Default: *'xavier'*

'weight_filler_const_val': Siehe `create_dl_layer_convolution` für eine detaillierte Erklärung dieses Parameters und seiner Werte.

Default: *0.5*

'weight_filler_variance_norm': Siehe `create_dl_layer_convolution` für eine detaillierte Erklärung dieses Parameters und seiner Werte.

Werteliste: *'norm_in'*, *'norm_out'*, *'norm_average'* oder konstanter Wert (in Kombination mit *'bias_filler'* = *'msra'*).

Default: *'norm_in'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_dense` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'input_layer' (`DLLayerInput`)		x
'name' (`LayerName`)	x	x
'neurons_in'		x
'neurons_out' (`NumOut`)		x
'output_layer' (`DLLayerDense`)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'bias_filler'	x	x
'bias_filler_const_val'	x	x
'bias_filler_variance_norm'	x	x
'bias_term'		x
'is_inference_output'	x	x
'learning_rate_multiplier'	x	x
'learning_rate_multiplier_bias'	x	x
'num_trainable_params'		x
'weight_filler'	x	x
'weight_filler_const_val'	x	x
'weight_filler_variance_norm'	x	x

Parameter

▷ **DLLayerInput** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Zuführender Layer.

▷ **LayerName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **NumOut** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Anzahl Ausgabeneuronen.
Default: 100

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'weight_filler', 'weight_filler_variance_norm', 'weight_filler_const_val', 'bias_filler', 'bias_filler_variance_norm', 'bias_filler_const_val', 'bias_term', 'is_inference_output', 'learning_rate_multiplier', 'learning_rate_multiplier_bias'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'xavier', 'msra', 'const', 'nearest_neighbor', 'bilinear', 'norm_in', 'norm_out', 'norm_average', 'true', 'false', 1.0, 0.9, 0.0}

▷ **DLLayerDense** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Dense-Layer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_depth_max (: : DLLayerInput, LayerName, DepthMaxMode, GenParamName, GenParamValue : DLLayerDepthMaxArg, DLLayerDepthMaxValue)

Erstellen eines Depth-Max-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_depth_max` erzeugt einen Depth-Max-Layer.

Der Parameter `DLLayerInput` bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Es gibt zwei mögliche Ausgabelayer abhängig von `DepthMaxMode`:

- DLLayerDepthMaxArg: Handle eines Depth-Max-Layers mit Modus *'argmax'*.
- DLLayerDepthMaxValue: Handle eines Depth-Max-Layers mit Modus *'value'*.

Beachten Sie, dass diese Parameter nur gesetzt werden müssen, wenn ein solcher Ausgabelayer angefordert wird (siehe DepthMaxMode).

Der Parameter LayerName definiert den Namen des/der Ausgabelayer abhängig von DepthMaxMode:

- *'argmax'*: Name von DLLayerDepthMaxArg.
- *'value'*: Name von DLLayerDepthMaxValue.
- *'argmax_and_value'*: Name von DLLayerDepthMaxArg, während der Layer DLLayerDepthMaxValue denselben Namen mit dem Suffix *'_value'* erhält.

Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit create_dl_model jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der Modus DepthMaxMode gibt an, welcher Depth-Max-Wert tatsächlich als Ausgabe zurückgegeben wird. Die folgenden Werte werden unterstützt:

'argmax': *newline* Der Tiefe-Index des maximalen Wertes wird in DLLayerDepthMaxArg zurückgegeben.

'value': *newline* Der Maximalwert selbst wird in DLLayerDepthMaxValue zurückgegeben.

'argmax_and_value': *newline* Beide Werte werden zurückgegeben, der Tiefe-Index des Maximalwertes im Ausgabelayer DLLayerDepthMaxArg und der Maximalwert selbst im Ausgabelayer DLLayerDepthMaxValue.

Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die entsprechenden Werte GenParamValue werden unterstützt:

'is_inference_output': Bestimmt, ob apply_dl_model die Ausgabe dieses Layers im Dictionary DLResultBatch zurückgibt, auch ohne den Layer in Outputs anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit create_dl_layer_depth_max erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit set_dl_model_layer_param gesetzt werden können und welche mit get_dl_model_layer_param oder get_dl_layer_param ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren set_dl_model_layer_param und get_dl_model_layer_param ein Modell benötigen, das mit create_dl_model erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'input_layer' (DLLayerInput)		x
'mode' (DepthMaxMode)	x	x
'name' (LayerName)	x	x
'output_layer' (DLLayerDepthMaxArg oder/und DLLayerDepthMaxValue)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'		x
'num_trainable_params'		x

Parameter

- ▷ **DLLayerInput** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
  Zuführender Layer.
- ▷ **LayerName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Name des Ausgabelayers.
- ▷ **DepthMaxMode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Modus der die Art des Ausgabewerts bestimmt.
  Default: 'argmax'
  Werteliste: `DepthMaxMode` ∈ {'argmax', 'value', 'argmax_and_value'}
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Eingabeparameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'is_inference_output'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Werte der generischen Eingabeparameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **DLLayerDepthMaxArg** (output_control) . . . . . dl_layer(-array) ⇝ *handle*
  Optional, Depth-Max-Layer mit dem Index des maximalen Wertes.
- ▷ **DLLayerDepthMaxValue** (output_control) . . . . . dl_layer(-array) ⇝ *handle*
  Optional, Depth-Max-Layer mit dem maximalen Wert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

```
create_dl_layer_depth_to_space ( : : DLLayerInput, LayerName,
    BlockSize, Mode, GenParamName,
    GenParamValue : DLLayerDepthToSpace )
```

Erstellen eines Depth-To-Space-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_depth_to_space` erzeugt einen Depth-To-Space-Layer, dessen Handle in `DLLayerDepthToSpace` zurückgegeben wird.

Der Parameter `DLLayerInput` bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Dieser Layer ordnet die Elemente der Eingabe mit der Form $(N, C * r^2, H, W)$ zu einem Tensor der Form $(N, C, H * r, W * r)$ um. Dabei kann r als Faktor zur Hochskalierung betrachtet werden, welcher mit `BlockSize` gesetzt wird.

Das Ausgabeelement $(depth, row, col)$ ergibt sich aus dem Eingabeelement $(depth * r^2 + (row\%r) * r + col\%r, row/r, col/r)$.

Mit `Mode` wird die Reihenfolge im Ausgabetensor bestimmt. Gegenwärtig ist nur die oben beschriebene Reihenfolge *'column_row_depth'* verfügbar.

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_depth_to_space` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'input_layer' (DLLayerInput)		x
'name' (LayerName)	x	x
'block_size' (BlockSize)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

▷ **DLLayerInput** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Zuführender Layer.

▷ **LayerName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **BlockSize** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
Blockgröße (d.h. Faktor zur Hochskalierung).
Default: 3

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Modus für die Reihenfolge in der Ausgabe.
Default: 'column_row_depth'

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'is_inference_output'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'true', 'false'}

▷ **DLLayerDepthToSpace** (output_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Depth-To-Space-Layer.

Beispiel

```
InputShape := [16, 16, 3]
Upscale := 2
*
create_dl_layer_input ('input', InputShape, [], [], DLLayerInput)
* Create a convolutional layer, that generates Upscale^2*NumChannel feature maps.
create_dl_layer_convolution (DLLayerInput, 'conv1', 3, 1, 1,\
                             Upscale * Upscale * InputShape[2],\
                             1, 'half_kernel_size', 'none',\
                             [],  [], DLLayerConvolution)
* Use a depth to space layer to combine Upscale^2 feature maps to upscale.
create_dl_layer_depth_to_space (DLLayerConvolution, 'upscaled', Upscale,\
                                'column_row_depth',[], [],\
                                DLLayerDepthToSpace)
* The output shape of DLLayerDepthToSpace is now [16*Upscale, 16*Upscale, 3].
create_dl_model (DLLayerDepthToSpace, DLModel)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_dl_layer_input, create_dl_layer_concat, create_dl_layer_reshape

Nachfolger

create_dl_layer_convolution, create_dl_layer_dense, create_dl_layer_reshape

Siehe auch

create_dl_layer_reshape

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_dropout (: : DLLayerInput, LayerName, Probability, GenParamName, GenParamValue : DLLayerDropOut)

Erstellen eines DropOut-Layers.

Der Operator create_dl_layer_dropout erzeugt einen DropOut-Layer mit der Wahrscheinlichkeit Probability und gibt das Layer-Handle DLLayerDropOut zurück.

Der Parameter DLLayerInput bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter LayerName legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit create_dl_model jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Während des Trainings werden Aktivierungen in DLLayerInput mit der Wahrscheinlichkeit Probability auf Null gesetzt. Alle weiteren Aktivierungen werden mit (1 - Probability) neu skaliert.

Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die entsprechenden Werte GenParamValue werden unterstützt:

'is_inference_output': Bestimmt, ob apply_dl_model die Ausgabe dieses Layers im Dictionary DLResultBatch zurückgibt, auch ohne den Layer in Outputs anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit create_dl_layer_dropout erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit set_dl_model_layer_param gesetzt werden können und welche mit get_dl_model_layer_param oder get_dl_layer_param ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren set_dl_model_layer_param und get_dl_model_layer_param ein Modell benötigen, das mit create_dl_model erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'input_layer' (DLLayerInput)		x
'name' (LayerName)	x	x
'output_layer' (DLLayerDropOut)		x
'probability' (Probability)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

- ▷ **DLLayerInput** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
  Zuführender Layer.
- ▷ **LayerName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Name des Ausgabelayers.
- ▷ **Probability** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Wahrscheinlichkeit.
  Default: 0.5
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Eingabeparameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'is_inference_output'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Werte der generischen Eingabeparameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **DLLayerDropOut** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
  DropOut-Layer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_elementwise (: : DLLayerInputs, LayerName, Operation, Coefficients, GenParamName, GenParamValue : DLLayerElementWise)

Erstellen eines Elementwise-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_elementwise` erstellt einen Elementwise-Layer dessen Handle in `DLLayerElementWise` zurückgegeben wird.

Ein Elementwise-Layer wendet eine bestimmte Operation auf jeden Datentensor der eingegebenen Layer-Handles und auf jedes Element des Datentensors an. Infolgedessen sollten alle Eingabedatentensoren die gleiche Form haben und der Ausgabetensor hat die gleiche Form wie der erste Eingabetensor.

Der Parameter `DLLayerInputs` bestimmt die zuführenden Eingabelayer. Dieser Layer erwartet mehrere Layer als Eingabe. Für `Operation` = *'division'* werden genau zwei Eingabelayer erwartet.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der Parameter `Operation` bestimmt die angewandte Operation. Abhängig von `Operation` unterstützt der Layer implizites unidirektionales Broadcasting. D. h., eine der Eingaben muss die volle Form haben, die auch die Ausgabegröße ist (`Batchgröße`, `Tiefe`, `Höhe`, `Breite`). Die anderen Eingabetensoren können für jede Dimension entweder diese Größe oder 1 haben. Wenn eine der Dimensionen gleich 1 ist, werden die Werte implizit entlang dieser Dimension dupliziert, um sie an die volle Form anzupassen. Die unterstützten Werte sind:

- *'division'*: Elementweise Division. Broadcasting wird unterstützt, aber nur von der ersten auf die zweite Eingabe, d.h. die erste Eingabe muss die volle Form haben.
- *'maximum'*: Elementweises Maximum. Broadcasting wird vollständig unterstützt.
- *'minimum'*: Elementweises Minimum. Broadcasting wird vollständig unterstützt.
- *'product'*: Elementweises Produkt. Broadcasting wird unterstützt, aber alle Eingaben, die nicht die volle Form haben, müssen die gleiche Form haben. Es kann entweder nur eine Eingabe die volle Form haben, oder alle.

- *'sum'*: Elementweise Summierung. Broadcasting wird vollständig unterstützt.

Es ist zu beachten, dass Broadcasting langsamer sein kann, als für alle Eingaben dieselbe Größe zu übergeben.

Der optionale Parameter `Coefficients` bestimmt einen Gewichtungskoeffizienten für jeden Eingabetensor. Die Anzahl der Werte in `Coefficients` muss der Anzahl der zuführenden Layer in `DLLayerInputs` entsprechen. Wird `Coefficients` auf *[]* gesetzt, dann wird kein Koeffizient bei der elementweisen Operation verwendet.

Restriktion: Es können keine Koeffizienten gesetzt werden für `Operation` = *'product'*.

Beispiel: für `Operation` = *'sum'*, ist das i-te Element des Ausgabetensors gegeben durch

$$output[i] = \sum_{n=0}^{N-1} \texttt{Coefficients}[n] \cdot \texttt{DLLayerInputs}_n[i],$$

wobei N die Anzahl an Eingabetensoren ist.

Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die entsprechenden Werte `GenParamValue` werden unterstützt:

'div_eps': Kleiner skalarer Wert, der elementweise zum Nenner addiert wird um eine Division durch Null zu vermeiden (für `Operation` = *'division'*).
Default: *1e-10*

'is_inference_output': Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt, auch ohne den Layer in `Outputs` anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_elementwise` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'coefficients' (`Coefficients`)		x
'input_layer' (`DLLayerInputs`)		x
'name' (`LayerName`)	x	x
'operation' (`Operation`)		x
'output_layer' (`DLLayerElementWise`)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'div_eps'	x	x
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

▷ **`DLLayerInputs`** (input_control) ..... dl_layer(-array) ⇝ *handle*
Zuführende Eingabelayer.

▷ **`LayerName`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **`Operation`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Elementweise Operation.
Default: 'sum'
Werteliste: `Operation` ∈ {'division', 'maximum', 'minimum', 'product', 'sum'}

▷ **Coefficients** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
Optionale Koeffizienten der Eingabetensoren.
Default: []

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'is_inference_output'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false'}

▷ **DLLayerElementWise** (output_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Elementwise-Layer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_gather (: : DLLayerInput, Indices, LayerName, Axis, GenParamName, GenParamValue : DLLayerGather)

Erstellen eines Gather-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_gather` erstellt einen Gather-Layer, der entlang einer angegebenen Achse Slices aus dem Eingabetensor `DLLayerInput` gemäß den übergebenen Indizes extrahiert. Das Handle des Gather-Layers wird in `DLLayerGather` zurückgegeben.

Der Parameter `DLLayerInput` bestimmt den zuführenden Eingabe-Layer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter `Indices` definiert die Indizes, die entlang der Achse gesammelt werden sollen. Die Indizes müssen entweder Rang 0 oder Rang 1 besitzen, also entweder ein Skalar oder eine Liste sein. Die Indizes können entweder als Layer-Handle (`Indices`) oder als Integer-Tupel übergeben werden. Wird `Indices` als Integer-Tupel übergeben, so wird intern ein konstanter Eingabelayer erzeugt.

Der Parameter `Axis` legt fest, entlang welcher Achse gesammelt wird. `Axis` kann entweder als String (*'width'*, *'height'*, *'depth'* oder *'batch'*) oder als Integer angegeben werden, wobei 0 der Batch-Größe, 1 der Tiefe (Depth), 2 der Höhe (Height) und 3 der Breite (Width) entspricht. Negative Werte für `Axis` bedeuten, dass die Dimensionen von hinten gezählt werden. Der zulässige Bereich ist [-4,3].

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layer-Namen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer im Netzwerk einen eindeutigen Namen besitzen muss.

Gather-Semantik

Gegeben sei ein 4-dimensionaler Eingabetensor `DLLayerInput` der Form (N, C, H, W) und ein Indices-Tensor oder ein Tupel. Der Gather-Layer wählt Elemente entlang der `Axis`-Dimension aus, die durch die Elemente in `Indices` bestimmt sind.

Sind die Indizes als Tupel

$(i_0, \ldots, i_k)$

gegeben und wird `Axis` mit $= a$ angegeben, so ergibt sich der Ausgabetensor, indem die Dimension a durch die Indizes-Dimension ersetzt wird. Das ergibt eine Ausgabeform von

$(d_0, \ldots, d_{a-1}, k+1, d_{a+1}, \ldots, d_{r-1})$

Alle Werte in `Indices` müssen innerhalb der Grenzen $[-s, s-1]$ liegen, wobei s die Größe der `Axis`-Dimension ist. Negative Indizes werden durch Addition von s interpretiert, d.h. *'index'*$=$*'index'*$+s$ falls *'index'*< 0.

Verarbeitung von Achsen und Indizes

Anpassung der Achse

Negative Werte für `Axis` werden durch Addition der Anzahl der Dimensionen r des Eingabetensors zu nicht-negativen Werten gemacht:

$$\text{axis} \leftarrow \text{axis} + r \qquad \text{wenn axis} < 0$$

Begrenzen der Indizes

Negative Werte in `Indices` werden durch Addition der Größe s der entsprechenden Achse angepasst:

$$\text{indices}[j] \leftarrow \text{indices}[j] + s \qquad \text{wenn indices}[j] < 0$$

Alle Werte in `Indices` müssen

$$0 \leq \text{indices}[j] < s$$

erfüllen, andernfalls wird ein Fehler erzeugt.

Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die entsprechenden Werte `GenParamValue` werden unterstützt:

'is_inference_output': Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt – auch dann, wenn dieser Layer nicht explizit in `Outputs` angegeben ist (*'true'*) – oder nicht (*'false'*).
Werteliste: *'true'*, *'false'*
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit diesem Operator `create_dl_layer_gather` erstellt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und ausgelesen werden. Die folgenden Tabellen geben eine Übersicht, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Beachten Sie, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'input_layer' (`DLLayerInput`,`Indices`)		x
'name' (`LayerName`)	x	x
'axis' (`Axis`)		x
'output_layer' (`DLLayerGather`)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

▷ **`DLLayerInput`** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Zuführender Daten-Layer.
Default: 'DLLayerInput'

▷ **`Indices`** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / handle
Indizes für die Gather-Operation. Dieser Input kann ein Layer oder ein Integer-Tupel sein.

▷ **`LayerName`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **Axis** (input_control) ..... number ⇝ *integer* / string
Achse, entlang der gesammelt werden soll.
Default: 0
Wertevorschläge: `Axis` ∈ {0, 'batch', 1, 'depth', 2, 'height', 3, 'width'}

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'is_inference_output'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false'}

▷ **DLLayerGather** (output_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Ausgabelayer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_grid_sample (: : DLLayerInput, DLLayerGrid, LayerName, GenParamName, GenParamValue : DLLayerGridSample)

Erstellen eines Grid-Sample-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_grid_sample` erstellt einen Grid-Sample-Layer, der eine räumliche Transformation auf ein Eingabebild oder eine Feature-Map anwendet. Das Handle des erstellten Grid-Sample-Layers wird in `DLLayerGridSample` zurückgegeben.

Ein Grid-Sample-Layer verformt die Eingabe `DLLayerInput` basierend auf einem Sampling-Gitter `DLLayerGrid`. Dieses Gitter muss räumlich normalisierte Eingabe-Pixelpositionen angeben, welche dann zur Interpolation der Ausgabewerte verwendet werden. Pixelpositionen innerhalb des Eingabebildes oder der Feature-Map müssen Werte im Bereich $[-1, 1]$ haben. Die Werte $x = -1$, $y = -1$ müssen dabei dem obersten linken Pixel entsprechen, während $x = 1$, $y = 1$ das unterste rechte Pixel beschreibt. Die Extremwerte beziehen sich jeweils auf die Mittelpunkte der Eckpixel. Der Grid-Sample-Layer setzt intern 'align_corners' auf *1* und definiert damit die Mittelpunkte der Pixel als Referenzpunkte des Gitters. Das Sampling-Gitter `DLLayerGrid` kann mit `create_dl_layer_affine_grid` generiert werden.

Der Grid-Sample-Layer verwendet bilineare Interpolation zur Berechnung der Ausgabewerte, wodurch fließende Übergänge zwischen den Pixelwerten sichergestellt werden. Für Sampling-Gitter-Positionen außerhalb des Eingabebildes oder der Feature-Map werden die entsprechenden Werte auf 0 gesetzt. Dabei hat die Ausgabe des Grid-Sample-Layers hat die gleichen räumlichen Dimensionen wie das Eingabe-Gitter.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss. Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die entsprechenden Werte `GenParamValue` werden unterstützt:

'is_inference_output': Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt, auch ohne den Layer in `Outputs` anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Werteliste: *'true'*, *'false'*
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_grid_sample` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer Parameters	set	get
'input_layer' (`DLLayerInput`, `DLLayerGrid`)		x
'name' (`LayerName`)	x	x
'output_layer' (`DLLayerGridSample`)		x
'shape'		x
'type'		x

Generic Layer Parameters	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

▷ **`DLLayerInput`** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Eingabelayer für Bild oder Feature Map.

▷ **`DLLayerGrid`** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Eingabelayer, welches das Sampling-Gitter definiert.

▷ **`LayerName`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'is_inference_output'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false'}

▷ **`DLLayerGridSample`** (output_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
GridSample-Layer.

Beispiel

```
read_image (Image, 'printer_chip/printer_chip_01')
convert_image_type (Image, Image, 'real')
get_image_size (Image, Width, Height)
* Create input layer for the image to be transformed.
create_dl_layer_input ('image', [Width,Height,1], [], [], DLLayerInputImage)
*
* Create an affine grid layer and define the size of its output grid with (Width/2, Heig
* determines the output image size.
create_dl_layer_input ('transformation', [3,2,1], [], [], DLLayerInputTransformation)
create_dl_layer_affine_grid (DLLayerInputTransformation, 'affine_grid', Width/2, Height/
*
* Create an affine transformation which represents a translation
* to the right by half the image width.
* As the affine grid layer uses normalized pixel positions in
* the range of [-1,1] the translation value must be normalized
* as well. Hence, translating by half the image width to the right
* corresponds to a translation value of -1 in x-direction.
hom_mat2d_identity (HomMat2DIdentity)
```

```
hom_mat2d_translate (HomMat2DIdentity, -1, 0, HomMat2DTranslate)
*
* Create grid sample layer with the affine grid as input
create_dl_layer_grid_sample (DLLayerInputImage, DLLayerAffineGrid, 'output', [], [], DLI
*
* Create and apply dl model
create_dl_model (DLLayerGridSample, DLModelHandle)
DLSample := dict{image: Image, transformation: HomMat2DTranslate}
apply_dl_model (DLModelHandle, DLSample, [], DLResultBatch)
get_dict_object (ImageTranslated, DLResultBatch, 'output')
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_dl_layer_affine_grid`

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_identity (: : DLLayerInput, LayerName, GenParamName, GenParamValue : DLLayerIdentity)

Erstellen eines Identity-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_identity` erzeugt einen Identity-Layer dessen Handle in `DLLayerIdentity` zurückgegeben wird.

Der Parameter `DLLayerInput` bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die entsprechenden Werte `GenParamValue` werden unterstützt:

'is_inference_output': Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt, auch ohne den Layer in `Outputs` anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_identity` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'input_layer' (`DLLayerInput`)		x
'name' (`LayerName`)	x	x
'output_layer' (`DLLayerIdentity`)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

▷ **DLLayerInput** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Zuführender Layer.

▷ **LayerName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'is_inference_output'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false'}

▷ **DLLayerIdentity** (output_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Identity-Layer.

Beispiel

```
* Create a model that concatinates the output of a convolution layer.
create_dl_layer_input ('input', [10,10,3], [], [], DLLayerInput)
create_dl_layer_convolution (DLLayerInput, 'conv', 3, 1, 1, 8, 1, 'none', \
                             'none', [], [], DLLayerConvolution)
* Using the same layer multiple times as input does not work, so make a copy.
create_dl_layer_identity (DLLayerConvolution, 'conv_copy', [], [], \
                          DLLayerIdentity)
create_dl_layer_concat ([DLLayerConvolution, DLLayerIdentity], 'concat', \
                        'depth', [], [], DLLayerConcat)
create_dl_model (DLLayerConcat, DLModelHandle)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`create_dl_layer_elementwise`, `create_dl_layer_concat`

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_input (: : LayerName, Shape, GenParamName, GenParamValue : DLLayerInput)

Erstellen eines Eingabelayers.

Der Operator `create_dl_layer_input` erzeugt einen Eingabelayer mit räumlichen Dimensionen, die durch `Shape` gegeben sind. Zurückgegeben wird das Handle des Eingabelayers, `DLLayerInput`.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Wenn das erstellte Modell, z.B. mit `apply_dl_model` oder `train_dl_model_batch` verwendet wird, muss eine Zuordnung der Eingabe auf den entsprechenden Eingabelayer möglich sein. Operatoren, die ein Modell anwenden, erwarten ein zuführendes Dictionary `DLSample`, siehe Deep Learning / Modell. Die erwähnte Zuordnung

erfolgt über Dictionary-Einträge, wobei der Schlüssel mit dem Namen des Eingabelayers übereinstimmt. Eingaben für diesen Layer benötigen also einen Eintrag im Sample-Dictionary mit dem Schlüssel `LayerName` (außer wenn der *'input_type'* auf *'constant'* gesetzt ist, siehe unten).

Der Parameter `Shape` definiert die Form der Eingabewerte (die Werte, die im zuführendes Dictionary `DLSample`) angegeben sind und muss ein Tupel der Länge drei sein, das die `Breite`, `Höhe` und `Tiefe` der Eingabe enthält. Die Tupel-Werte müssen als Ganzzahl angegeben werden haben unterschiedliche je nach Eingabetyp verschiedene Bedeutungen:

- für ein Eingabebild definiert die in `Shape` festgelegte Form des Layers die Bildgröße. Bilder müssen mit dem Typ `real` gegeben werden (für Informationen über Bildtypen siehe **Bild**).
- für ein Eingabetupel muss dessen Länge mit dem Produkt aus den Einzelwerte in `Shape`, d.h., `Breite` × `Höhe` × `Tiefe` übereinstimmen. Die Tupelwerte werden entlang der Spalten- (`Breiten-`), Zeilen- (`Höhen-`) und `Tiefen`-Achsen in dieser Reihenfolge verteilt.

  Die Werte des Eingabetupels können entweder vom Typ `integer` oder `real` sein.

Die Batchgröße muss später, nachdem das Modell mit `create_dl_model` erstellt wurde, mit `set_dl_model_param` gesetzt werden.

Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die entsprechenden Werte `GenParamValue` werden unterstützt:

'allow_smaller_tuple': Bestimmt, ob das Eingabetupel auch weniger Werte enthalten darf als die in `Shape` festgelegte Gesamtdimension (*'true'*) oder ob die Anzahl übereinstimmen muss (*'false'*). Dies kann z.B. der Fall sein, wenn eine Eingabe der Anzahl von Objekten innerhalb eines Bildes entspricht und die Anzahl der Objekte sich von Bild zu Bild ändert. Sind weniger Werte vorhanden als `Shape` zulässt, werden die verbleibenden Werte auf Null gesetzt.

`Shape` sollte so gesetzt werden, dass es der maximal erwarteten Länge entspricht. Für das obige Beispiel wäre dies die über den gesamten Datensatz maximale Anzahl von Objekten innerhalb eines Bildes.

Default: *'false'*.

'const_val': Konstanter Ausgabewert.

Restriktion:

Nur eine Ganzzahl oder Fließkommazahl kann gesetzt werden. Dieser Wert ist nur setzbar oder abrufbar, wenn *'input_type'* = *'constant'*.

Default: *0.0*.

'input_type': Definiert den Typ der erwarteten Eingabe. Die folgenden Werte sind möglich:

'default': Der Layer erwartet eine der Batchgröße entsprechende Anzahl Eingabebilder.

'region_to_bin': Der Layer erwartet ein Tupel von Regionen als Eingabe und konvertiert es intern in ein Binärbild, in dem jede Region in einem Tiefenkanal kodiert ist. Regionen werden gekürzt, wenn sie über die in `Shape` festgelegte Breite oder Höhe hinaus gehen. Die maximale Anzahl der Regionen wird durch die Tiefe von `Shape` festgelegt. Werden weniger Regionen gegeben, wird die Ausgabe mit leeren Bildern (mit Nullen) aufgefüllt. Zum Beispiel kann dies der Fall sein, wenn die Regionen Objekten innerhalb eines Bildes entsprechen und die Anzahl der Objekte sich von Bild zu Bild ändert.

'constant': Dieser Layer erwartet kein Schlüssel-Wert-Paar im Eingabe-Dictionary. Stattdessen werden alle Einträge innerhalb der Ausgabe dieses Layers mit dem für *'const_val'* angegebenen Wert gefüllt.

Default: *'default'*.

'keep_batch_size_const': Für konstante Eingaben kann dieser Parameter auf *'true'* gesetzt werden, wenn die Eingabe eine konstante Batchgröße, unabhängig von der für das Modell gesetzt Batchgröße, haben soll.

Default: *'false'*.

'is_inference_output': Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt, auch ohne den Layer in `Outputs` anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).

Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_input` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param`

oder get_dl_layer_param ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren set_dl_model_layer_param und get_dl_model_layer_param ein Modell benötigen, das mit create_dl_model erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'input_layer'		x
'name' (LayerName)	x	x
'output_layer' (DLLayerInput)		x
'shape' (Shape)		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'allow_smaller_tuple'		x
'const_val'	(x)	(x)
'input_type'		x
'keep_batch_size_const'	x	x
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

▷ **LayerName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **Shape** (input_control) ..... number-array ⇝ *integer*
Dimensionen der Eingabe (Breite, Höhe, Tiefe).
Default: [224,224,3]

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'allow_smaller_tuple', 'const_val', 'input_type', 'keep_batch_size_const', 'is_inference_output'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {0.0, 'constant', 'default', 'false', 'region_to_bin', 'true'}

▷ **DLLayerInput** (output_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Eingabelayer.

Beispiel

```
* Create a model for summation.
create_dl_layer_input ('input_a', [2, 3, 4], [], [], DLLayerInputA)
create_dl_layer_input ('input_b', [2, 3, 4], [], [], DLLayerInputB)
create_dl_layer_elementwise ([DLLayerInputA, DLLayerInputB], 'sum', \
                             'sum', [], [], [], DLLayerElementWise)
create_dl_model (DLLayerElementWise, DLModel)
set_dl_model_param (DLModel, 'runtime', 'cpu')
*
* Add 'input_a' as an inference model output.
set_dl_model_layer_param (DLModel, 'input_a', 'is_inference_output', 'true')
*
* Feed input data as tuple (a) or image (b).
create_dict (Sample)
set_dict_tuple (Sample, 'input_a', [1:(2*3*4)])
gen_empty_obj (InputB)
for I := 1 to 4 by 1
```

```
    gen_image_const (Channel, 'real', 2, 3)
    get_region_points (Channel, Rows, Cols)
    set_grayval (Channel, Rows, Cols, gen_tuple_const(|Rows|, I))
    append_channel (InputB, Channel, InputB)
endfor
set_dict_object (InputB, Sample, 'input_b')
*
* Apply the model for summation and get results.
set_dl_model_param (DLModel, 'batch_size', 2)
apply_dl_model (DLModel, [Sample,Sample], [], Result)
get_dict_object (Sum, Result[0], 'sum')
get_dict_object (TupleInputA, Result[1], 'input_a')
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`create_dl_layer_activation`, `create_dl_layer_batch_normalization`, `create_dl_layer_class_id_conversion`, `create_dl_layer_class_id_conversion`, `create_dl_layer_concat`, `create_dl_layer_convolution`, `create_dl_layer_dense`, `create_dl_layer_depth_max`, `create_dl_layer_dropout`, `create_dl_layer_elementwise`, `create_dl_layer_loss_cross_entropy`, `create_dl_layer_loss_ctc`, `create_dl_layer_loss_distance`, `create_dl_layer_loss_focal`, `create_dl_layer_loss_huber`, `create_dl_layer_lrn`, `create_dl_layer_pooling`, `create_dl_layer_reduce`, `create_dl_layer_reshape`, `create_dl_layer_softmax`, `create_dl_layer_transposed_convolution`, `create_dl_layer_zoom_factor`, `create_dl_layer_zoom_size`, `create_dl_layer_zoom_to_layer_size`

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_loss_cross_entropy

```
create_dl_layer_loss_cross_entropy ( : : DLLayerInput,
    DLLayerTarget, DLLayerWeights, LayerName, LossWeight,
    GenParamName, GenParamValue : DLLayerLossCrossEntropy )
```

Erstellen eines Cross-Entropy-Loss-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_loss_cross_entropy` erstellt einen Cross-Entropy-Loss-Layer, dessen Handle in `DLLayerLossCrossEntropy` zurückgegeben wird. Dieser Layer berechnet den zweidimensionalen Cross-Entropy-Loss der Eingabe (gegeben durch `DLLayerInput`) mit dem entsprechenden Target (gegeben durch `DLLayerTarget`) und Gewicht (gegeben durch `DLLayerWeights`).

Cross Entropy wird im üblicherweise genutzt um die Ähnlichkeit zweier Vektoren zu messen.

Beispiel: Anschauungsbeispiel, bei dem ein Klassifikationsproblem auf Pixelebene mit drei Klassen vorliegt.

Der Eingabevektor für ein einzelnes Pixel ist $\mathbf{x} = [0.7, 0.1, 0.2]$ (z.B. die Ausgabe eines Softmax-Layers), was bedeutet, dass der vorhergesagte Wert (z.B. die Wahrscheinlichkeit) 0.7 für die Klasse mit Index 0, 0.1 für die Klasse mit Index 1 und 0.2 für die Klasse mit Index 2 beträgt.

Der Zielvektor ist $\mathbf{t} = [1.0, 0.0, 0.0]$ mit einer Wahrscheinlichkeit von 1.0 für die aktuelle Klasse und ansonsten 0.0. Die Entropie wird durch das Skalarprodukt dieser beiden Vektoren berechnet. Da der Zielvektor

nur einen Eintrag ungleich Null hat kann er durch den Index der aktuellen Klasse anstelle eines Vektors angegeben werden, in diesem Fall $t = 0$.
Die Cross Entropy ist dann einfach der Wert des Eingabevektors beim Index der Zielklasse, also $\mathbf{x}[t] = 0.7$. Mit dieser Vereinfachung kann die Cross-Entropy-Loss-Funktion über ein Eingabebild definiert werden durch

$$L_{cross_entropy}(\mathbf{x}, \mathbf{t}, \mathbf{w}) \quad := \quad -\frac{1}{W} \sum_{i=0}^{N-1} w_i \cdot \mathbf{x}_i[t_i],$$

wobei die Eingabe $\mathbf{x}$ aus einem Vorhersagevektor $\mathbf{x}_i$ für jedes Pixel besteht, das Ziel $\mathbf{t}$ und das Gewicht $\mathbf{w}$ aus einem Wert t_i und w_i für jedes Eingabepixel bestehen, N die Anzahl Pixel ist und $W = \sum_{i=0}^{N-1} w_i$ die Summe aller Gewichte ist.

Dieser Layer erwartet mehrere Layer als Eingabe:

- `DLLayerInput`: Bestimmt die Vorhersagen (z.B. ein Softmax-Layer, üblicherweise mit logarithmierten Ergebnissen).
- `DLLayerTarget`: Bestimmt die Zielsequenzen (aus den Ground-Truth-Informationen stammend).
- `DLLayerWeights`: Bestimmt die Gewichtssequenz. Dieser Parameter ist optional. Wenn ein leeres Tupel *[]* übergeben wird, wird für jeden Wert das Gewicht *1.0* verwendet.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der Parameter `LossWeight` bestimmt den skalaren Gewichtungsfaktor mit dem der in diesem Layer berechnete Loss multipliziert wird. Dieser Parameter kann genutzt werden um den Beitrag des Cross-Entropy-Loss zum gesamten Loss des Netzwerks zu bestimmen, falls mehrere Loss-Layer verwendet werden.

Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die entsprechenden Werte `GenParamValue` werden unterstützt:

'is_inference_output': Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt, auch ohne den Layer in `Outputs` anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_loss_cross_entropy` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'input_layer' (`DLLayerInput`, `DLLayerTarget`, und/oder `DLLayerWeights`)		x
'loss_weight' (`LossWeight`)	x	x
'name' (`LayerName`)	x	x
'output_layer' (`DLLayerLossCrossEntropy`)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

- ▷ **DLLayerInput** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
  Eingabelayer.
- ▷ **DLLayerTarget** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
  Ziellayer.
- ▷ **DLLayerWeights** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
  Gewichtelayer.
- ▷ **LayerName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Name des Ausgabelayers.
- ▷ **LossWeight** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Gesamt-Loss-Gewicht, falls mehrere Losses im Netzwerk existieren.
  Default: 1.0
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Eingabeparameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'is_inference_output'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Werte der generischen Eingabeparameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **DLLayerLossCrossEntropy** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
  Cross-Entropy-Loss-Layer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_loss_ctc (: : DLLayerInput, DLLayerInputLengths, DLLayerTarget, DLLayerTargetLengths, LayerName, GenParamName, GenParamValue : DLLayerLossCTC)

Erstellen eines CTC-Loss-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_loss_ctc` erstellt einen Connectionist Temporal Classification (CTC) Loss-Layer, dessen Handle in `DLLayerLossCTC` zurückgegeben wird. Siehe die unten angegebenen Referenzen für Informationen zum CTC-Loss.

Mit diesem Loss-Layer ist es möglich, Sequence-to-Sequence-Modelle (Seq2Seq) zu trainieren. Damit kann z.B. ein Modell trainiert werden, das in der Lage ist, Text in einem Bild zu lesen. Dazu werden Sequenzen verglichen, nämlich die ermittelte Vorhersage des Netzwerks `DLLayerInput` (mit Sequenzlänge `DLLayerInputLengths`) mit dem gegebenen Target `DLLayerTarget` (mit Sequenz Länge `DLLayerTargetLengths`).

Die folgenden Variablen sind zum Verständnis der Eingabeformen von Bedeutung:

- *T:* Maximale Eingabesequenzlänge (d.h., `Breite` von `DLLayerInput`)
- *S:* Maximale Ausgabesequenzlänge (d.h., `Breite` von `DLLayerTarget`)
- *C:* Anzahl Klassen inklusive 0 als ID der leeren Klasse (d.h., `Tiefe` von `DLLayerInput`)

Dieser Layer erwartet mehrere Layer als Eingabe:

- `DLLayerInput`: Bestimmt den Eingabelayer mit Netzwerkvorhersagen.
  Form: [*T*,1,*C*]

- DLLayerInputLengths: Bestimmt die Eingabesequenzlänge jedes Batch-Elements.
  Form: [1,1,1]
- DLLayerTarget: Bestimmt die Zielsequenzen.
  Form: [*S*,1,1]
- DLLayerTargetLengths: Bestimmt die Länge der Zielsequenzen jedes Batch-Elements.
  Form: [1,1,1]

Der Parameter LayerName legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit create_dl_model jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der CTC-Loss wird in einem CNN typischerweise wie folgt angewendet. Es wird angenommen, dass die Eingabesequenz aus einem CNN-Layer stammt und die Form [Breite: *T*, Höhe: 1, Tiefe: *C*] hat. Typischerweise wird das Ende eines großen Fully-convolutional Klassifikators mit einem 'average pooling'-Layer auf die Höhe 1 gepoolt. Es ist wichtig, dass der letzte Layer breit genug ist, um genügend Informationen zu enthalten. Um die Sequenzvorhersage in der Ausgabe-Tiefe zu erhalten, wird ein 1x1 Convolutional-Layer nach dem Pooling hinzugefügt, wobei die Anzahl der Kernels auf *C* gesetzt wird. In diesem Anwendungsfall erhält der CTC-Loss diesen Convolutional-Layer als Eingabelayer DLLayerInput. Die Breite des Eingabelayers bestimmt die maximale Ausgabesequenz des Modells.

Der CTC-Loss kann auf einen Batch von Eingabeelementen mit unterschiedlichen Eingabe- und Zielsequenzlängen angewendet werden. *T* und *S* sind die maximalen Längen. In DLLayerInputLengths und DLLayerTargetLengths muss die individuelle Länge jedes Batch-Elements angegeben werden. Es ist zu beachten, dass jeder einzelne Teil-Loss innerhalb des Batches zunächst normalisiert wird, indem er durch die entsprechende Zielsequenzlänge dividiert wird. Der endgültige Gesamt-Loss wird anschließend als Mittelwert dieser normalisierten Werte über den gesamten Batch berechnet.

Restriktionen

- Ein Modell, das diesen Layer enthält, kann nicht auf einer CPU trainiert werden.
- Ein Modell, das diesen Layer enthält, kann nur mit *'batch_size_multiplier'* = 1.0 trainiert werden.
- Der Eingabelayer DLLayerInput darf kein Softmax-Layer sein. Die Softmax-Berechnung wird intern in diesem Layer durchgeführt. Für die Inferenz sollte ein zusätzlicher Softmax-Layer mit DLLayerInput verbunden werden (siehe create_dl_layer_softmax).

Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die entsprechenden Werte GenParamValue werden unterstützt:

'is_inference_output': Bestimmt, ob apply_dl_model die Ausgabe dieses Layers im Dictionary DLResultBatch zurückgibt, auch ohne den Layer in Outputs anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

'zero_infinity': Bestimmt, ob unendliche Loss-Werte auf Null gesetzt werden, um das Training zu stabilisieren. Für *'true'* werden Loss-Werte und Gradienten von Samples, die einen unendlichen Loss-Wert erzeugen, auf Null gesetzt.
Werteliste: *'true'*, *'false'*
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit create_dl_layer_loss_ctc erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit set_dl_model_layer_param gesetzt werden können und welche mit get_dl_model_layer_param oder get_dl_layer_param ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren set_dl_model_layer_param und get_dl_model_layer_param ein Modell benötigen, das mit create_dl_model erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'input_layer' (DLLayerInput, DLLayerInputLengths, DLLayerTarget, und/oder DLLayerTargetLengths)		x
'name' (LayerName)	x	x
'output_layer' (DLLayerLossCTC)		x
'shape'		x
'type'		x
'zero_infinity'	x	x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

▷ **DLLayerInput** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Eingabelayer mit Netzwerkvorhersagen.

▷ **DLLayerInputLengths** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Eingabelayer, der die Eingabesequenzlänge jedes Batch-Elements festlegt.

▷ **DLLayerTarget** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Eingabelayer, der die Zielsequenz festlegt. Wenn die Eingabegröße des Netzwerks verändert wird, dann wird die Breite dieses Layers automatisch an die Breite des DLLayerInput Layers angepasst

▷ **DLLayerTargetLengths** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Eingabelayer, der die Zielsequenzlänge jedes Batch-Elements festlegt.

▷ **LayerName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'is_inference_output', 'zero_infinity'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'true', 'false'}

▷ **DLLayerLossCTC** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
CTC-Loss-Layer.

Beispiel

```
* Create a simple Seq2Seq model which overfits to a single output sequence.

* Input sequence length
T := 6
* Number of classes including blank (blank is always class_id 0)
C := 3
* Batch Size
N := 1
* Maximum length of target sequences
S := 3

* Model creation
create_dl_layer_input ('input', [T,1,1], [], [], Input)
create_dl_layer_dense (Input, 'dense', T*C, [], [], DLLayerDense)
create_dl_layer_reshape (DLLayerDense, 'dense_reshape', [T,1,C], [], [],\
                         ConvFinal)
```

```
* Training part
create_dl_layer_input ('ctc_input_lengths', [1,1,1], [], [],\
                       DLLayerInputLengths)
create_dl_layer_input ('ctc_target', [S,1,1], ['allow_smaller_tuple'], ['true'], DLLayer
create_dl_layer_input ('ctc_target_lengths', [1,1,1], [], [],\
                       DLLayerTargetLengths)
* Create the loss layer
create_dl_layer_loss_ctc (ConvFinal, DLLayerInputLengths, DLLayerTarget,\
                          DLLayerTargetLengths, 'ctc_loss', [], [],\
                          DLLayerLossCTC)

* Inference part
create_dl_layer_softmax (ConvFinal, 'softmax', [], [], DLLayerSoftMax)
create_dl_layer_depth_max (DLLayerSoftMax, 'prediction', 'argmax', [], [],\
                           DLLayerDepthMaxArg, _)

* Setting a seed because the weights of the network are randomly initialized
set_system ('seed_rand', 35)

create_dl_model ([DLLayerLossCTC,DLLayerDepthMaxArg], DLModel)

set_dl_model_param (DLModel, 'batch_size', N)
set_dl_model_param (DLModel, 'runtime', 'gpu')
set_dl_model_param (DLModel, 'learning_rate', 1)

* Create input sample for training
InputSequence := [0,1,2,3,4,5]
TargetSequence := [1,2,1]
create_dict (InputSample)
InputSample.input := InputSequence
InputSample.ctc_input_lengths := |InputSequence|
InputSample.ctc_target := TargetSequence
InputSample.ctc_target_lengths := |TargetSequence|

PredictedSequence := []
dev_inspect_ctrl ([InputSequence, TargetSequence, CTCLoss, PredictedValues,\
                   PredictedSequence])
Eps := 0.01
MaxIterations := 15
for I := 0 to MaxIterations by 1
    apply_dl_model (DLModel, InputSample, ['prediction','softmax'], \
                    DLResultBatch)
    get_grayval (DLResultBatch.prediction, rep(0,T), [0:
T-1], PredictedValues)

    train_dl_model_batch (DLModel, InputSample, DLTrainResult)
    CTCLoss := DLTrainResult.ctc_loss
    if (CTCLoss < Eps)
        break
    endif
    stop()
endfor

* Greedy decoding of predicted sequence
PredictedSequence := uniq(int(PredictedValues))
PredictedSequence := select_mask(PredictedSequence, PredictedSequence [#] 0)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Literatur

Graves Alex et al., "Connectionist temporal classification: labelling unsegmented sequence data with recurrent neural networks."Proceedings of the 23rd international conference on Machine learning. 2006.

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_loss_distance (: : DLLayerInput, DLLayerTarget, DLLayerWeights, LayerName, DistanceType, LossWeight, GenParamName, GenParamValue : DLLayerLossDistance)

Erstellen eines Distanz-Loss-Layers.

Der Operator create_dl_layer_loss_distance erstellt einen Distanz-Loss-Layer, dessen Handle in DLLayerLossDistance zurückgegeben wird.

Dieser Layer erwartet mehrere Layer als Eingabe:

- DLLayerInput: Bestimmt die Vorhersagen (z.B. ein Softmax-Layer).
- DLLayerTarget: Bestimmt die Zielsequenzen (aus den Ground-Truth-Informationen stammend).
- DLLayerWeights: Bestimmt die Gewichtssequenz. Dieser Parameter ist optional. Wenn ein leeres Tupel *[]* übergeben wird, wird für jeden Wert das Gewicht *1.0* verwendet.

Der Parameter LayerName legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit create_dl_model jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Enthält ein Netzwerk mehr als einen Loss, ist der Parameter LossWeight ein für alle geltendes Loss-Gewicht.

Der Parameter DistanceType legt fest welches Distanzmaß angewendet wird. Aktuell ist *'l2'* und *'l1'* implementiert. Abhängig vom generischen Parameter *'reduce'* resultiert daraus

- L2-Loss-Distanz als Tensor:

$$\begin{aligned}\texttt{DLLayerLossDistance}[i] &= 0.5 \cdot \texttt{LossWeight} \cdot \texttt{DLLayerWeights}[i] \\ &\cdot(\texttt{DLLayerInput}[i] - \texttt{DLLayerTarget}[i])^2,\end{aligned}$$

  in diesem Fall hat der Tensor dieselbe Größe wie DLLayerInput.

- L2-Loss-Distanz als Skalar:

$$\texttt{DLLayerLossDistance} = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \texttt{DLLayerLossDistance}[i]}{\sum_{i=0}^{N-1} \texttt{DLLayerWeights}[i]},$$

  wobei N die Anzahl an Elementen in DLLayerInput ist.

- L1-Loss-Distanz als Tensor:

$$\begin{aligned}\texttt{DLLayerLossDistance}[i] &= \texttt{LossWeight} \cdot \texttt{DLLayerWeights}[i] \\ &\cdot|\texttt{DLLayerInput}[i] - \texttt{DLLayerTarget}[i]|,\end{aligned}$$

  in diesem Fall hat der Tensor dieselbe Größe wie DLLayerInput.

- L1-Loss-Distanz als Skalar:

$$\texttt{DLLayerLossDistance} = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \texttt{DLLayerLossDistance}[i]}{\sum_{i=0}^{N-1} \texttt{DLLayerWeights}[i]},$$

  wobei N die Anzahl an Elementen in DLLayerInput ist.

Daher sollten DLLayerInput, DLLayerTarget und DLLayerWeights dieselbe Größe haben. Setzt man die Gewichte in DLLayerWeights auf *1* erhält man einen über die Anzahl an Elementen normalisierten Loss.

Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die entsprechenden Werte GenParamValue werden unterstützt:

'is_inference_output': Bestimmt, ob apply_dl_model die Ausgabe dieses Layers im Dictionary DLResultBatch zurückgibt, auch ohne den Layer in Outputs anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).

Default: *'false'*

'reduce': Bestimmt ob die Ausgabe des Layers reduziert wird:

- *'true'*: Die Ausgabe des Layers wird auf ein Skalar reduziert.
- *'false'*: Die Ausgabe des Layers ist ein Tensor, in dem jedes Element ein Loss 'pro Pixel' (quadratische Abweichungen) ist.

Default: *'true'*.

Bestimmte Parameter von Layern, die mit create_dl_layer_loss_distance erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit set_dl_model_layer_param gesetzt werden können und welche mit get_dl_model_layer_param oder get_dl_layer_param ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren set_dl_model_layer_param und get_dl_model_layer_param ein Modell benötigen, das mit create_dl_model erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'input_layer' (DLLayerInput, DLLayerTarget, und/oder DLLayerWeights)		x
'loss_weight' (LossWeight)	x	x
'name' (LayerName)	x	x
'output_layer' (DLLayerLossDistance)		x
'shape'		x
'type'		x
'distance_type' (DistanceType)		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x
'reduce'	x	x

Parameter

▷ **DLLayerInput** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Eingabelayer.

▷ **DLLayerTarget** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Ziellayer.

▷ **DLLayerWeights** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Gewichtelayer.

▷ **LayerName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **DistanceType** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Distanzmaß.
Default: 'l2'
Werteliste: DistanceType ∈ {'l2', 'l1'}

▷ **LossWeight** (input_control) ..... number ⇝ *real*
Loss-Gewicht. Gilt für alle Losses, falls mehrere im Netzwerk vorkommen.
Default: 1.0

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'is_inference_output', 'reduce'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string*
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false'}

▷ **DLLayerLossDistance** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Distanz-Loss-Layer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_loss_focal (: : DLLayerInput, DLLayerTarget, DLLayerWeights, DLLayerNormalization, LayerName, LossWeight, Gamma, ClassWeights, Type, GenParamName, GenParamValue : DLLayerLossFocal)

Erstellen eines Focal-Loss-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_loss_focal` erstellt einen Focal-Loss-Layer, dessen Handle in `DLLayerLossFocal` zurückgegeben wird. Siehe die unten zitierte Referenz für Informationen zu dessen Definition und der Bedeutung seiner Parameter.

Dieser Layer erwartet mehrere Layer als Eingabe:

- `DLLayerInput`: Bestimmt die Vorhersage (z.B. ein Sigmoid- oder Softmax-Layer).
- `DLLayerTarget`: Bestimmt die Zielsequenzen (aus den Ground-Truth-Informationen stammend).
- `DLLayerWeights`: Bestimmt die Gewichtssequenzen. Dieser Parameter ist optional. Wenn ein leeres Tupel *[]* übergeben wird, wird für jeden Wert das Gewicht *1.0* verwendet.
- `DLLayerNormalization`: Bestimmt den Normalisierungsfaktor des Loss. Dieser Parameter ist optional, er kann über das Layer-Handle als Wert gegeben werden oder ignoriert werden indem ein leeres Tupel *[]* übergeben wird.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der Parameter `LossWeight` ist ein Gesamt-Loss-Gewicht, falls mehrere Losses im Netzwerk existieren.

Der Parameter `Gamma` ist der Exponent des Focal-Faktors.

Der Parameter `ClassWeights` definiert klassenspezifische Gewichte. Alle Beiträge einer Klasse zum Loss werden mit dem gegebenen Faktor gewichtet. Typischerweise haben diese Gewichte den Wert *'1.0/(Anzahl Samples dieser Klasse)'*. Es ist zu beachten, dass die Länge dieses Arrays entweder 1 sein muss, dann wird das Array mit der Wert für alle Klassen initialisiert, oder die Länge muss mit der Anzahl der Klassen übereinstimmen. Der Defaultwert *[]* entspricht einem Faktor von *0.5* für jede Klasse. Falls die Anzahl von Klassen im Netzwerk geändert wird, dann wird auch die Anzahl der klassenspezifischen Gewichte angepasst, und diese auf den Defaultwert *0.5* für jede Klasse zurückgesetzt.

Der Parameter `Type` bestimmt den Typ von Focal-Loss:

'focal_binary': Focal-Loss.

'sigmoid_focal_binary': Focal-Loss kombiniert mit Sigmoid.

Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die entsprechenden Werte GenParamValue werden unterstützt:

'is_inference_output': Bestimmt, ob apply_dl_model die Ausgabe dieses Layers im Dictionary DLResultBatch zurückgibt, auch ohne den Layer in Outputs anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit create_dl_layer_loss_focal erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit set_dl_model_layer_param gesetzt werden können und welche mit get_dl_model_layer_param oder get_dl_layer_param ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren set_dl_model_layer_param und get_dl_model_layer_param ein Modell benötigen, das mit create_dl_model erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'focal_type' (Type)		x
'gamma' (Gamma)	x	x
'input_layer' (DLLayerInput, DLLayerTarget, DLLayerWeights, und/oder DLLayerNormalization)		x
'loss_weight' (LossWeight)	x	x
'name' (LayerName)	x	x
'output_layer' (DLLayerLossFocal)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

- ▷ **DLLayerInput** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
  Eingabelayer.
- ▷ **DLLayerTarget** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
  Ziellayer.
- ▷ **DLLayerWeights** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
  Gewichtelayer.
- ▷ **DLLayerNormalization** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
  Normalisierungslayer.
  Default: []
- ▷ **LayerName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Name des Ausgabelayers.
- ▷ **LossWeight** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Gesamt-Loss-Gewicht, falls mehrere Losses im Netzwerk existieren.
  Default: 1.0
- ▷ **Gamma** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Focal-Faktor.
  Default: 2.0
- ▷ **ClassWeights** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Klassenspezifisches Gewicht.
  Default: []
- ▷ **Type** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Focal-Loss-Typ.
  Default: 'focal_binary'
  Werteliste: Type ∈ {'focal_binary', 'sigmoid_focal_binary'}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'is_inference_output'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string*
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'true', 'false'}

▷ **DLLayerLossFocal** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Focal-Loss-Layer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Literatur

T. Lin, P. Goyal, R. Girshick, K. He and P. Dollar, "Focal Loss for Dense Object Detection,"in IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 42, no. 2, pp. 318-327, 1 Feb. 2020, doi: 10.1109/TPAMI.2018.2858826.

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_loss_huber (: : DLLayerInput, DLLayerTarget, DLLayerWeights, DLLayerNormalization, LayerName, LossWeight, Beta, GenParamName, GenParamValue : DLLayerLossHuber)

Erstellen eines Huber-Loss-Layers.

Der Operator create_dl_layer_loss_huber erstellt einen Huber-Loss-Layer, dessen Handle in DLLayerLossHuber zurückgegeben wird. Der Huber Loss ist definiert als

$$\begin{aligned} L_{Huber}(x,t,w,n) &:= \frac{\alpha}{n}\sum_{i=0}^{N-1} w_i l(x_i - t_i), \quad \text{mit} \\ l(y) &:= \begin{cases} 0.5y^2/\beta & \text{falls } |y| < \beta \\ |y| - 0.5\beta & \text{sonst.} \end{cases} \end{aligned}$$

Dieser Layer erwartet mehrere Layer als Eingabe:

- DLLayerInput: Bestimmt x (üblicherweise ein Softmax-Layer).
- DLLayerTarget: Bestimmt die Targets t.
- DLLayerWeights: Bestimmt die Gewichte w.

Es wird angenommen, dass die zugrundeliegenden Datentensoren die gleiche Form haben mit einer Gesamtzahl von N Elementen.

Der Parameter DLLayerNormalization kann verwendet werden, um den Normalisierungsfaktor n zu bestimmen. Wird für DLLayerNormalization ein leeres Tupel *[]* gesetzt, dann ist die Normalisierung n gleich der Summe über alle Gewichte.

Der Parameter LossWeight bestimmt den skalaren Gewichtungsfaktor α.

Der Parameter Beta bestimmt den Wert von β in der Formel. Falls Beta auf *0* gesetzt wird, ist der Huber-Loss gleich dem L1-Loss.

Der Parameter LayerName legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit create_dl_model jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die entsprechenden Werte GenParamValue werden unterstützt:

'is_inference_output': Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt, auch ohne den Layer in `Outputs` anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_loss_huber` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'beta' (`Beta`)	x	x
'input_layer' (`DLLayerInput`, `DLLayerTarget`, `DLLayerWeights`, und/oder `DLLayerNormalization`)		x
'loss_weight' (`LossWeight`)	x	x
'name' (`LayerName`)	x	x
'output_layer' (`DLLayerLossHuber`)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

▷ **DLLayerInput** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Eingabelayer.

▷ **DLLayerTarget** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Ziellayer.

▷ **DLLayerWeights** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Gewichtelayer.

▷ **DLLayerNormalization** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Normalisierungslayer.
Default: []

▷ **LayerName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **LossWeight** (input_control) ..... number ⇝ *real*
Skalarer Gewichtungsfaktor.
Default: 1.0

▷ **Beta** (input_control) ..... number ⇝ *real*
Beta-Wert der Loss-Formel .
Default: 1.1
Restriktion: Beta >= 0

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'is_inference_output'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false'}

▷ **DLLayerLossHuber** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Huber-Loss-Layer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_lrn (: : DLLayerInput, LayerName, LocalSize, Alpha, Beta, K, NormRegion, GenParamName, GenParamValue : DLLayerLRN)

Erstellen eines LRN-Layers.

Der Operator create_dl_layer_lrn erzeugt einen Local-Response-Normalization-Layer (LRN-Layer), der eine Normalisierung über ein lokales Fenster durchführt, und der das Handle DLLayerLRN zurückgibt. Derzeit kann für NormRegion nur *'across_channels'* gesetzt werden, was zu einer Normalisierung über die Kanaldimension führt. Genauer gesagt, ein Wert x_c, der in einem Kanal mit Index c liegt, wird mit einem Skalierungsfaktor in Abhängigkeit von einem lokalen Fenster normiert,

$$LRN(x_c) = x_c \cdot \left(\mathtt{K} + \frac{\mathtt{Alpha}}{n} \sum_{c'=\max(0,c-n/2)}^{\min(N-1,c+n/2)} x_{c'}^2 \right)^{-\mathtt{Beta}},$$

wobei n die Größe des lokalen Fensters, die durch LocalSize gegeben ist, N die Gesamtzahl der Kanäle, Alpha der Skalierungsparameter (verwendet als eine Normalisierungskonstante), Beta der Exponent, der als Kontrastkonstante verwendet wird, und K ein konstanter Summand ist, der verwendet wird, um jegliche Singularitäten zu vermeiden.

Der Parameter DLLayerInput bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter LayerName legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit create_dl_model jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die entsprechenden Werte GenParamValue werden unterstützt:

'is_inference_output': Bestimmt, ob apply_dl_model die Ausgabe dieses Layers im Dictionary DLResultBatch zurückgibt, auch ohne den Layer in Outputs anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit create_dl_layer_lrn erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit set_dl_model_layer_param gesetzt werden können und welche mit get_dl_model_layer_param oder get_dl_layer_param ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren set_dl_model_layer_param und get_dl_model_layer_param ein Modell benötigen, das mit create_dl_model erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'alpha' (Alpha)		x
'beta' (Beta)		x
'input_layer' (DLLayerInput)		x
'k' (K)		x
'local_size' (LocalSize)		x
'name' (LayerName)	x	x
'norm_region' (NormRegion)		x
'output_layer' (DLLayerLRN)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

- ▷ **DLLayerInput** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
  Zuführender Layer.
- ▷ **LayerName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Name des Ausgabelayers.
- ▷ **LocalSize** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
  Größe des lokalen Fensters.
  Default: 5
- ▷ **Alpha** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Skalierungsfaktor in der LRN-Formel.
  Default: 0.0001
- ▷ **Beta** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Exponent der LRN-Formel.
  Default: 0.75
- ▷ **K** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Konstanter Summand der LRN-Formel.
  Default: 1.0
- ▷ **NormRegion** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Normierungsdimension.
  Default: 'across_channels'
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Eingabeparameter.
  Default: []
  Werteliste: GenParamName ∈ {'is_inference_output'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Werte der generischen Eingabeparameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **DLLayerLRN** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
  LRN-Layer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_matmul (: : DLLayerA, DLLayerB, LayerName, GenParamName, GenParamValue : DLLayerMatMul)

Erstellen eines MatMul-Layers.

Der Operator create_dl_layer_matmul erstellt einen Matrix Multiplication-Layer dessen Handle in DLLayerMatMul zurückgegeben wird.

Ein MatMul-Layer multipliziert die 2D Matrizen, die in den beiden letzten Dimensionen (H, W) der Eingabe DLLayerA gespeichert sind, mit den jeweiligen 2D Matrizen der Eingabe DLLayerB, ebenfalls gegeben durch die beiden letzten Dimensionen (H, W). Die Ausgabe in DLLayerMatMul ist somit gegeben durch $C = A \cdot B$.

Der MatMul-Layer unterstützt für die erste Eingabe DLLayerA broadcasting für die Batch- und die Depth-Dimensionen. D.h., falls die Batch Size oder die Anzahl der Channels in DLLayerA eins ist, dann wird jeweils das gleiche Batch Item oder der gleiche Channel aus DLLayerA mit den Batch Items oder Channels von DLLayerB multipliziert.

Damit die Multiplikation durchgeführt werden kann muss die Breite von DLLayerA gleich der Höhe von DLLayerB sein.

Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die entsprechenden Werte GenParamValue werden unterstützt:

'is_inference_output': Bestimmt, ob apply_dl_model die Ausgabe dieses Layers im Dictionary DLResultBatch zurückgibt, auch ohne den Layer in Outputs anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

'num_trainable_params': Anzahl trainierbarer Parameter (Gewichte und Bias-Terme) des Layers.

'transpose_a': Die Matrizen der Eingabe DLLayerA werden transponiert: $C = A^T \cdot B$.
Default: *'false'*

'transpose_b': Die Matrizen der Eingabe DLLayerB werden transponiert: $C = A \cdot B^T$.
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit create_dl_layer_matmul erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit set_dl_model_layer_param gesetzt werden können und welche mit get_dl_model_layer_param oder get_dl_layer_param ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren set_dl_model_layer_param und get_dl_model_layer_param ein Modell benötigen, das mit create_dl_model erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'input_layer'		x
'name' (LayerName)	x	x
'output_layer' (DLLayerMatMul)		x
'shape'		x
'transpose_a'		x
'transpose_b'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

▷ **DLLayerA** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Eingabelayer A.

▷ **DLLayerB** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Eingabelayer B.

▷ **LayerName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'is_inference_output', 'num_trainable_params', 'transpose_a', 'transpose_b'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false'}

▷ **DLLayerMatMul** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
MatMul-Layer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_permutation (: : DLLayerInput, LayerName, Permutation, GenParamName, GenParamValue : DLLayerPermutation)

Erstellen eines Permutation-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_permutation` erzeugt einen Permutation-Layer, dessen Handle in `DLLayerPermutation` zurückgegeben wird.

Der Parameter `DLLayerInput` bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der Parameter `Permutation` legt die Reihenfolge fest, in der die Achsen von `DLLayerInput` nach der Permutation erscheinen.

`Permutation` akzeptiert eine Liste aus Strings oder Integer, die die Achsen in der gewünschten Ausgabereihenfolge angibt. Zum Beispiel führt *['width', 'height', 'batch', 'depth']* zum Vertauschen der Depth- und Batch-Achsen. Jede Achse muss genau einmal vorkommen und aus der Menge $[0, 1, 2, 3]$ bzw. $['width','height','depth','batch']$ stammen.

Auf einem CPU-Device kann nicht für alle Werte von `Permutation` optimierter Code genutzt werden, was zu einer erhöhten Laufzeit führen kann. In diesem Fall wird der Layer-Parameter *'fall_back_to_baseline'* auf *'true'* gesetzt.

Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die entsprechenden Werte `GenParamValue` werden unterstützt:

'axes_format': Kompatibilitätsparameter, der bestimmt, ob die angegebene `Permutation` im WHCN format (default) oder im NCHW format angegeben ist. Der Parameter ändert, wie die angegebenen Achsen interpretiert werden. So werden beispielsweise bei der Permutation *[0, 1, 3, 2]* und *'axes_format' 'nchw'*, die Höhe und Breite Dimensionen des Inputs getauscht. Wird *'axes_format'* auf *'whcn'* gesetzt oder keine Angabe gemacht, so muss die Permutation *[1, 0, 2, 3]* lauten, um den gleichen Effekt zu erzielen. Anstelle von Indizes können auch Strings verwendet werden, um die Achsen zu spezifizieren.

Werteliste: *'nchw'*, *'whcn'*
Default: *'whcn'*

'is_inference_output': Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt, auch ohne den Layer in `Outputs` anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_permutation` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'fall_back_to_baseline'		x
'input_layer' (`DLLayerInput`)		x
'name' (`LayerName`)	x	x
'permutation' (`Permutation`)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

- ▷ **`DLLayerInput`** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
  Zuführender Layer.
- ▷ **`LayerName`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Name des Ausgabelayers.
- ▷ **`Permutation`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *integer*
  Reihenfolge der permutierten Achsen.
  Default: ['batch','depth','height','width']
- ▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Eingabeparameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'is_inference_output', 'axes_format'}
- ▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Werte der generischen Eingabeparameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false', 'nchw', 'whcn'}
- ▷ **`DLLayerPermutation`** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
  Permutation-Layer.

Beispiel

```
* Swap the batch and depth axes with a permutation layer.
create_dl_layer_input ('input_a', [1, 1, 4], ['input_type', 'const_val'], \
                       ['constant', 1.0], DLLayerInputA)
create_dl_layer_input ('input_b', [1, 1, 4], ['input_type', 'const_val'], \
                       ['constant', 2.0], DLLayerInputB)
create_dl_layer_concat ([DLLayerInputA, DLLayerInputB], 'concat', 'batch', \
                        [], [], DLLayerConcat)
create_dl_layer_permutation (DLLayerConcat, 'permute', ['width','height','batch','depth'
```

```
                              [], [], DLLayerPermute)
create_dl_layer_depth_max (DLLayerPermute, 'depth_max', 'value', \
                           [], [], _, DLLayerDepthMaxValue)
create_dl_model (DLLayerDepthMaxValue, DLModel)
* The expected output values in DLResultBatch.depth_max are [2.0,2.0,2.0,2.0]
query_available_dl_devices (['runtime'], ['cpu'], DLDeviceHandles)
set_dl_model_param (DLModel, 'device', DLDeviceHandles[0])
apply_dl_model (DLModel, dict{}, [], DLResultBatch)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_dl_layer_input`, `create_dl_layer_concat`, `create_dl_layer_reshape`

Nachfolger

`create_dl_layer_convolution`, `create_dl_layer_dense`, `create_dl_layer_reshape`

Siehe auch

`create_dl_layer_reshape`

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_pooling (: : DLLayerInput, LayerName, KernelSize, Stride, Padding, Mode, GenParamName, GenParamValue : DLLayerPooling)

Erstellen eines Pooling-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_pooling` erzeugt einen Pooling-Layer, dessen Handle in `DLLayerPooling` zurückgegeben wird.

Der Parameter `DLLayerInput` bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der Parameter `KernelSize` spezifiziert den Filterkernel in den Dimensionen `Breite` und `Höhe`.

Der Parameter `Stride` gibt an, mit welcher Schrittweite der Filter verschoben wird.

Die Werte für `KernelSize` und `Stride` können gesetzt werden als

- ein einzelner Wert, der für beide Dimensionen verwendet wird
- ein Tupel `[Breite, Höhe]`, bzw. `[Spalte, Zeile]`.

Der Parameter `Padding` bestimmt das Padding, also wie viele Pixel mit dem Wert 0 an den Rand des zu verarbeitenden Eingabebildes hinzugefügt werden. Unterstützte Werte sind:

- *'half_kernel_size'*: Die Anzahl der hinzugefügten Pixel hängt von den Werten `KernelSize` ab. Genauer gesagt wird die Anzahl berechnet als $\lfloor$`KernelSize`$/2\rfloor$, wobei für das Auffüllen an der linken / rechten Grenze der Wert von `KernelSize` in der Dimension `Breite` betrachtet wird und für das Auffüllen an der oberen / unteren Grenze der Wert von `KernelSize` in `Höhe`.
- *'implicit'*: Am linken oder am oberen Rand des Eingabebildes werden keine Pixel hinzugefügt. Die Anzahl der hinzugefügten Pixel am rechten oder am unteren Rand beträgt `Stride` $-$ $(input_dim -$ `KernelSize`$)\%$`Stride` (wodurch keine Pixel hinzugefügt werden, wenn die Kernelgröße ein Teiler der Eingabedimension ist). $input_dim$ steht für die Eingabedimensionen `Breite` bzw.`Höhe`.
- *'none'*: Es werden keine Pixel hinzugefügt.

- Anzahl der Pixel: Gibt die Anzahl der Pixel an, die an jedem Rand hinzugefügt werden. Dazu werden die folgenden Tupellängen unterstützt:
  - Einzelne Zahl: Padding in alle vier Richtungen links/rechts/oben/unten.
  - Zwei Zahlen: Auffüllen links/rechts und oben/unten: `[l/r, o/u]`.
  - Vier Zahlen: Auffüllen links, rechts, oben, unten: `[l,r,o,u]`.
    Restriktion: *'runtime' 'gpu'* unterstützt kein asymmetrisches Padding, d.h. die Padding-Werte für die linke und rechte Seite müssen gleich sein, ebenso wie die Padding-Werte für die obere und untere Seite.

  Restriktion: Die ganzzahligen Padding-Werte müssen kleiner sein als der für `KernelSize` eingestellte Wert in der entsprechenden Dimension.

Die Ausgabedimensionen des Pooling-Layers sind gegeben durch

$$output_dim = \left\lfloor \frac{input_dim + padding_begin + padding_end - \texttt{KernelSize}}{\texttt{Stride}} \right\rfloor + 1$$

Dabei werden folgende Werte verwendet: $output_dim$: Ausgabebreite/-höhe, $input_dim$: Eingabebreite/-höhe, $padding_begin$: Anzahl der links/oben zum Eingabebild hinzugefügten Pixel und $padding_end$: Anzahl der rechts/unten zum Eingabebild hinzugefügten Pixel.

Der Parameter `Mode` gibt den Modus des Pooling-Vorgangs an. Unterstützte Modi sind:

*'average'***:** Der resultierende Pixelwert ist der Durchschnitt aller Pixelwerte im Filter.

*'maximum'***:** Der resultierende Pixelwert ist das Maximum aller Pixelwerte im Filter.

*'global_average'***:** Gleich wie Modus *'average'*, aber die gewünschten Ausgabedimensionen können ohne die Kenntnis der Eingabedimensionen über den Parameter `KernelSize` gesteuert werden. Wenn beispielsweise der Durchschnitt aller Pixelwerte der Eingabe zurückgegeben werden soll, setzt man `KernelSize` auf *1* und die Ausgabedimensionen `Breite` und `Höhe` sind gleich 1. Für die intern verwendete Kernelgröße und Schrittweite gilt:

- Wenn `KernelSize` ein Teiler der Eingabedimension ist: Die intern verwendete Kernelgröße und Schrittweite werden auf den gleichen Wert $input_dim/\texttt{KernelSize}$ gesetzt.
- Wenn `KernelSize` kein Teiler der Eingabedimension ist: Die Werte sind abhängig vom generischen Parameter *'global_pooling_mode'*:

  *'overlapping'***:** Die intern verwendete Schrittweite ($stride$) wird auf $\lfloor input_dim/\texttt{KernelSize} \rfloor$ gesetzt. Die intern verwendete Kernelgröße berechnet sich dann als $input_dim - (\texttt{KernelSize} - 1) \cdot stride$. Dies führt zu sich überlappenden Kernels, aber das gesamte Eingabebild wird in die Berechnung der Ausgabe mit einbezogen.

  *'non_overlapping'***:** Die intern verwendete Kernelgröße und die Schrittweite werden auf den gleichen Wert $\lfloor input_dim/\texttt{KernelSize} \rfloor$ gesetzt. Dies führt zu sich nicht überlappenden Kernels aber kann dazu führen, dass Bereiche am rechten und unteren Rand des Eingabebildes bei der Berechnung des Ausgabebildes nicht berücksichtigt werden. Aufgrund von Rundungen entspricht die Ausgabegröße nicht immer der angegebenen Größe in `KernelSize`.

  *'adaptive'***:** In diesem Modus wird für jeden Pixel (k, l) im Ausgabebild die Größe des zugehörigen Pooling- Bereichs im Eingabebild adaptiv berechnet, wobei k die Zeilen- und l die Spaltenkoordinaten des Pixels im Ausgabebild sind. Die Zeilenkoordinaten des Pooling-Bereichs im Eingabebild für Pixel in der k-ten Zeile der Ausgabe sind gegeben durch $[\lfloor k \cdot input_dim/\texttt{KernelSize} \rfloor, \lceil (k+1) \cdot input_dim/\texttt{KernelSize} \rceil)$, wobei in diesem Fall die Höhe der `KernelSize` verwendet wird. Entsprechendes gilt für die Spaltenkoordinaten. Das heißt, dass benachbarte Pooling-Bereiche unterschiedlich groß sein können, was zu einer ineffizienteren Implementierung führen kann. Allerdings überlappen die Bereiche nur mit einem Pixel, was grundsätzlich weniger Überlappung als im *'global_pooling_mode' 'overlapping'* ist. Das gesamte Eingabebild wird bei diesem Modus in die Berechnung des Ausgabebildes einbezogen. Für diesen Modus muss der Parameter `Padding` auf *'none'* gesetzt sein.

  Für diesen Modus wird der Parameter `Stride` ignoriert und intern berechnet, so wie oben beschrieben.

*'global_maximum'***:** Gleich wie Modus *'global_average'*, jedoch wird das Maximum anstelle des Durchschnitts berechnet.

Für weitere Informationen zu Pooling-Layern siehe „Solution Guide on Classification".

Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die entsprechenden Werte GenParamValue werden unterstützt:

'global_pooling_mode': Modus für die Berechnung der internen Kernelgröße und des internen Stride im Falle von globalem Pooling (Mode *'global_average'* oder *'global_maximum'*). Siehe Beschreibung oben. Im Falle von nicht-globalem Pooling hat der Parameter den Wert *'undefined'*.
Default: *'overlapping'*

'is_inference_output': Bestimmt, ob apply_dl_model die Ausgabe dieses Layers im Dictionary DLResultBatch zurückgibt, auch ohne den Layer in Outputs anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit create_dl_layer_pooling erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit set_dl_model_layer_param gesetzt werden können und welche mit get_dl_model_layer_param oder get_dl_layer_param ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren set_dl_model_layer_param und get_dl_model_layer_param ein Modell benötigen, das mit create_dl_model erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'global'		x
'global_pooling_mode'		x
'input_layer' (DLLayerInput)		x
'kernel_size' (KernelSize)		x
'name' (LayerName)	x	x
'output_layer' (DLLayerPooling)		x
'padding' (Padding)		x
'padding_type' (Padding)		x
'pooling_mode' (Mode)		x
'shape'		x
'stride' (Stride)		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

▷ **DLLayerInput** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Zuführender Layer.

▷ **LayerName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **KernelSize** (input_control) ..... number-array ⇝ *integer*
Breite und Höhe des Filterkernels.
Default: [2,2]

▷ **Stride** (input_control) ..... number-array ⇝ *integer*
Schrittweite des Filters in Breiten- und Höhenrichtung.
Default: [2,2]

▷ **Padding** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *string* / integer
Padding-Typ oder spezifische Padding-Größe.
Default: 'none'
Wertevorschläge: Padding ∈ {'none', 'half_kernel_size', 'implicit'}

▷ **Mode** (input_control) ..... number ⇝ *string*
Modus des Pooling-Vorgangs.
Default: 'maximum'
Werteliste: `Mode` ∈ {'maximum', 'average', 'global_maximum', 'global_average'}

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'global_pooling_mode', 'is_inference_output'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'adaptive', 'non_overlapping', 'overlapping', 'true', 'false', 1.0, 0.9, 0.0}

▷ **DLLayerPooling** (output_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Pooling-Layer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_reduce (: : DLLayerInput, LayerName, Operation, Axes, GenParamName, GenParamValue : DLLayerReduce)

Erstellen eines Reduce-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_reduce` erstellt einen Reduce-Layer dessen Handle in `DLLayerReduce` zurückgegeben wird.

Ein Reduce-Layer wendet eine bestimmte Operation auf den Datentensor des eingegebenen Layer-Handles an um ihn entlang einer oder mehrerer Achsen auf einen einzelnen Wert zu reduzieren. Infolgedessen hat der Ausgabetensor die gleiche Form wie der Eingabetensor, aber entlang der in `Axes` angegebenen Achsen die Dimension eins.

Der Parameter `DLLayerInput` bestimmt den zuführenden Eingabelayer. Dieser Layer erwartet einen einzelnen Layer als Eingabe.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der Parameter `Operation` bestimmt die angewandte Operation. Die Operation wird auf die Werte entlang der in `Axes` angegebenen Achsen des Eingabelayers ausgeführt und das Ergebnis wird im Ausgabetensor an die entsprechende Stelle geschrieben. Die unterstützten Werte für `Operation` sind:

- *'norm_l2'*: Bestimmt die L2-Norm der Eingabewerte.
- *'sum'*: Bestimmt die Summe der Eingabewerte.

Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die entsprechenden Werte `GenParamValue` werden unterstützt:

'is_inference_output': Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt, auch ohne den Layer in `Outputs` anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

'div_eps': Kleiner skalarer Wert, der zur Stabilisierung des Trainings verwendet wird. Konkret wird der Wert im Falle einer Division zum Nenner addiert, um ein Teilen durch Null zu verhindern.
Default: *1e-10*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_reduce` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'axes' (`Axes`)		x
'input_layer' (`DLLayerInput`)		x
'name' (`LayerName`)	x	x
'operation' (`Operation`)		x
'output_layer' (`DLLayerReduce`)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x
'div_eps'		x

Parameter

- ▷ **`DLLayerInput`** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
  Zuführender Eingabelayer.
- ▷ **`LayerName`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Name des Ausgabelayers.
- ▷ **`Operation`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Reduce Operation.
  Default: 'norm_l2'
  Werteliste: `Operation` ∈ {'norm_l2', 'sum'}
- ▷ **`Axes`** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer* / string
  Achsen entlang welcher die Reduce Operation ausgeführt werden soll.
  Default: [2,3]
  Werteliste: `Axes` ∈ {0, 'width', 1, 'height', 2, 'depth', 3, 'batch'}
- ▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Eingabeparameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'div_eps', 'is_inference_output'}
- ▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Werte der generischen Eingabeparameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {1e-10, 'true', 'false'}
- ▷ **`DLLayerReduce`** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
  Reduce-Layer.

Beispiel

```
* Minimal example for reduce-layer.
create_dl_layer_input ('input', [64, 32, 10], [], [], DLLayerInput)
create_dl_layer_reduce (DLLayerInput, 'reduce_width', 'sum', 'width', [], [], \
                        DLLayerReduceWidth)
create_dl_layer_reduce (DLLayerReduceWidth, 'reduce_height_depth', 'norm_l2',  [1,2], []
                        [], DLLayerReduceHeightDepth)
* Create a model and change the batch-size.
create_dl_model (DLLayerReduceHeightDepth, DLModel)
set_dl_model_param (DLModel, 'batch_size', 2)
get_dl_model_layer_param (DLModel, 'reduce_height_depth', 'shape', ShapeReduceHeightWidt
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_dl_layer_input`

Nachfolger

`create_dl_model`

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_reshape (: : DLLayerInput, LayerName, Shape, GenParamName, GenParamValue : DLLayerReshape)

Erstellen eines Reshape-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_reshape` erzeugt einen Reshape-Layer, dessen Handle in `DLLayerReshape` zurückgegeben wird.

Der Parameter `DLLayerInput` bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der Parameter `Shape` bestimmt die Dimensionen, in die die Eingabedaten konvertiert werden.

`Shape` hat die Form [`Breite`, `Höhe`, `Tiefe`, `Batchgröße`], wobei der Eintrag für die `Batchgröße` optional ist (siehe unten). Die Gesamtgröße der konvertierten Daten muss mit der Gesamtgröße der Layerdimensionen des Eingabelayers übereinstimmen, d.h., `Breite_out` * `Höhe_out` * `Tiefe_out` * `Batchgröße_out` = `Breite_in` * `Höhe_in` * `Tiefe_in` * `Batchgröße_in`.

Für das Setzen der Werte von `Shape` stehen folgende Optionen zur Verfügung:

- Setzen der Werte für alle vier Dimensionen.
- Ein oder mehrere Werte werden auf *0* gesetzt, um den Wert der entsprechenden Eingabedimension beizubehalten.
- Maximal ein Wert wird auf *-1* gesetzt, um den verwendeten Wert automatisch zu bestimmen. Der Wert wird dann so berechnet, dass die Gesamtgröße der Daten konstant bleibt. Es ist zu beachten, dass dies nur erfolgreich durchgeführt werden kann, wenn der berechnete Wert eine ganze Zahl ist.

Für ein Modell, das mit `create_dl_model` erstellt wurde, soll die Batchgröße des Modells immer mit `set_dl_model_param` einstellbar sein. Daraus folgt, dass entweder die Ausgabe-Batchgröße des Reshape-Layers gleich der Batchgröße des Modells sein muss (Batchgröße in `Shape` auf *0* gesetzt), oder mindestens eine Dimension automatisch berechnet werden sollte (ein Wert in `Shape` auf *-1* gesetzt). Wird die `Batchgröße` nicht angegeben, wird sie auf *0* gesetzt, wodurch Eingabe- und Ausgabe-Batchgröße gleich bleiben.

Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die entsprechenden Werte `GenParamValue` werden unterstützt:

'is_inference_output': Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt, auch ohne den Layer in `Outputs` anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_reshape` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'input_layer' (DLLayerInput)		x
'name' (LayerName)	x	x
'output_depth' (Shape)		x
'output_height' (Shape)		x
'output_layer' (DLLayerReshape)		x
'output_width' (Shape)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

▷ **DLLayerInput** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Zuführender Layer.

▷ **LayerName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **Shape** (input_control) ..... number-array ⇝ *integer*
Form der Layerdaten des Ausgabelayers.
Default: [224,224,3]

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'is_inference_output'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'true', 'false'}

▷ **DLLayerReshape** (output_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Reshape-Layer.

Beispiel

```
* Minimal example for reshape-layer.
create_dl_layer_input ('input', [64, 32, 10], [], [], DLLayerInput)
create_dl_layer_reshape (DLLayerInput, 'reshape_wh', [32, 64, 0], [], [], \
                         DLLayerReshapeWH)
create_dl_layer_reshape (DLLayerInput, 'reshape_bs', [64, 32, 1, -1], [], \
                         [], DLLayerReshapeBS)
* DLLayerReshapeBS has batch size 10 and depth 1.
get_dl_layer_param (DLLayerReshapeBS, 'shape', ShapeReshapeBS)
* Create a model and change the batch-size.
create_dl_model (DLLayerReshapeBS, DLModel)
set_dl_model_param (DLModel, 'batch_size', 2)
* DLLayerReshapeBS has batch size 20 now.
get_dl_model_layer_param (DLModel, 'reshape_bs', 'shape', ShapeReshapeBS)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_dl_layer_input, create_dl_layer_concat

Nachfolger

create_dl_layer_convolution, create_dl_layer_dense

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_roi_pooling (: : DLLayerInputImage, DLLayerRoI, DLLayerFeature, DLLayerInstanceIndex, LayerName, Type, GridSize, GenParamName, GenParamValue : DLLayerRoIPooling)

Erstellen eines ROI-Pooling-Layers.

Der Operator create_dl_layer_roi_pooling erzeugt einen ROI-Pooling-Layer, dessen Handle in DLLayerRoIPooling zurückgegeben wird. Merkmale innerhalb der angegebenen ROIs werden für die Weiterverarbeitung auf eine feste räumliche Ausgabedimension gepoolt. Die räumliche Ausgabedimension ist gegeben durch GridSize.

Dieser Layer erwartet mehrere zuführende Eingabelayer:

- DLLayerInputImage: Bestimmt den zuführenden Eingabelayer der das Eingabebild des Netzwerks enthalten soll. Er wird verwendet, um die Seitenverhältnisse (bezüglich Breite und Höhe) der Merkmalskarten in Bezug auf die Dimensionen des Eingabebildes abzuleiten.
- DLLayerRoI: Bestimmt den zuführenden Eingabelayer, der die Koordinaten der ROIs enthält. Die ROI-Koordinaten sollten bezüglich des Eingabebildes angegeben werden und werden als pixelzentrierte Koordinaten interpretiert (siehe Transformationen / 2D-Transformationen). Ein Layer hat die Form [Breite, Höhe, Tiefe, Batchgröße], wobei die Batchgröße veränderbar ist. Für diesen Layer führt dies zu [1, *NBP* + 2, *MNR*, *'batch_size'*] wobei *MNR* die maximale Anzahl von ROIs für ein Bild und *NBP* die Anzahl der Box-Parameter ist. *NBP* hängt vom Instanztyp *'instance_type'* ab: 4 für *'rectangle1'* (row1, column1, row2, column2), bzw. 5 für *'rectangle2'* (row, column, phi, length1, length2). Die zweite Dimension enthält neben den *NBP*-Rechteckparametern zwei weitere Werte: Einen für die Klasse und einen für den Score jeder ROI. Eine ROI wird ignoriert, wenn ihr Klassenwert negativ ist. Wenn weniger als *MNR* ROIs vorhanden sind, sollten alle Koordinaten auf Null gesetzt werden. Dieser zuführende Layer ist normalerweise die Ausgabe eines Box-Proposal-Layers (siehe create_dl_layer_box_proposals).
- DLLayerFeature: Bestimmt den zuführenden Layer der eine oder mehrere Merkmalskarten enthält, aus denen gepoolt werden soll. Wenn mehr als eine Merkmalskarte angegeben wird, müssen sie nach abnehmenden räumlichen Dimensionen geordnet werden. Wenn zum Beispiel ein Feature Pyramid Network (FPN) verwendet wird, bedeutet das, dass die Layer nach aufsteigender FPN-Ebene geordnet werden. Weitere detaillierte Informationen zum FPN und dessen Ebenen sind im Kapitel Deep Learning / Objektdetektion und Instanz-Segmentierung oder in der weiter unten folgenden Referenz zu finden.
- DLLayerInstanceIndex: Bestimmt den zuführenden Eingabelayer, der für jede ROI den Index der Ground-Truth-Instanz mit der höchsten IoU enthält. Siehe create_dl_layer_box_targets für weitere Informationen. Dieser Eingabelayer wird nur verwendet, wenn der generische Parameter *'mode'* = *'mask_target'*.

Der Parameter LayerName legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit create_dl_model jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der ROI-Pooling-Vorgang läuft wie folgt ab: Ein Gitter wird über jede ROI gelegt und die Merkmale innerhalb jeder Gitterzelle werden gepoolt. Wie dies im Einzelnen geschieht, hängt von Type ab:

'roi_pool': Führt ein Max-Pooling durch, weshalb die berechneten Gitterkoordinaten auf pixelgenaue Koordinaten gerundet werden.

'roi_align': Für jeden Abtastpunkt wird der Wert durch bilineare Interpolation der vier benachbarten Pixel-Werte bestimmt. Der Ausgabewert für jede Gitterzelle ist der Mittelwert aus den Werten der Abtastpunkte. Die Anzahl der gleichmäßig verteilten Abtastpunkte in jeder Ausgabe-Gitterzelle wird durch *'sampling_ratio'* bestimmt.

Die gepoolten Merkmale können zum Beispiel zur Vorhersage von Objektmasken innerhalb der gegebenen ROIs verwendet werden. In diesem Fall kann es sinnvoll sein, von einer etwas größeren ROI zu poolen, um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass das Objekt vollständig in der ROI enthalten ist. Mit den generischen Parametern *'enlarge_box_factor_long'* und *'enlarge_box_factor_short'* kann die Skalierung der längeren und kürzeren Boxlängen vor dem Pooling gesteuert werden.

Bei mehreren Merkmalskarten werden die ROIs auf die Merkmalskarten entsprechend ihrer Größe nach der folgenden Formel verteilt:

$level = level_0 + \lfloor \log(scale/scale_0 + \epsilon) \rfloor$

wobei $scale$ die ROI-Skalierung ist, berechnet als Quadratwurzel der ROI-Fläche. $level_0$ ist die kanonische FPN-Ebene und $scale_0$ ist die kanonische FPN-Skalierung. Die kanonische FPN-Ebene und FPN-Skalierung können über die generischen Parameter *'fpn_roi_canonical_level'* und *'fpn_roi_canonical_scale'* eingestellt werden. ϵ wird zur Robustheit hinzugefügt und auf *1e-6* gesetzt.

Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die entsprechenden Werte `GenParamValue` werden unterstützt:

'enlarge_box_factor_long': Faktor, mit dem die längere Seite der Box vor dem Pooling multipliziert wird.

Default: *1.0*.

'enlarge_box_factor_short': Faktor, mit dem die kürzere Seite der Box vor dem Pooling multipliziert wird.

Default: *1.0*.

'fpn_roi_canonical_level': FPN-Level, dem die ROIs mit kanonischer Skalierung zugewiesen werden.

Default: *4*.

'fpn_roi_canonical_scale': ROIs mit dieser Skalierung werden der kanonischen Ebene zugewiesen.

Default: *224*.

'instance_type': Typ der RoIs. Mögliche Werte:

- *'rectangle1'*: achsenparallele Rechtecke.
- *'rectangle2'*: orientierte Rechtecke.

Default: *'rectangle1'*.

'is_inference_output': Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt, auch ohne den Layer in `Outputs` anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).

Default: *'false'*

'mode': Modus des Layers. Mögliche Werte:

- *'feature'*: Feature-Pooling. `DLLayerInputImage` muss angegeben werden und `DLLayerInstanceIndex` muss leer sein.
- *'mask_target'*: Erzeugung von Masken-Targets. `DLLayerInputImage` muss leer sein und `DLLayerInstanceIndex` muss angegeben werden.
  In diesem Modus kann `DLLayerFeature` nur ein einzelner Eingabelayer sein, dessen Bedeutung sich ändert. Statt Merkmalskarten enthält `DLLayerFeature` die Ground-Truth-Instanzmasken. Der Layer hat die Form [*'batch_size'*, *MNI*, *IH*, *IW*], wobei *MNI* die maximale Anzahl von Instanzen in einem Bild ist, und *IH* und *IW* die Höhe bzw. Breite der Netzwerkeingabe. Jeder Kanal entspricht einer Ground-Truth-Instanz, wobei die Maske im Binärformat kodiert ist. Die Ausgabe des Layers enthält dann die zugeschnittenen und in der Größe angepassten Masken-Targets, die zum Beispiel einem Focal-Loss-Layer (siehe `create_dl_layer_loss_focal`) zusammen mit Maskenvorhersagen zugeführt werden.

Default: *'feature'*.

'num_classes': Die Anzahl vom Modell vorhergesagter Klassen. Dieser Parameter ist nur für *'mode'* = *'mask_target'* verfügbar.

Restriktion: Wird der Wert größer als 1 gesetzt, werden die Masken-Targets klassenspezifisch generiert. Dies wirkt sich auch auf die Ausgabeform des Layers aus, d.h., die Tiefe der Masken-Targets ist gleich *'num_classes'*.

Default: *1*.

'sampling_ratio': Anzahl der Abtastpunkte, die über die Zellen-Höhe und -Breite einer Gitterzelle verteilt sind. Wird beispielsweise *'sampling_ratio'* auf zwei gesetzt, gibt es vier Abtastpunkte in jeder Gitterzelle. Wenn *0* eingestellt ist, wird diese Anzahl automatisch berechnet.
Default: *0*.

'threshold_value': Dieser Wert legt einen Schwellenwert zwischen Null und Eins für die Ausgaben fest. Um den Schwellenwert zu deaktivieren kann dieser Wert auf *-1* gesetzt werden.
Restriktion: Nur verfügbar für *'mode'* = *'mask_target'* und `Type` = *'roi_align'*.
Default: *0.5*.

Folgende Parameter werden von `create_dl_layer_roi_pooling` nicht unterstützt, da sie intern unter Verwendung von `DLLayerFeature` berechnet werden:

'fpn_roi_min_level': Minimale FPN-Ebene, die für das Pooling verwendet wird.
Restriktion: Gilt nur für *'mode' 'feature'*.
Default: *0*.

'fpn_roi_max_level': Maximale FPN-Ebene, die für das Pooling verwendet wird.
Restriktion: Gilt nur für *'mode' 'feature'*.
Default: *0*.

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_roi_pooling` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'grid_size' (`GridSize`)		x
'input_layer' (`DLLayerInputImage`, `DLLayerRoI`, `DLLayerFeature`, and/or `DLLayerInstanceIndex`)		x
'name' (`LayerName`)	x	x
'output_layer' (`DLLayerRoIPooling`)		x
'shape'		x
'roi_pooling_type' (`Type`)	x	x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'enlarge_box_factor_long'	x	x
'enlarge_box_factor_short'	x	x
'fpn_roi_canonical_level'	x	x
'fpn_roi_canonical_scale'	x	x
'fpn_roi_max_level'		x
'fpn_roi_min_level'		x
'is_inference_output'	x	x
'instance_type'		x
'mode'		x
'num_classes'		x
'num_trainable_params'		x
'sampling_ratio'	x	x
'threshold_value'	x	x

Parameter

▷ **DLLayerInputImage** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Zuführender Layer, der das Eingabebild des Netzwerks enthält.
Default: 'InputImageLayer'

▷ **DLLayerRoI** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Zuführender Layer, der ROI-Koordinaten enthält.
Default: 'RoILayer'

▷ **DLLayerFeature** (input_control) . . . . . dl_layer(-array) ⇝ *handle*
Zuführende Layer, die die Merkmale/Ground-Truth-Instanzmasken enthalten von denen gepoolt wird.
Default: 'FeatureLayers'

▷ **DLLayerInstanceIndex** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Zuführender Layer, der abgestimmte Instanzindizes für jede ROI enthält.
Default: 'InstanceIndexLayer'

▷ **LayerName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **Type** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art des ROI-Poolings.
Default: 'roi_pool'
Werteliste: `Type` ∈ {'roi_pool', 'roi_align'}

▷ **GridSize** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *integer*
Dimensionen des Pooling-Gitters, Ausgabedimensionen.
Default: [7,7]

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'enlarge_box_factor_long', 'enlarge_box_factor_short', 'fpn_roi_canonical_scale', 'fpn_roi_canonical_level', 'instance_type', 'is_inference_output', 'mode', 'num_classes', 'sampling_ratio', 'threshold_value'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'feature', 'mask_target', 'rectangle1', 'rectangle2', 'true', 'false', 0.5}

▷ **DLLayerRoIPooling** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
ROI-Pooling-Layer.

Beispiel

```
* Example for create_dl_layer_roi_pooling.
* This model can be trained to classify multiple
* predefined RoIs in an image.
*
* Create simple model.
create_dl_layer_input ('image', [224,224,3], [], [], DLGraphNodeInput)
create_dl_layer_input ('gt_boxes', [1, 5, 5], [], [], DLGraphNodeGTBoxes)
create_dl_layer_input ('rois', [1, 6, 5], [], [], DLGraphNodeRoIs)
*
* Apply two convolution layer to extract features of the image.
create_dl_layer_convolution (DLGraphNodeInput, 'conv1', 3, 1, 2, 32, 1, \
                             'half_kernel_size', 'relu', [], [], \
                             DLGraphNodeConvolution)
create_dl_layer_convolution (DLGraphNodeConvolution, 'conv2', 3, 1, 2, 32, \
                             1, 'half_kernel_size', 'relu', [], [], \
                             DLGraphNodeConvolution2)
*
* Apply RoI pooling to pool the features for each RoI.
GridSize := [7,7]
create_dl_layer_roi_pooling (DLGraphNodeInput, DLGraphNodeRoIs, \
```

```
                              DLGraphNodeConvolution2, [], 'roi_pool', \
                              'roi_pool', GridSize, [], [], \
                              DLGraphNodeRoIPooling)
*
* Classify the RoIs according to the pooled features.
NumClasses := 3
create_dl_layer_dense (DLGraphNodeRoIPooling, 'fc1', 64, [], [], \
                       DLGraphNodeDense)
create_dl_layer_activation (DLGraphNodeDense, 'relu1', 'relu', [], \
                            [], Relu1)
create_dl_layer_dense (Relu1, 'cls_score', NumClasses + 1, [], [], \
                       DLGraphNodeScore)
create_dl_layer_softmax (DLGraphNodeScore, 'cls_prob', [], [], \
                         DLGraphNodeSoftMax)
*
* Append a cross entropy loss to train the classifier.
TargetOutputModes := ['cls_target', 'cls_weight']
TargetOutputNames := TargetOutputModes
create_dl_layer_box_targets (DLGraphNodeRoIs, DLGraphNodeGTBoxes, [], \
                             TargetOutputNames, 'box_proposals', \
                             TargetOutputModes, NumClasses, [], [], \
                             DLGraphNodeClsTarget, DLGraphNodeClsWeight, \
                             _, _, _, _, _)
create_dl_layer_loss_cross_entropy (DLGraphNodeSoftMax, \
                                    DLGraphNodeClsTarget, \
                                    DLGraphNodeClsWeight, 'cls_loss', \
                                    1.0, [], [], \
                                    DLGraphNodeLossCrossEntropy)
*
* Append a box proposal layer to get a detection-like output.
GenParamNameBoxProposal := ['input_mode', 'apply_box_regression', \
                            'max_overlap', 'max_overlap_class_agnostic']
GenParamValueBoxProposal := ['dense', 'false', 1.0, 1.0]
create_dl_layer_box_proposals (DLGraphNodeSoftMax, [], DLGraphNodeRoIs, \
                               DLGraphNodeInput, 'box_output', \
                               GenParamNameBoxProposal, \
                               GenParamValueBoxProposal, \
                               DLGraphNodeGenerateBoxProposals)
*
* Create the model.
create_dl_model ([DLGraphNodeLossCrossEntropy, \
                  DLGraphNodeGenerateBoxProposals], \
                  DLModelHandle)
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'type', 'detection')
ClassIDs := [1:NumClasses]
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'class_ids', ClassIDs)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Literatur

Tsung-Yi Lin, Piotr Dollàr, Ross B. Girshick, Kaiming He, Bharath Hariharan, and Serge J. Belongie, "Feature Pyramid Networks for Object Detection,"2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Honolulu, HI, USA, 2017, pp. 936–944, doi: 10.1109/CVPR.2017.106.

Modul

Deep Learning Professional

```
create_dl_layer_slice ( : : DLLayerInput, LayerName, Axes,
    StartIndices, EndIndices, Steps, GenParamName,
    GenParamValue : DLLayerSlice )
```

Erstellen eines Slice-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_slice` erstellt eine Slice-Layer, der den Abschnitt eines Tensors entlang bestimmter Achsen extrahiert, basierend auf den angegebenen Start- und Endindizes sowie der Schrittweite für die Slice-Operationen. Das Handle des Slice-Layers wird in `DLLayerSlice` zurückgegeben.

Der Parameter `DLLayerInput` bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Die folgenden Parameter werden für die Slice-Operation verwendet:

'starts' Bestimmt die Startindizes der Slice-Operation entlang der in *'axes'* angegebenen Achsen. Dieser Parameter wird mit `StartIndices` angegeben.

'ends' Bestimmt die Endindizes der Slice-Operation entlang der in *'axes'* angegebenen Achsen. Dieser Parameter wird mit `EndIndices` angegeben.

'steps' Gibt die Schrittweite für die Slice-Operation entlang der in *'axes'* angegebenen Achsen an. Der Parameter *'steps'* muss entweder ein leeres Tupel sein oder die gleiche Länge wie *'axes'* haben. Wenn *'steps'* leer ist, wird die Schrittweite für alle *'axes'* auf *1* gesetzt. Dieser Parameter wird mit `Steps` angegeben.

'axes' Gibt die Achsen an, entlang derer die Slice-Operation durchgeführt wird. Die Achsen sind im Format WHC definiert, wobei dies für Breite (Width), Höhe (Height) und Kanal (Channels) steht. Alternativ können die Achsen auch als Strings angegeben werden. Das Schneiden entlang der Batch-Dimension ist nicht unterstützt. Dieser Parameter wird mit `Axes` angegeben.

Der Slice-Layer ermöglicht das Ausschneiden eines Tensors entlang bestimmter Achsen und bietet flexible Anpassungsmöglichkeiten. Um korrekte Operationen sicherzustellen, müssen *'starts'* und *'ends'* die gleiche Länge wie der Parameter *'axes'* haben. Negative Werte in *'starts'* und *'ends'* werden angepasst, indem die Größe der entsprechenden Dimension des Arrays addiert wird. Dadurch wird das Konzept des negativen Indexierens unterstützt, wie es in einigen Programmiersprachen üblich ist. Anschließend werden alle negativen Werte begrenzt, um ein Out-of-Bounds-Slicing zu verhindern.

Negative Werte in *'axes'* werden angepasst, indem die Gesamtanzahl der Dimensionen des Tensors zur jeweiligen Achse addiert wird. Ein negativer Wert bedeutet, dass die Dimensionen von hinten gezählt werden. Der akzeptierte Bereich ist $[-r, r-1]$, wobei r der Rang ist. Um bis zum Ende einer Dimension mit unbekannter Größe zu slicen, wird empfohlen, beim Vorwärtsslicen H_INT_MAX und beim Rückwärtsslicen H_INT_MIN zu verwenden.

Verarbeitung von Achsen und Indizes

Anpassung der Achsen

Negative Werte im *'axes'*-Parameter werden durch Addition der Rangzahl des Eingabetensors r zu jeder negativen Achse nicht-negativ gemacht:

$$\text{axes}[i] \leftarrow \text{axes}[i] + r \quad \text{if axes}[i] < 0$$

Anpassung von 'starts' und 'ends'

Negative Anpassung des Index

Negative Werte in *'starts'* und *'ends'* werden durch Addition der entsprechenden Tensor-Dimension angepasst:

'starts'$[i]$ wird durch Hinzufügen der Größe der Tensordimension angepasst.

$$\text{starts}[i] \leftarrow \text{starts}[i] + \text{dims}[\text{axes}[i]] \quad \text{if starts}[i] < 0$$

'ends'$[i]$ wird durch Hinzufügen der Größe der Tensordimension angepasst.

$$\text{ends}[i] \leftarrow \text{ends}[i] + \text{dims}[\text{axes}[i]] \quad \text{if ends}[i] < 0$$

Begrenzen des 'starts'-Wertes

Angepasste *'starts'*-Werte werden auf den Bereich begrenzt:

$$\text{starts}[i] \in [0, \text{dims}[\text{axes}[i]]]$$

Begrenzen des 'ends'-Wertes

Angepasste *'ends'*-Werte werden basierend auf der Richtung des Schritts (Stepping) begrenzt:

- Positives Stepping: *'ends'* wird auf den Bereich [0,dims] begrenzt.

$$\text{if steps}[i] > 0: \ \text{ends}[i] \in [0, \text{dims}[\text{axes}[i]]]$$

- Negatives Stepping: *'ends'* wird auf den Bereich [-1, dims - 1] begrenzt.

$$\text{if steps}[i] < 0: \ \text{ends}[i] \in [-1, \text{dims}[\text{axes}[i]] - 1]$$

Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die entsprechenden Werte `GenParamValue` werden unterstützt:

'axes_format': Kompatibilitätsparameter, der bestimmt, ob die angegebenen `Axes` im WHCN format (default) oder im NCHW format angegeben sind. Der Parameter ändert, wie die angegebenen Achsen interpretiert werden. So wird beispielsweise bei der Achse *1* und *'axes_format' 'nchw'* entlang der Tiefe geschnitten. Wird *'axes_format'* auf *'whcn'* gesetzt oder keine Angabe gemacht, so wird entlang der Höhe geschnitten. Anstelle von Indizes können auch Strings verwendet werden, um die Achsen zu spezifizieren.

Werteliste: *'nchw'*, *'whcn'*

Default: *'whcn'*

'is_inference_output': Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt, auch ohne den Layer in `Outputs` anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_slice` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer Parameters	set	get
'input_layer' (`DLLayerInput`)		x
'name' (`LayerName`)	x	x
'axes'		x
'starts'		x
'ends'		x
'steps'		x
'output_layer' (`DLLayerSlice`)		x
'shape'		x
'type'		x

Generic Layer Parameters	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

- ▷ **DLLayerInput** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
  Zuführender Layer.
  Default: 'DLLayerInput'
- ▷ **LayerName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Name des Ausgabelayers.
- ▷ **Axes** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / string
  Achsen entlang denen geschnitten wird.
  Default: 0
  Wertevorschläge: `Axes` ∈ {0, 'width', 1, 'height', 2, 'depth'}
- ▷ **StartIndices** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer*
  Start-Indizes der zugehörigen Achsen (inklusive).
  Default: 0
- ▷ **EndIndices** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer*
  End-Indizes der zugehörigen Achsen (exklusiv).
  Default: 1
- ▷ **Steps** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer*
  Schrittweite.
  Default: []
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Eingabeparameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'is_inference_output', 'axes_format'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Werte der generischen Eingabeparameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false', 'nchw', 'whcn'}
- ▷ **DLLayerSlice** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
  Ausgabelayer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_softmax (: : DLLayerInput, LayerName, GenParamName, GenParamValue : DLLayerSoftMax)

Erstellen eines Softmax-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_softmax` erzeugt einen Softmax-Layer, dessen Handle in `DLLayerSoftMax` zurückgegeben wird.

Der Parameter `DLLayerInput` bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der Softmax-Layer wendet die Softmax-Funktion an, die für jede Eingabe x_i wie folgt definiert ist:

$$Softmax(x_i) = \frac{\exp(x_i)}{\sum_{j=0}^{N-1} \exp(x_j)}$$

wobei N die Anzahl der Eingaben ist. Beim Training wird das Ergebnis der Softmax-Funktion durch eine Logarithmusfunktion transformiert, so dass die Werte als Eingabe für z.B. einen Cross-Entropy-Loss-Layer geeignet sind. Dieses Verhalten lässt sich durch Setzen des generischen Parameters *'output_mode'* anpassen, siehe unten.

Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die entsprechenden Werte `GenParamValue` werden unterstützt:

'output_mode': Dieser Parameter bestimmt, ob und in welchem Fall die Ausgabe durch eine Logarithmusfunktion transformiert wird:

- *'default'*: Während der Inferenz wird das Ergebnis der Softmax-Funktion als Ausgabe zurückgegeben. Während des Trainings wird das Ergebnis der Softmax-Funktion zusätzlich durch eine Logarithmusfunktion transformiert.
- *'no_log_training'*: Das Ergebnis der Softmax-Funktion wird während des Trainings nicht durch eine Logarithmusfunktion transformiert.
- *'log_inference'*: Das Ergebnis der Softmax-Funktion wird während der Inferenz auf die gleiche Weise wie beim Training durch eine Logarithmusfunktion transformiert.

Default: *'default'*.

'is_inference_output': Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt, auch ohne den Layer in `Outputs` anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_softmax` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'input_layer' (`DLLayerInput`)		x
'name' (`LayerName`)	x	x
'output_layer' (`DLLayerSoftMax`)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x
'output_mode'		x

Parameter

▷ **DLLayerInput** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Zuführender Layer.

▷ **LayerName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'output_mode', 'is_inference_output'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'default', 'no_log_training', 'log_inference', 'true', 'false'}

▷ **DLLayerSoftMax** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Softmax-Layer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_transposed_convolution (: : DLLayerInput, LayerName, KernelSize, Stride, KernelDepth, Groups, Padding, GenParamName, GenParamValue : DLLayerTransposedConvolution)

Erstellen eines Transposed-Convolution-Layers.

Der Operator `create_dl_layer_transposed_convolution` erstellt einen Transposed-Convolution-Layer, dessen Handle in `DLLayerTransposedConvolution` zurückgegeben wird.

Der Parameter `DLLayerInput` bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der Parameter `KernelSize` bestimmt den Filterkernel in den Dimensionen `Breite` und `Höhe`. Aktuell werden nur quadratische Kernels unterstützt.

Restriktion: Wert muss ein Tupel der Länge 1 sein.

Der Parameter `Stride` bestimmt wie der Filter in `Zeilen`- und `Spalten`-Richtung verschoben wird.

Restriktion: Wert muss ein Tupel der Länge 1 sein.

Der Parameter `KernelDepth` bestimmt die Tiefe der Ausgabemerkmalskarten.

Restriktion: Wert muss ein Tupel der Länge 1 sein.

Der Parameter `Groups` bestimmt die Anzahl Filtergruppen. Aktuell wird nur eine einzelne Filtergruppe unterstützt.

Restriktion: Wert muss ein Tupel der Länge 1 sein.

Der Parameter `Padding` bestimmt das Padding, also wie viele Pixel mit dem Wert 0 an den Rand des zu verarbeitenden Eingabebildes hinzugefügt werden. Die Anzahl der Pixel ergibt sich aus: $\texttt{KernelSize} - 1 - \texttt{Padding}$. Dadurch sind ein Faltungs-Layer und ein Transposed-Convolution-Layer mit denselben `KernelSize`-, `Stride`- und `Padding`- Werten invers zueinander in Bezug auf ihre Eingabe- und Ausgabeform. Unterstützte Werte für `Padding` sind:

- *'half_kernel_size'*: Der Zahlenwert von `Padding` in der obigen Formel hängt von der angegebenen `KernelSize` ab und wird berechnet als $\lfloor \texttt{KernelSize}/2 \rfloor$.
- *'none'*: Der Zahlenwert von `Padding` in der obigen Formel ist 0.
- Anzahl der Pixel: Gibt den Zahlenwert von `Padding` in der obigen Formel für den jeweiligen Rand an. Dazu werden die folgenden Tupellängen unterstützt:
  - Einzelne Zahl: Wert von `Padding` in in allen vier Richtungen links/rechts/oben/unten.
  - Zwei Zahlen: Wert von `Padding` links/rechts und oben/unten: `[l/r, o/u]`.
  - Vier Zahlen: Wert von `Padding` links, rechts, oben, unten: `[l,r,o,u]`.
    Restriktion: *'runtime' 'gpu'* unterstützt kein asymmetrisches Padding, d.h., dass die Padding-Werte für die linke und rechte Seite gleich sein müssen, ebenso wie die Padding-Werte für die obere und untere Seite.

  Restriktion: Die ganzzahligen Padding-Werte müssen kleiner sein als der für `KernelSize` eingestellte Wert in der entsprechenden Dimension.

Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die entsprechenden Werte GenParamValue werden unterstützt:

'bias_term': Bestimmt, ob der Layer Bias-Terme hat.
Default: *'true'*

'is_inference_output': Bestimmt, ob apply_dl_model die Ausgabe dieses Layers im Dictionary DLResultBatch zurückgibt, auch ohne den Layer in Outputs anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

'learning_rate_multiplier': Multiplikator für die Lernrate für diesen Layer, die beim Training verwendet wird. Wenn *'learning_rate_multiplier'* = *0.0*, wird der Layer beim Training übersprungen.
Default: *1.0*

'output_padding': Kann verwendet werden um Mehrdeutigkeiten in der Ausgabeform aufzulösen falls KernelSize und Stride größer als *1* sind. Wie in der Beschreibung des Parameters Padding angemerkt, kann der Transposed Convolution Layer in Bezug auf die Eingabe- und Ausgabeform als invers zu einem Faltungs-Layer mit den gleichen Einstellungen für KernelSize, Stride und Padding (und Dilation) angesehen werden. Allerdings kann ein Faltungs-Layer mehrere Eingabeformen auf die gleiche Ausgabeform abbilden. Zum Beispiel erhält man mit den Parametern KernelSize *3*, Padding *1* und Stride *2* sowohl für eine Eingabeform mit (H, W) = *'(4, 4)'*, als auch für eine Eingabeform mit (H, W) = *'(3, 3)'* eine Ausgabeform mit (H, W) = *'(2, 2)'*. Um mit einem Transposed Convolution Layer (mit den gleichen Einstellungen für KernelSize, Stride und Padding) zurück auf eine Form mit (H, W) = *'(4, 4)'* zu kommen, muss *'output_padding'* auf *1* gesetzt werden. *'output_padding'* kann höchstens so groß sein wie das unter und rechte Padding und kann nur größer als *0* gesetzt werden falls Stride größer als *1* ist.
Default: *0*

'weight_filler': Bestimmt den Modus wie die Gewichte initialisiert werden. Siehe create_dl_layer_convolution für eine detaillierte Erläuterung dieses Parameters und seiner Werte.
Werteliste: *'xavier'*, *'msra'*, *'const'*
Default: *'xavier'*

'weight_filler_const_val': Siehe create_dl_layer_convolution für eine detaillierte Erläuterung dieses Parameters und seiner Werte.
Default: *0.5*

'weight_filler_variance_norm': Wertebereich von *'weight_filler'*. Siehe create_dl_layer_convolution für eine detaillierte Erläuterung dieses Parameters und seiner Werte.
Werteliste: *'norm_average'*, *'norm_in'*, *'norm_out'*, konstanter Wert (wenn *'weight_filler'* = *'msra'*)
Default: *'norm_in'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit create_dl_layer_transposed_convolution erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit set_dl_model_layer_param gesetzt werden können und welche mit get_dl_model_layer_param oder get_dl_layer_param ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren set_dl_model_layer_param und get_dl_model_layer_param ein Modell benötigen, das mit create_dl_model erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'groups' (Groups)		x
'input_depth'		x
'input_layer' (DLLayerInput)		x
'kernel_depth' (KernelDepth)		x
'kernel_size' (KernelSize)		x
'name' (LayerName)	x	x
'output_layer' (DLLayerTransposedConvolution)		x
'padding_type' (Padding)		x
'shape'		x
'stride' (Stride)		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'bias_term'		x
'is_inference_output'	x	x
'learning_rate_multiplier'	x	x
'num_trainable_params'		x
'output_padding'		x
'weight_filler'	x	x
'weight_filler_const_val'	x	x
'weight_filler_variance_norm'	x	x

Parameter

▷ **DLLayerInput** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Zuführender Layer.

▷ **LayerName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **KernelSize** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Breite und Höhe des Filterkernels.
Default: 3

▷ **Stride** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Schrittweite des Filters.
Default: 1

▷ **KernelDepth** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Tiefe der Filterkernel.
Default: 64

▷ **Groups** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Anzahl Filtergruppen.
Default: 1

▷ **Padding** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *string* / integer
Padding-Typ.
Default: 'none'
Werteliste: `Padding` ∈ {'none', 'half_kernel_size', [all], [width,height], [left,right,top,bottom]}
Wertevorschläge: `Padding` ∈ {'none', 'half_kernel_size'}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'bias_term', 'is_inference_output', 'learning_rate_multiplier', 'output_padding', 'weight_filler', 'weight_filler_const_val', 'weight_filler_variance_norm'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'xavier', 'msra', 'const', 'norm_in', 'norm_out', 'norm_average', 'true', 'false'}

▷ **DLLayerTransposedConvolution** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Transposed-Convolution-Layer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_zoom_factor (: : DLLayerInput, LayerName, ScaleWidth, ScaleHeight, Interpolation, AlignCorners, GenParamName, GenParamValue : DLLayerZoom)

Erstellen eines Zoom-Layers, der Größenfaktoren verwendet.

Der Operator create_dl_layer_zoom_factor erstellt einen Zoom-Layer, der Größenfaktoren verwendet und gibt das Layer-Handle in DLLayerZoom zurück.

Der Parameter DLLayerInput bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter LayerName legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit create_dl_model jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Die Parameter ScaleWidth und ScaleHeight bestimmen das Verhältnis zwischen der Ausgabe- und der entsprechenden Eingabedimension. Zusammen definieren sie die Ausgabegröße des Zoom-Layers DLLayerZoom.

Der Parameter Interpolation bestimmt den Interpolationsmodus. Aktuell werden die Modi *'bilinear'* und *'nearest_neighbor'* unterstützt.

Der Parameter AlignCorners bestimmt wie Koordinaten vom Ausgabe- zum Eingabebild transformiert werden. Alternativ, können mit dem generischen Parameter *'coordinate_transformation_mode'* weitere Transformationsmodi gesetzt werden. Es gilt zu beachten, dass sich die Spezifikationen beider Parameter nicht widersprechen dürfen:

AlignCorners = *'true'* und optional *'coordinate_transformation_mode'* = *'align_corners'*: Die Transformation wird im Kartesischen Nicht-Standard Koordinatensystem in HALCON angewendet (Ecken-zentriert, mit dem Ursprung in der linken oberen Ecke, siehe Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen). Wird beispielsweise x als Achse verwendet, folgt daraus:

$$x_{input} = x_{output} * (length_{input} - 1)/(length_{output} - 1)$$

'false': *'coordinate_transformation_mode'* = *'half_pixel'* ***(default)*:** Die Transformation wird im HALCON Standard-Koordinatensystem angewendet (Pixel-zentriert, mit dem Ursprung in der Mitte des linken oberen Pixels, siehe Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen). Wird beispielsweise x als Achse verwendet, folgt daraus:

$$x_{input} = (x_{output} + 0.5) * length_{input}/length_{output} - 0.5$$

'coordinate_transformation_mode' = *'pytorch_half_pixel'*:

$$x_{input} = length_{output} > 1?(x_{output} + 0.5) * length_{input}/length_{output} - 0.5 : 0.0$$

'coordinate_transformation_mode' = *'asymmetric'*: Die Transformation wird asymmetrisch angewendet. Wird beispielsweise x als Achse verwendet, folgt daraus:

$$x_{input} = x_{output} * length_{input}/length_{output}$$

Die folgenden generischen Parameter GenParamName und die entsprechenden Werte GenParamValue werden unterstützt:

'coordinate_transformation_mode': Definiert wie die Transformation von Ausgabe- zu Eingabepixeln bestimmt wird. Wenn er nicht spezifiert ist, wird die Transformation durch AlignCorners bestimmt.

Default: *'half_pixel'*

'nearest_mode': Bestimmt, welcher der "nächste"Pixel im Eingabebild ist. Dieser Parameter ist nur relevant, wenn Interpolation auf *'nearest_neighbor'* gesetzt ist.

Wertevorschläge: *'round_prefer_floor'*, *'round_prefer_ceil'*, *'floor'*, *'ceil'*

Default: *'round_prefer_floor'*

'is_inference_output': Bestimmt, ob apply_dl_model die Ausgabe dieses Layers im Dictionary DLResultBatch zurückgibt, auch ohne den Layer in Outputs anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).

Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_zoom_factor` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'align_corners' (`AlignCorners`)	x	x
'coordinate_transformation_mode'	x	x
'input_layer' (`DLLayerInput`)		x
'interpolation_mode' (`Interpolation`)		x
'name' (`LayerName`)	x	x
'nearest_mode'	x	x
'output_layer' (`DLLayerZoom`)		x
'scale_params' (`ScaleWidth` und `ScaleHeight`)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

▷ **`DLLayerInput`** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Zuführender Layer.

▷ **`LayerName`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **`ScaleWidth`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Verhältnis Ausgabe-/Eingabebreite des Layers.
Default: 2.0

▷ **`ScaleHeight`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Verhältnis Ausgabe-/Eingabehöhe des Layers.
Default: 2.0

▷ **`Interpolation`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Interpolationsmodus.
Default: 'bilinear'
Werteliste: `Interpolation` ∈ {'bilinear', 'nearest_neighbor'}

▷ **`AlignCorners`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Typ der Koordinatentransformation zwischen Ausgabe-/Eingabebild.
Default: 'false'
Werteliste: `AlignCorners` ∈ {'true', 'false'}

▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'coordinate_transformation_mode', 'is_inference_output', 'nearest_mode'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'align_corners', 'asymmetric', 'pytorch_half_pixel', 'half_pixel', 'true', 'false', 'ceil', 'floor', 'round_prefer_ceil', 'round_prefer_floor'}

▷ **`DLLayerZoom`** (output_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Zoom-Layer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`create_dl_layer_zoom_size`, `create_dl_layer_zoom_to_layer_size`

Modul

Deep Learning Professional

```
create_dl_layer_zoom_size ( : : DLLayerInput, LayerName, Width,
    Height, Interpolation, AlignCorners, GenParamName,
    GenParamValue : DLLayerZoom )
```

Erstellen eines Zoom-Layers, der eine absolute Ausgabegröße verwendet.

Der Operator `create_dl_layer_zoom_size` erstellt einen Zoom-Layer, der eine absolute Ausgabegröße verwendet und gibt das Layer-Handle in `DLLayerZoom` zurück.

Der Parameter `DLLayerInput` bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter `LayerName` legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit `create_dl_model` jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Die Parameter `Width` und `Height` bestimmen die absolute Ausgabegröße des Zoom-Layers `DLLayerZoom`.

Der Parameter `Interpolation` bestimmt den Interpolationsmodus. Aktuell werden die Modi *'bilinear'* und *'nearest_neighbor'* unterstützt.

Der Parameter `AlignCorners` bestimmt wie Koordinaten vom Ausgabe- zum Eingabebild transformiert werden. Alternativ, können mit dem generischen Parameter *'coordinate_transformation_mode'* weitere Transformationsmodi gesetzt werden. Es gilt zu beachten, dass sich die Spezifikationen beider Parameter nicht widersprechen dürfen:

`AlignCorners` = *'true'* und optional *'coordinate_transformation_mode'* = *'align_corners'*: Die Transformation wird im Kartesischen Nicht-Standard Koordinatensystem in HALCON angewendet (Ecken-zentriert, mit dem Ursprung in der linken oberen Ecke, siehe Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen). Wird beispielsweise x als Achse verwendet, folgt daraus:

$$x_{input} = x_{output} * (length_{input} - 1)/(length_{output} - 1)$$

***'false'*: *'coordinate_transformation_mode'* = *'half_pixel'* *(default)*:** Die Transformation wird im HALCON Standard-Koordinatensystem angewendet (Pixel-zentriert, mit dem Ursprung in der Mitte des linken oberen Pixels, siehe Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen). Wird beispielsweise x als Achse verwendet, folgt daraus:

$$x_{input} = (x_{output} + 0.5) * length_{input}/length_{output} - 0.5$$

***'coordinate_transformation_mode'* = *'pytorch_half_pixel'*:**

$$x_{input} = length_{output} > 1?(x_{output} + 0.5) * length_{input}/length_{output} - 0.5 : 0.0$$

***'coordinate_transformation_mode'* = *'asymmetric'*:** Die Transformation wird asymmetrisch angewendet. Wird beispielsweise x als Achse verwendet, folgt daraus:

$$x_{input} = x_{output} * length_{input}/length_{output}$$

Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die entsprechenden Werte `GenParamValue` werden unterstützt:

'coordinate_transformation_mode': Definiert wie die Transformation von Ausgabe- zu Eingabepixeln bestimmt wird. Wenn er nicht spezifiert ist, wird die Transformation durch `AlignCorners` bestimmt.
Default: *'half_pixel'*

'nearest_mode': Bestimmt, welcher der "nächste"Pixel im Eingabebild ist. Dieser Parameter ist nur relevant, wenn `Interpolation` auf *'nearest_neighbor'* gesetzt ist.
Wertevorschläge: *'round_prefer_floor'*, *'round_prefer_ceil'*, *'floor'*, *'ceil'*
Default: *'round_prefer_floor'*

'is_inference_output': Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt, auch ohne den Layer in `Outputs` anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).
Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_zoom_size` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-Parameter	set	get
'align_corners' (`AlignCorners`)	x	x
'coordinate_transformation_mode'	x	x
'input_layer' (`DLLayerInput`)		x
'interpolation_mode' (`Interpolation`)		x
'name' (`LayerName`)	x	x
'nearest_mode'	x	x
'output_layer' (`DLLayerZoom`)		x
'scale_params' (`Width` und `Height`)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	set	get
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

▷ **`DLLayerInput`** (input_control) ..... dl_layer ⇝ *handle*
Zuführender Layer.

▷ **`LayerName`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **`Width`** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
Absolute Breite des Ausgabelayers.
Default: 100

▷ **`Height`** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
Absolute Höhe des Ausgabelayers.
Default: 100

▷ **`Interpolation`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Interpolationsmodus.
Default: 'bilinear'
Werteliste: `Interpolation` ∈ {'bilinear', 'nearest_neighbor'}

▷ **`AlignCorners`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Typ der Koordinatentransformation zwischen Ausgabe-/Eingabebild.
Default: 'false'
Werteliste: `AlignCorners` ∈ {'true', 'false'}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'coordinate_transformation_mode', 'is_inference_output', 'nearest_mode'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'align_corners', 'asymmetric', 'pytorch_half_pixel', 'half_pixel', 'true', 'false', 'ceil', 'floor', 'round_prefer_ceil', 'round_prefer_floor'}

▷ **DLLayerZoom** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Zoom-Layer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

create_dl_layer_zoom_factor, create_dl_layer_zoom_to_layer_size

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_layer_zoom_to_layer_size (: : DLLayerInput, DLLayerReference, LayerName, Interpolation, AlignCorners, GenParamName, GenParamValue : DLLayerZoom)

Erstellen eines Zoom-Layers, der die Ausgabegröße eines Referenzlayers verwendet.

Der Operator create_dl_layer_zoom_to_layer_size erstellt einen Zoom-Layer, der die Ausgabegröße eines Referenzlayers verwendet und das Layer-Handle in DLLayerZoom zurückgibt.

Der Parameter DLLayerInput bestimmt den zuführenden Eingabelayer und erwartet das Layer-Handle als Wert.

Der Parameter DLLayerReference wird verwendet um die Ausgabegröße des Zoom-Layers DLLayerZoom festzulegen: die Größe wird an die Ausgabegröße von DLLayerReference angepasst.

Der Parameter LayerName legt einen individuellen Layernamen fest. Es ist zu beachten, dass beim Erstellen eines Modells mit create_dl_model jeder Layer des erstellten Netzes einen eindeutigen Namen haben muss.

Der Parameter Interpolation bestimmt den Interpolationsmodus. Aktuell werden die Modi *'bilinear'* und *'nearest_neighbor'* unterstützt.

Der Parameter AlignCorners bestimmt wie Koordinaten vom Ausgabe- zum Eingabebild transformiert werden. Alternativ, können mit dem generischen Parameter *'coordinate_transformation_mode'* weitere Transformationsmodi gesetzt werden. Es gilt zu beachten, dass sich die Spezifikationen beider Parameter nicht widersprechen dürfen:

AlignCorners = *'true'* und optional *'coordinate_transformation_mode'* = *'align_corners'*: Die Transformation wird im Kartesischen Nicht-Standard Koordinatensystem in HALCON angewendet (Ecken-zentriert, mit dem Ursprung in der linken oberen Ecke, siehe Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen). Wird beispielsweise x als Achse verwendet, folgt daraus:

$$x_{input} = x_{output} * (length_{input} - 1)/(length_{output} - 1)$$

***'false'*: *'coordinate_transformation_mode'* = *'half_pixel'* *(default)*:** Die Transformation wird im HALCON Standard-Koordinatensystem angewendet (Pixel-zentriert, mit dem Ursprung in der Mitte des linken oberen Pixels, siehe Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen). Wird beispielsweise x als Achse verwendet, folgt daraus:

$$x_{input} = (x_{output} + 0.5) * length_{input}/length_{output} - 0.5$$

'coordinate_transformation_mode' **=** *'pytorch_half_pixel'***:**

$$x_{input} = length_{output} > 1?(x_{output} + 0.5) * length_{input}/length_{output} - 0.5 : 0.0$$

'coordinate_transformation_mode' **=** *'asymmetric'***:** Die Transformation wird asymmetrisch angewendet. Wird beispielsweise x als Achse verwendet, folgt daraus:

$$x_{input} = x_{output} * length_{input}/length_{output}$$

Die folgenden generischen Parameter `GenParamName` und die entsprechenden Werte `GenParamValue` werden unterstützt:

*'coordinate_transformation_mode'***:** Definiert wie die Transformation von Ausgabe- zu Eingabepixeln bestimmt wird. Wenn er nicht spezifiert ist, wird die Transformation durch `AlignCorners` bestimmt.

Default: *'half_pixel'*

*'nearest_mode'***:** Bestimmt, welcher der "nächste"Pixel im Eingabebild ist. Dieser Parameter ist nur relevant, wenn `Interpolation` auf *'nearest_neighbor'* gesetzt ist.

Wertevorschläge: *'round_prefer_floor'*, *'round_prefer_ceil'*, *'floor'*, *'ceil'*

Default: *'round_prefer_floor'*

*'is_inference_output'***:** Bestimmt, ob `apply_dl_model` die Ausgabe dieses Layers im Dictionary `DLResultBatch` zurückgibt, auch ohne den Layer in `Outputs` anzugeben (*'true'*), oder nur falls er angegeben wird (*'false'*).

Default: *'false'*

Bestimmte Parameter von Layern, die mit `create_dl_layer_zoom_to_layer_size` erzeugt wurden, können mit weiteren Operatoren gesetzt und abgerufen werden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick, welche Parameter mit `set_dl_model_layer_param` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_param` oder `get_dl_layer_param` ausgelesen werden können. Es ist zu beachten, dass die Operatoren `set_dl_model_layer_param` und `get_dl_model_layer_param` ein Modell benötigen, das mit `create_dl_model` erzeugt wurde.

Layer-Parameter	**set**	**get**
'align_corners' (`AlignCorners`)	x	x
'coordinate_transformation_mode'	x	x
'input_layer' (`DLLayerInput`)		x
'interpolation_mode' (`Interpolation`)		x
'name' (`LayerName`)	x	x
'nearest_mode'	x	x
'output_layer' (`DLLayerZoom`)		x
'scale_params' (`DLLayerReference`)		x
'shape'		x
'type'		x

Generische Layer-Parameter	**set**	**get**
'is_inference_output'	x	x
'num_trainable_params'		x

Parameter

▷ **`DLLayerInput`** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Zuführender Layer.

▷ **`DLLayerReference`** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Referenzlayer, der die Ausgabegröße festlegt.

▷ **`LayerName`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **Interpolation** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Interpolationsmodus.
Default: 'bilinear'
Werteliste: `Interpolation` ∈ {'bilinear', 'nearest_neighbor'}

▷ **AlignCorners** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Typ der Koordinatentransformation zwischen Ausgabe-/Eingabebild.
Default: 'false'
Werteliste: `AlignCorners` ∈ {'true', 'false'}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'coordinate_transformation_mode', 'is_inference_output', 'nearest_mode'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Eingabeparameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'align_corners', 'asymmetric', 'pytorch_half_pixel', 'half_pixel', 'true', 'false', 'ceil', 'floor', 'round_prefer_ceil', 'round_prefer_floor'}

▷ **DLLayerZoom** (output_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
Zoom-Layer.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`create_dl_layer_zoom_size`, `create_dl_layer_zoom_factor`

Modul

Deep Learning Professional

create_dl_model (: : OutputLayers : DLModelHandle)

Erstellen eines Deep Learning-Modells.

Der Operator `create_dl_model` erstellt ein Deep Learning-Modell aus einem Graph und gibt dessen Handle in `DLModelHandle` zurück.

Ein Deep Learning-Modell in HALCON besteht hauptsächlich aus einem gerichteten azyklischen Graphen, der die Architektur des Netzwerks definiert. Weitere Komponenten eines Deep Learning-Modells in HALCON sind Parameter wie *'class_names'*, *'class_ids'* und viele andere, oder Hyperparameter, die zum Trainieren eines Modells benötigt werden, wie z.B. *'learning_rate'*. Während Parameter und Hyperparameter nach der Erstellung des Modells mit `set_dl_model_param` gesetzt werden können, kann das Modell selbst nur mit `create_dl_model` erstellt werden, wenn seine Netzarchitektur in Form eines Graphen gegeben ist.

Um einen Graphen zu erstellen, der die Netzwerkarchitektur des Modells definiert, muss man die Netzwerklayer zusammensetzen. Im Allgemeinen beginnt ein Graph mit einem Eingabelayer. Ein nachfolgender Layer, der direkt auf den Eingabelayer folgt, verwendet den Eingabelayer als zuführenden Layer und wird möglicherweise selbst zum zuführenden Layer eines nächsten Layers und so weiter. Dies wird wiederholt, bis die Ausgabelayer des Graphen (z.B. Softmax- oder Loss-Layer) an den Graphen angehängt sind. Um einen Layer zu erstellen, kann der zur Erstellung spezifizierte Operator verwendet werden, z.B. wird ein Eingabelayer mit `create_dl_layer_input` erzeugt, ein Convolution-Layer mit `create_dl_layer_convolution`, usw.

Wenn der Graph definiert ist, kann ein Modell mit `create_dl_model` erstellt werden, indem die Handle der Ausgabelayer des Graphen in `OutputLayers` übergeben werden. Es ist zu beachten, dass die Handles der Ausgabelayer bei ihrer Erstellung alle anderen Layer speichern, die direkt oder indirekt als zuführende Eingabelayer für die Ausgabelayer dienen. Das bedeutet, dass die Handles der Ausgabelayer die gesamte Netzarchitektur, die für die Erstellung des Modells mit `create_dl_model` erforderlich ist, beinhalten.

Der Typ des erzeugten Modells, also die Aufgabe, für die das Modell ausgelegt ist (Klassifikation, Objekterkennung, Segmentierung), ist nur durch die Netzwerkarchitektur vorgegeben. Wenn die Netzwerkarchitektur es jedoch zulässt, kann der Typ des Modells (*'type'*) mit `set_dl_model_param` gesetzt werden. Ein festgelegter Modelltyp ermöglicht eine benutzerfreundlichere Verwendung im HALCON Deep-Learning-Workflow. Unterstützte Typen sind:

'generic': Dies ist der Standard-Modelltyp. Die Aufgabe, die das Neuronale Netz des Modells lösen kann, wird durch seine Architektur definiert. Wenn `apply_dl_model` zur Inferenz angewendet wird, liefert der Operator die Aktivierungen der Ausgabelayer zurück. Um das Modell mit `train_dl_model_batch` zu trainieren, benötigt der zugrundeliegende Graph Loss-Layer.

'classification': Das Modell wird für Klassifizierung spezifiziert und alle für das Training des Modells erforderlichen Layer werden an das Modell angepasst. Wenn `apply_dl_model` für die Inferenz angewendet wird, wird die Ausgabe dem Typ entsprechend angepasst, siehe `apply_dl_model` für weitere Details. Siehe Deep Learning / Klassifikation für zusätzliche Informationen.

Zusätzlich kann der Operator `gen_dl_model_heatmap` verwendet werden, um die Heatmap des Modells anzuzeigen.

'detection': Das Modell wird für die Objektdetektion und Instanz-Segmentierung spezifiziert und alle für das Training des Modells erforderlichen Layer und Anchors werden an das Modell angepasst. Wenn `apply_dl_model` für die Inferenz angewendet wird, wird die Ausgabe dem Typ entsprechend angepasst, siehe `apply_dl_model` für weitere Details. Siehe Deep Learning / Objektdetektion und Instanz-Segmentierung für zusätzliche Informationen.

'multi_label_classification': Das Modell wird für Multi-Label-Klassifizierung spezifiziert und alle für das Training des Modells erforderlichen Layer werden an das Modell angepasst. Wenn `apply_dl_model` für die Inferenz angewendet wird, wird die Ausgabe dem Typ entsprechend angepasst, siehe `apply_dl_model` für weitere Details. Siehe Deep Learning / Multi-Label-Klassifikation für zusätzliche Informationen.

'segmentation': Das Modell wird für Semantische Segmentierung bzw. Kantenextraktion spezifiziert und alle für das Training des Modells erforderlichen Layer werden an das Modell angepasst. Wenn `apply_dl_model` für die Inferenz angewendet wird, wird die Ausgabe dem Typ entsprechend angepasst, siehe `apply_dl_model` für weitere Details. Siehe Deep Learning / Semantische Segmentierung und Kantenextraktion für zusätzliche Informationen.

Außerdem stellen viele Deep Learning-Prozeduren mehr Funktionalität für das Modell zur Verfügung, wenn dessen Typ gesetzt wird. Beispielsweise kann `dev_display_dl_data` verwendet werden, um die abgeleiteten Ergebnisse einfacher darzustellen.

Es ist zu beachten, dass das Setzen eines Modelltyps voraussetzt, dass der Graph bestimmte Strukturbedingungen erfüllt. Wir empfehlen, sich an der Architektur der von uns gelieferten Neuronalen Netze zu orientieren, wenn der Modelltyp auf einen dieser Typen gesetzt werden soll.

Parameter

▷ **`OutputLayers`** (input_control) ..... dl_layer(-array) ⇝ *handle*
Ausgabelayer des Graphen.

▷ **`DLModelHandle`** (output_control) ..... dl_model ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_dl_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

create_dl_layer_softmax, create_dl_layer_loss_cross_entropy, create_dl_layer_loss_focal, create_dl_layer_loss_huber

Nachfolger

set_dl_model_param

Modul

Deep Learning Professional

get_dl_layer_param (: : DLLayer, GenParamName : GenParamValue)

Auslesen der Parameter eines Deep Learning-Layers.

Der Operator get_dl_layer_param gibt den Parameter GenParamName des Deep Learning-Layers DLLayer in GenParamValue zurück.

Je nach Layertyp sind unterschiedliche Parameter gültig. Welche generischen und Layer-spezifischen Parameter abgefragt werden können, ist in den spezifischen Referenzen der Operatoren zur Layer-Erstellung (create_dl_layer_*) beschrieben.

Parameter

- ▷ **DLLayer** (input_control) . . . . . dl_layer ⇝ *handle*
  Layer.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
  Ausgelesener Parameter.
  Default: 'shape'
  Werteliste: GenParamName ∈ {'input_layer', 'name', 'shape', 'type'}
- ▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *real* / integer / string / handle
  Wert des ausgelesenen Parameters.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

get_dl_model_layer (: : DLModelHandle, LayerNames : DLLayers)

Erstellen einer tiefen Kopie von Layern und all ihrer Vorgänger im Graph eines Deep Learning-Modells.

Der Operator get_dl_model_layer erzeugt eine tiefe Kopie jedes in LayerNames genannten Layers und aller ihrer Vorgänger im Graph des Deep Learning-Modell DLModelHandle. Die eindeutigen Layernamen können über get_dl_model_param mit der Option *'summary'* abgefragt werden.

Die in DLLayers zurückgegebenen Ausgabelayer können als Eingabe für die Operatoren create_dl_layer_* und create_dl_model verwendet werden, um neue Modellarchitekturen auf Basis bestehender Modelle zu erstellen.

Um mehrere Layer eines einzelnen Modells zu erhalten, müssen diese Layer in einem einzelnen Aufruf als Tupel in LayerNames an get_dl_model_layer übergeben werden. Dadurch werden mehrfache tiefe Kopien von gemeinsamen Vorgängern im Graph vermieden.

Beispiel:

```
get_dl_model_layer(DLModelHandleOrig, ['layer_name_3',
'layer_name_6'], DLLayersOutput)
create_dl_model([DLLayersOutput], DLModelHandle)
```

Es ist zu beachten, dass die Ausgabelayer Kopien sind. Sie enthalten die gleichen Gewichte und Einstellungen wie im gegebenen Eingabemodell, aber sie sind eindeutige Kopien. Das bestehende Modell kann nicht verändert werden, indem die Ausgabelayer geändert werden.

Parameter

- ▷ **DLModelHandle** (input_control) . . . . . dl_model ⇝ *handle*
  Handle des Deep Learning-Modells.
- ▷ **LayerNames** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Namen der zu kopierenden Layer.
- ▷ **DLLayers** (output_control) . . . . . dl_layer(-array) ⇝ *handle*
  Kopien der Layer und all ihrer Vorgänger.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`read_dl_model`

Nachfolger

`create_dl_model`, `create_dl_layer_activation`, `create_dl_layer_batch_normalization`, `create_dl_layer_class_id_conversion`, `create_dl_layer_class_id_conversion`, `create_dl_layer_concat`, `create_dl_layer_convolution`, `create_dl_layer_dense`, `create_dl_layer_depth_max`, `create_dl_layer_dropout`, `create_dl_layer_elementwise`, `create_dl_layer_loss_cross_entropy`, `create_dl_layer_loss_ctc`, `create_dl_layer_loss_distance`, `create_dl_layer_loss_focal`, `create_dl_layer_loss_huber`, `create_dl_layer_lrn`, `create_dl_layer_pooling`, `create_dl_layer_reduce`, `create_dl_layer_reshape`, `create_dl_layer_softmax`, `create_dl_layer_transposed_convolution`, `create_dl_layer_zoom_factor`, `create_dl_layer_zoom_size`, `create_dl_layer_zoom_to_layer_size`

Modul

Deep Learning Professional

get_dl_model_layer_activations (: Activations : DLModelHandle, LayerName :)

Auslesen der Aktivierungen eines Deep Learning-Modell-Layers.

Der Operator `get_dl_model_layer_activations` gibt die Aktivierungen `Activations` des angegebenen Layers `LayerName` des Modells `DLModelHandle` zurück.

`Activations` ist ein Tupel mit `Batchgröße`-vielen Objekten. Dabei ist jedes Objekt ein Bild der Größe (`Breite`, `Höhe`, `Tiefe`) des angegebenen Layers `LayerName`.

Parameter

- ▷ **Activations** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object : real*
  Ausgabeaktivierungen.
- ▷ **DLModelHandle** (input_control) . . . . . dl_model ⇝ *handle*
  Handle des Deep Learning-Modells.
- ▷ **LayerName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Name des abzufragenden Layers.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

get_dl_model_layer_gradients (: Gradients : DLModelHandle, LayerName :)

Auslesen der Gradienten eines Deep Learning-Modell-Layers.

Der Operator get_dl_model_layer_gradients gibt die Gradienten Gradients des angegebenen Layers LayerName des Modells DLModelHandle zurück.

Gradients ist ein Tupel mit Batchgröße-vielen Objekten. Dabei ist jedes Objekt ein Bild der Größe (Breite, Höhe, Tiefe) des angegebenen Layers LayerName.

Parameter

▷ **Gradients** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* real
Ausgabegradienten.

▷ **DLModelHandle** (input_control) ..... dl_model ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-Modells.

▷ **LayerName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des abzufragenden Layers.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

get_dl_model_layer_param (: : DLModelHandle, LayerName, ParamName : ParamValue)

Auslesen der Parameterwerte des angegebenen Layers.

Der Operator get_dl_model_layer_param gibt für den angegebenen Layer den Wert des Parameters ParamName in ParamValue zurück. Der Layername LayerName bezieht sich auf den im Model DLModelHandle zugeordneten Namen. Die Layernamen können über die Option *'layer_names'* oder *'summary'* mit get_dl_model_param ausgelesen werden.

Welche generischen und Layer-spezifischen Parameter abgefragt werden können wird in den spezifischen Operatorreferenzen (create_dl_layer_*) beschrieben.

Parameter

▷ **DLModelHandle** (input_control) ..... dl_model ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-Modells.

▷ **LayerName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des Ausgabelayers.

▷ **ParamName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des abgefragten Parameters.
Default: 'type'
Werteliste: ParamName ∈ {'bias_filler', 'bias_filler_variance_norm', 'bias_filler_const_val', 'bias_term', 'input_layer', 'is_inference_output', 'alpha', 'learning_rate_multiplier', 'learning_rate_multiplier_bias', 'name', 'num_trainable_params', 'output_layer', 'shape', 'type', 'upper_bound', 'weight_filler', 'weight_filler_const_val', 'weight_filler_variance_norm'}
Restriktion: length(ParamName) > 0

▷ **ParamValue** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *string* / real / integer
Wert des abgefragten Parameters.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

get_dl_model_param, set_dl_model_layer_param

Modul

Foundation. Dieser Operator verwendet dynamische Lizenzierung (siehe 'Installation Guide'). Welches der folgenden Module benötigt wird hängt von der Anwendung des Operators ab:
3D Metrology, OCR/OCV, Deep Learning Professional

get_dl_model_layer_weights (: Weights : DLModelHandle, LayerName, WeightsType :)

Auslesen der Gewichte (oder Werte) eines Deep Learning-Modell-Layers.

Der Operator get_dl_model_layer_weights gibt in Weights die Werte eines Layers LayerName des Modells DLModelHandle zurück.

Der Parameter WeightsType bestimmt, welcher Typ von Layerwerten ausgelesen werden. Folgende Werte werden für WeightsType unterstützt:

- *'batchnorm_mean'*: Pro Batch berechnete Mittelwerte zur Normalisierung der Eingaben. Für weitere Informationen, siehe create_dl_layer_batch_normalization.
  Restriktion: Dieser Wert wird nur unterstützt, wenn der Layer vom Typ *'batchnorm'* ist.
- *'batchnorm_mean_avg'*: Durchschnitt der pro Batch berechneten Mittelwerte zur Normalisierung der Eingaben. Für weitere Informationen, siehe create_dl_layer_batch_normalization.
  Restriktion: Dieser Wert wird nur unterstützt, wenn der Layer vom Typ *'batchnorm'* ist.
- *'batchnorm_variance'*: Pro Batch berechnete Varianz zur Normalisierung der Eingaben. Für weitere Informationen, siehe create_dl_layer_batch_normalization.
  Restriktion: Dieser Wert wird nur unterstützt, wenn der Layer vom Typ *'batchnorm'* ist.
- *'batchnorm_variance_avg'*: Durchschnitt der pro Batch berechneten Varianzwerte zur Normalisierung der Eingaben. Für weitere Informationen, siehe create_dl_layer_batch_normalization.
  Restriktion: Dieser Wert wird nur unterstützt, wenn der Layer vom Typ *'batchnorm'* ist.
- *'bias'*: Bias-Werte des Layers.
- *'bias_gradient'*: Gradienten der Bias-Werte des Layers.
- *'bias_gradient_norm_l2'*: Gradienten der Bias-Werte des Layers nach der L2-Norm.
- *'bias_norm_l2'*: Bias-Werte des Layers nach der L2-Norm.
- *'bias_update'*: Aktualisierung der Bias-Werte des Layers. Diese wird beispielsweise in einem Solver verwendet, der die letzte Aktualisierung verwendet.
- *'bias_update_norm_l2'*: Aktualisierung der Bias-Werte des Layers nach der L2-Norm. Diese wird beispielsweise in einem Solver verwendet, der die letzte Aktualisierung verwendet.

- *'weights'*: Gewichte des Layers.
- *'weights_gradient'*: Gradienten der Gewichte des Layers.
- *'weights_gradient_norm_l2'*: Gradienten der Gewichte des Layers nach der L2-Norm.
- *'weights_norm_l2'*: Gewichte des Layers nach der L2-Norm.
- *'weights_update'*: Aktualisierung der Gewichte des Layers. Diese wird beispielsweise in einem Solver verwendet, der die letzte Aktualisierung verwendet.
- *'weights_update_norm_l2'*: Aktualisierung der Gewichte des Layers nach der L2-Norm. Diese wird beispielsweise in einem Solver verwendet, der die letzte Aktualisierung verwendet.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick, welche Parameter für `WeightsType` mit `set_dl_model_layer_weights` gesetzt werden können und welche mit `get_dl_model_layer_weights` ausgelesen werden können.

Layer-Parameter	set	get
'batchnorm_mean'	x	x
'batchnorm_mean_avg'	x	x
'batchnorm_variance'	x	x
'batchnorm_variance_avg'	x	x
'bias'	x	x
'bias_gradient'		x
'bias_gradient_norm_l2'		x
'bias_norm_l2'		x
'bias_update'		x
'bias_update_norm_l2'		x
'weights'	x	x
'weights_gradient'		x
'weights_gradient_norm_l2'		x
'weights_norm_l2'		x
'weights_update'		x
'weights_update_norm_l2'		x

Achtung

Der Operator `get_dl_model_layer_weights` ist nur auf eigens erstellte Netzwerke anwendbar. Für Netzwerke die von HALCON mitgeliefert werden gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

Parameter

▷ **`Weights`** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* real
Ausgabegewichte.

▷ **`DLModelHandle`** (input_control) ..... dl_model ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-Modells.

▷ **`LayerName`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des abzufragenden Layers.

▷ **`WeightsType`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Ausgewählter Typ von Layerwerten, die zurückgegeben werden sollen.
Default: 'weights'
Werteliste: `WeightsType` ∈ {'weights', 'weights_norm_l2', 'weights_update', 'weights_update_norm_l2', 'weights_gradient', 'weights_gradient_norm_l2', 'bias', 'bias_norm_l2', 'bias_update', 'bias_update_norm_l2', 'bias_gradient', 'bias_gradient_norm_l2', 'batchnorm_mean', 'batchnorm_variance', 'batchnorm_mean_avg', 'batchnorm_variance_avg'}

Beispiel

```
set_system ('seed_rand', 42)
* Create a small model network.
```

```
create_dl_layer_input ('input', [InputImageSize[0],InputImageSize[1],1], [],\
                       [], DLGraphNodeInput)
create_dl_layer_convolution (DLGraphNodeInput, 'conv', 3, 1, 1, 2, 1, 'none',\
                             'none', [], [], DLGraphNodeConvolution)
create_dl_layer_activation (DLGraphNodeConvolution, 'relu', 'relu', [], [],\
                            DLGraphNodeActivation)
create_dl_layer_dense (DLGraphNodeActivation, 'dense', 3, [], [],\
                       DLGraphNodeDense)
create_dl_layer_softmax (DLGraphNodeDense, 'softmax', [], [],\
                         DLGraphNodeSoftMax)
create_dl_model (DLGraphNodeSoftMax, DLModelHandle)
*
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'type', 'classification')
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'batch_size', 1)
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'runtime', 'gpu')
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'runtime_init', 'immediately')
*
* Train for 5 iterations.
for TrainIterations := 1 to NumTrainIterations by 1
    train_dl_model_batch (DLModelHandle, DLSample, DLTrainResult)
endfor
*
* Get the gradients, weights, and activations.
get_dl_model_layer_gradients (GradientsSoftmax, DLModelHandle, 'softmax')
get_dl_model_layer_gradients (GradientsDense, DLModelHandle, 'dense')
get_dl_model_layer_gradients (GradientsConv, DLModelHandle, 'conv')
*
get_dl_model_layer_weights (WeightsDense, DLModelHandle, 'dense',\
                            'weights_gradient')
get_dl_model_layer_weights (WeightsConv, DLModelHandle, 'conv',\
                            'weights_gradient')
*
get_dl_model_layer_activations (ActivationsDense,  DLModelHandle, 'dense')
get_dl_model_layer_activations (ActivationsConv,  DLModelHandle, 'conv')
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_dl_model, train_dl_model_batch, set_dl_model_layer_weights

Nachfolger

set_dl_model_layer_weights

Alternativen

get_dl_model_layer_activations, get_dl_model_layer_gradients

Modul

Foundation. Dieser Operator verwendet dynamische Lizenzierung (siehe 'Installation Guide'). Welches der folgenden Module benötigt wird hängt von der Anwendung des Operators ab:
Deep Learning Professional

load_dl_model_weights (: : DLModelHandleSource,
DLModelHandleTarget : ChangesByLayer)

Laden der Gewichte eines Quellmodells in ein Zielmodell.

Der Operator load_dl_model_weights lädt Gewichte eines Quellmodells DLModelHandleSource in ein Zielmodell DLModelHandleTarget. Damit ein Layer des Zielmodells verändert wird, muss im Quellmodell ein Layer existieren, der denselben Namen hat und dessen Gewichte in der gleichen Form vorliegen. Es ist zu beachten, dass DLModelHandleSource sich von DLModelHandleTarget unterscheiden muss, d.h., dasselbe Modell-Handle kann nicht als Quelle und Ziel verwendet werden.

ChangesByLayer ist ein Tupel, das für alle Layer des Zielmodells DLModelHandleTarget angibt, wie viele Gewichte geändert werden. Seine Einträge sind aufsteigend nach den Layer-IDs sortiert. Die Layer-IDs können über den Operator get_dl_model_param mit dem Parameter *'summary'* abgefragt werden.

Es ist zu beachten, dass mit 'Gewichte' alle Gewichte und Bias-Werte aller Layer die solche Werte haben können (z.B., Faltungs-Layer, Batchnormalisierungs-Layer, etc.) gemeint sind.

Parameter

- ▷ **DLModelHandleSource** (input_control) ..... dl_model ⇝ *handle*
  Handle des Deep Learning-Quellmodells.
- ▷ **DLModelHandleTarget** (input_control) ..... dl_model ⇝ *handle*
  Handle des Deep Learning-Zielmodells.
- ▷ **ChangesByLayer** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Gibt für jeden Layer an, wie viele Gewichte gerändert werden.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert load_dl_model_weights den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Deep Learning Professional

set_dl_model_layer_param (: : DLModelHandle, LayerName, ParamName, ParamValue :)

Setzen der Parameterwerte des angegebenen Layers.

Der Operator set_dl_model_layer_param setzt den Wert ParamValue des Parameters ParamName für einen Layer. Der Layername LayerName bezieht sich auf den im Model DLModelHandle zugeordneten Namen. Die Layernamen können über die Option *'layer_names'* oder *'summary'* mit get_dl_model_param ausgelesen werden.

Welche generischen und Layer-spezifischen Parameter gesetzt werden können wird in den Einträgen der Operatoren zur Erstellung der Layer (create_dl_layer_*) beschrieben.

Parameter

- ▷ **DLModelHandle** (input_control) ..... dl_model ⇝ *handle*
  Handle des Deep Learning-Modells.
- ▷ **LayerName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Name des Ausgabelayers.
- ▷ **ParamName** (input_control) ..... attribute.name ⇝ *string*
  Name des gesetzten Parameter.
  Default: []
  Werteliste: ParamName ∈ {'bias_filler', 'bias_filler_variance_norm', 'bias_filler_const_val', 'is_inference_output', 'alpha', 'learning_rate_multiplier', 'learning_rate_multiplier_bias', 'name', 'upper_bound', 'weight_filler', 'weight_filler_const_val', 'weight_filler_variance_norm'}

▷ **ParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Wert des gesetzten Parameter.
Default: []
Werteliste: `ParamValue` ∈ {'xavier', 'msra', 'const', 'norm_in', 'norm_out', 'norm_average', 'true', 'false'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

`set_dl_model_param`, `get_dl_model_param`, `get_dl_model_layer_param`

Modul

Foundation. Dieser Operator verwendet dynamische Lizenzierung (siehe 'Installation Guide'). Welches der folgenden Module benötigt wird hängt von der Anwendung des Operators ab:
3D Metrology, OCR/OCV, Deep Learning Professional

set_dl_model_layer_weights (Weights : : DLModelHandle, LayerName, WeightsType :)

Setzen der Gewichte (oder Werte) eines Deep Learning-Modell-Layers.

Der Operator `set_dl_model_layer_weights` setzt die in `Weights` gegebenen Gewichte für das Modell `DLModelHandle` im Layer `LayerName`.

Der Parameter `WeightsType` bestimmt, welcher Typ von Layerwerten gesetzt wird. Welche Werte gesetzt werden können kann in der Dokumentation zu `get_dl_model_layer_weights` nachgelesen werden.

Achtung

Der Operator `set_dl_model_layer_weights` ist nur auf eigens erstellte Netzwerke anwendbar. Für Netzwerke die von HALCON mitgeliefert werden hat der Operator keine Auswirkung.

Parameter

▷ **Weights** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object : real*
Eingabegewichte.

▷ **DLModelHandle** (input_control) . . . . . dl_model ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-Modells.

▷ **LayerName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Layers, dessen Gewichte gesetzt werden sollen.

▷ **WeightsType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Ausgewählter Typ von Layerwerten, die gesetzt werden sollen.
Default: 'weights'
Werteliste: `WeightsType` ∈ {'weights', 'bias', 'batchnorm_mean', 'batchnorm_variance', 'batchnorm_mean_avg', 'batchnorm_variance_avg'}

Beispiel

```
* Create weights for a convolution layer.
gen_image_const (Weights, 'real', 1, 1)
paint_region (Weights, Weights, Weights, 1, 'fill')
gen_empty_obj (WeightsArray)
for Index := 0 to 10 by 1
    concat_obj (WeightsArray, Weights, WeightsArray)
endfor
*
* Input image with rows consisting of 1s to 10s.
gen_image_const (Image, 'real', 10, 10)
```

```
for Index := 0 to 9 by 1
    gen_rectangle1 (Rectangle, Index, 0, Index, 9)
    paint_region (Rectangle, Image, Image, Index + 1, 'fill')
endfor
*
* Create a small model network.
create_dl_layer_input ('image', [10, 2, 1], [], [], ImageNode)
create_dl_layer_convolution (ImageNode, 'conv', 1, 1, 2, 11, 1, 'none', \
                             'none', [], [], ConvNode)
create_dl_layer_zoom_factor (ConvNode, 'zoom', 2, 2, 'bilinear', 'true', [],\
                             [], ZoomNode)
create_dl_model (ZoomNode, DLModelHandle)
set_dl_model_param (DLModelHandle, 'runtime', 'cpu')
*
* Set the weights to the convolution layer.
set_dl_model_layer_weights (WeightsArray, DLModelHandle, 'conv', 'weights')
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_dl_model`, `get_dl_model_layer_weights`

Nachfolger

`get_dl_model_layer_weights`

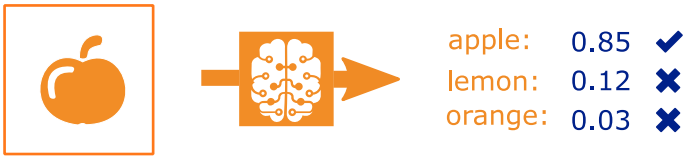
Modul

Foundation. Dieser Operator verwendet dynamische Lizenzierung (siehe 'Installation Guide'). Welches der folgenden Module benötigt wird hängt von der Anwendung des Operators ab:
Deep Learning Professional

9.4 Klassifikation

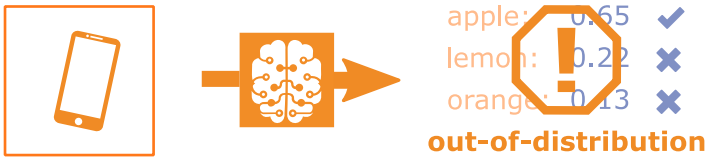
Dieses Kapitel beschreibt, wie Deep Learning-basierte Klassifikation in der Trainings- und Inferenzphase genutzt wird.

Deep Learning-basierte **Klassifikation** ist eine Methode, bei der einem Bild eine Menge an Konfidenzwerten zugeordnet werden. Diese Konfidenzwerte geben an, wie wahrscheinlich das Bild zu jeder der zu unterscheidenden Klassen gehört. Folglich bedeutet Klassifikation, soweit nur die beste Vorhersage berücksichtigt wird, die Zuordnung einer spezifischen Klasse aus einer Menge an Klassen zu einem Bild. Dies wird im folgenden Schema dargestellt.



Ein mögliches Beispiel zur Klassifikation in dem das Netzwerk zwischen drei Klassen unterscheidet. Für das Eingabebild werden Konfidenzwerte für jede der drei zu unterscheidenden Klassen bestimmt: 'apple' 0.85, 'lemon' 0.03, und 'orange' 0.12. Die beste Vorhersage sagt uns, dass das Bild als 'apple' erkannt wird.

Out-of-Distribution Detection für die Klassifikation ist eine Methode, um Eingaben zu identifizieren, die signifikant von den Klassen abweichen, mit denen das Modell trainiert wurde. Sie ist von entscheidender Bedeutung, um die Sicherheit und Robustheit des Modells zu gewährleisten. Out-of-Distribution Detection hilft, potenziell problematische Fälle für eine weitere Überprüfung zu filtern. Dies wird im folgenden Schema dargestellt.



Ein mögliches Beispiel zur Klassifikation mit Erweiterung um Out-of-Distribution Detection. Das Objekt auf dem Inferenzbild weicht stark von den Daten ab, mit denen das Netz trainiert wurde. Neben den Konfidenzwerten für die drei zu unterscheidenden Klassen 'apple' 0.65, 'lemon' 0.22, und 'orange' 0.13 gibt das Netzwerk zusätzlich an, dass das Bild zu keiner der drei trainierten Klassen gehört (Out-of-Distribution).

Für Klassifikationsanwendungen besteht die Möglichkeit, ein bereits trainiertes Modell um neue Klassen oder zusätzliche Samples bestehender Klassen zu erweitern. Dieses Vorgehen wird als Continual Learning bezeichnet. Nähere Informationen finden sich im Kapitel Deep Learning / Continual Learning.

Um Ihre spezifische Aufgabe zu erledigen, also Ihre vorliegende Daten in die zu unterscheidenden Klassen einzuteilen, muss der Klassifikator entsprechend trainiert werden. In HALCON wird eine Technik verwendet, die Transferlernen genannt wird (siehe auch das Kapitel Deep Learning). Dabei werden vortrainierte Netzwerke (Klassifikatoren) zur Verfügung gestellt, welche mit einer riesigen Anzahl gelabelter Bilddaten trainiert wurden. Diese Klassifikatoren wurden trainiert und getestet um industrielle Bildklassifikationsaufgaben gut zu lösen. Ein solcher Klassifikator, der bereits für allgemeine Klassifikation trainiert wurde, wird nun für die geforderte Aufgabe nachtrainiert. Dafür muss der Klassifikator wissen, welche Klassen unterschieden werden müssen und wie Beispiele dieser Klassen aussehen. Diese Informationen erhält er aus Ihrem Datensatz, d.h. aus Ihren Bildern und den von Ihnen vergebenen Ground Truth Labels, den Ground Truth Klassenzugehörigkeiten. Weitere Informationen zu den Anforderungen an die Daten sind im Abschnitt „Daten“ zu finden.

Die spezifischen Systemvoraussetzungen zur Anwendung von Deep Learning-basierter Klassifikation können im HALCON „`Installation Guide`“ eingesehen werden.

Die folgenden Abschnitte sind Einführungen zum generellen Ablauf einer Klassifikations-Anwendung mittels Deep Learning, Informationen zu den verwendeten Daten sowie Erklärungen zu den Evaluierungsmaßen.

Genereller Ablauf

Dieser Abschnitt beschreibt den generellen Ablauf einer Klassifikation mittels Deep Learning. Er ist unterteilt in die vier Bereiche Vorverarbeitung des Datensatzes, Trainieren des Modells, Evaluierung des trainierten Modells und Inferenz auf neuen Bildern. Dabei wird angenommen, dass der Datensatz bereits gelabelt ist, siehe den Absatz „Daten“ unten. Die HDevelop Beispiels-Reihe `classify_pill_defects_deep_learning` zeigt eine mögliche Anwendung unterteilt in die einzelnen Bereiche.

Vorverarbeitung des Datensatzes Dieser Abschnitt behandelt die notwendigen Anpassungen des Datensatzes. Die einzelnen Schritte sind im HDevelop Beispiel `classify_pill_defects_deep_learning_1_preprocess.hdev` gezeigt.

1. Die Information, was auf welchem Bild des Trainings-Datensatzes gefunden werden soll, muss eingelesen und konvertiert werden. Dazu kann die Prozedur
   - `read_dl_dataset_classification`

   verwendet werden. Dabei wird ein Dictionary `DLDataset` erstellt, welches als Datenbank dient und alle notwendigen Informationen über die Daten abspeichert. Für mehr Information zu den Daten und wie sie übergeben werden, wird auf den unteren Absatz „Daten“ und das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen.
2. Die Daten von `DLDataset` sollen in drei getrennte Datensätze aufgeteilt werden. Dazu kann die Prozedur
   - `split_dl_dataset`

   verwendet werden. Die resultierende Aufteilung wird für jeden Sample Eintrag von `DLDataset` jeweils über den Schlüssel `split` gespeichert.
3. Einlesen eines vortrainierten Klassifikators mit dem Operator
   - `read_dl_model`.

Dieser Operator wird auch dazu verwendet, um fertig trainierte Klassifikatoren, die mit `write_dl_model` geschrieben wurden, einzulesen.

Der Klassifikator stellt mehrere Anforderungen an die Bilder, wie die Bilddimensionen und den Grauwertbereich. Die Defaultwerte sind in `read_dl_model` aufgelistet. Mit diesen Werten wurden die Netzwerke vortrainiert. Die Netzwerkarchitekturen erlauben verschiedene Bilddimensionen, welche über `set_dl_model_param` gesetzt werden können. Eine solche Änderung erfordert für gewisse Netzwerke aber ein Nachtrainieren, siehe `read_dl_model`. Die aktuellen Werte können mit

- `get_dl_model_param`

abgefragt werden.

4. Der Datensatz kann nun vorverarbeitet werden. Dazu kann die Prozedur

   - `preprocess_dl_dataset`

   verwendet werden. Für die Implementierung einer selbst erstellten Vorverarbeitung kann man sich an dieser Prozedur orientieren.

   Um diese Prozedur zu verwenden, müssen die Vorverarbeitungsparameter wie z.B. die Bildgröße festgelegt werden. Die Parameter und ihre Werte sind im Dictionary `DLPreprocessParam` zu speichern. Zur Erzeugung dieses Dictionarys kann die Prozedur

   - `create_dl_preprocess_param`

   verwendet werden. Es wird empfohlen, dieses Dictionary `DLPreprocessParam` abzuspeichern, um während der späteren Inferenz-Phase Zugang zu den Werten zu haben.

Trainieren des Modells Dieser Abschnitt behandelt das Trainieren des Klassifikators. Die einzelnen Schritte sind im HDevelop Beispiel `classify_pill_defects_deep_learning_2_train.hdev` gezeigt.

1. Setzen der Trainingsparameter und Abspeichern derselben im Dictionary `TrainParam`. Diese Parameter beinhalten:

   - die Hyperparameter. Für eine Übersicht wird auf das Kapitel Deep Learning verwiesen.
   - Parameter zur eventuellen Datenanreicherung (optional).
   - Parameter zur Evaluierung während des Trainings.
   - Parameter zur Visualisierung von Trainingsergebnissen.
   - Parameter zur Serialisierung.

   Für dies kann die Prozedur

   - `create_dl_train_param`

   verwendet werden.

2. Trainieren des Modells. Dafür kann die Prozedur

   - `train_dl_model`

   verwendet werden. Diese Prozedur benötigt:

   - das Handle des Modells, `DLModelHandle`
   - das Dictionary mit den Informationen über den Datensatz, `DLDataset`
   - das Dictionary mit den Trainingsparametern, `TrainParam`
   - die Angabe, über wie viele Epochen trainiert werden soll.

   Wird die Prozedur `train_dl_model` verwendet, werden die Gesamt-Zielfunktion sowie optionale Evaluierungsmaße visualisiert.

Evaluierung des trainierten Modells Dieser Abschnitt behandelt das Evaluieren eines Klassifikators. Die einzelnen Schritte sind im HDevelop Beispiel `classify_pill_defects_deep_learning_3_evaluate.hdev` gezeigt.

1. Die Evaluierung kann bequem mit der Prozedur

   - `evaluate_dl_model`

   durchgeführt werden.

2. Das Dictionary `EvaluationResult` enthält die angefragten Evaluierungsmaße. Die Ergebnisse der Evaluierung können mit der Prozedur

- `dev_display_classification_evaluation`

visualisiert werden.

3. Eine Heatmap kann für angegebene Samples generiert werden mit
   - dem Operator `gen_dl_model_heatmap`
   - der Prozedur `gen_dl_model_classification_heatmap`

Modell für Out-of-Distribution Detection anpassen (optional) In diesem Teil erweitern wir den trainierten Klassifikator, so dass er Out-of-Distribution Daten erkennen kann. Die einzelnen Schritte werden im HDevelop Beispiel `detect_out_of_distribution_samples_for_classification.hdev` gezeigt.

1. Anpassen des trainierten Modells für Out-of-Distribution Detection mit
   - `fit_dl_out_of_distribution`.
2. *Optionaler Schritt:* Hinzufügen von Out-of-Distribution Daten zum Datensatz des Modells für die Evaluierung, mit Hilfe der Prozedur
   - `add_dl_out_of_distribution_data`.
3. Wiederholen der Evaluierung mit der Prozedur
   - `evaluate_dl_model`.
4. Das Dictionary `EvaluationResult` enthält die angefragten Evaluierungsmaße. Die Ergebnisse der Evaluierung können mit der Prozedur
   - `dev_display_classification_evaluation`

   visualisiert werden.

Inferenz auf neuen Bildern Dieser Abschnitt behandelt die Inferenz auf neuen Bildern durch einen Klassifikator. Die einzelnen Schritte sind im HDevelop Beispiel `classify_pill_defects_deep_learning_4_infer.hdev` gezeigt.

1. Setzen der Parameter, wie z.B. *'batch_size'* über den Operator
   - `set_dl_model_param`.
2. Generieren des Dictionarys `DLSample` für jedes zu inferierende Bild. Dafür kann die Prozedur
   - `gen_dl_samples_from_images`

   verwendet werden.
3. Jedes Bild muss auf dieselbe Art und Weise wie die Trainingsbilder vorverarbeitet werden. Es wird empfohlen, dafür die Prozedur
   - `preprocess_dl_samples`

   zu verwenden. Wurde während der Vorverarbeitung das Dictionary `DLPreprocessParam` gespeichert, kann es direkt als Eingabe verwendet werden, um die Parameterwerte festzulegen.
4. Anwenden des Modells über den Operator
   - `apply_dl_model`.
5. Die Resultate können aus dem Dictionary `DLResultBatch` abgerufen werden.

Daten

Es wird zwischen den Daten für Training und Evaluierung versus Daten für Inferenz unterschieden. Letztere bestehen ausschließlich aus Bildern. Für Erstere ist jedoch bereits bekannt zu welcher Klasse die Bilder gehören. Die entsprechenden Informationen werden über die Labels zur Verfügung gestellt.

Ein Grundgedanke der Datenhandhabung: Das Modell interagiert mit den Daten über Dictionarys. Dies bedeutet, das Modell erhält die Eingabedaten über das Dictionary `DLSample` und gibt die Ausgabe über das Dictionary `DLResult`, bzw. `DLTrainResult` zurück. Für weitere Informationen zur Datenhandhabung wird auf das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen.

Daten für das Training und die Evaluierung Der Datensatz besteht aus Bildern und den dazugehörigen Informationen. Damit das Modell diese verarbeiten kann, müssen sie bestimmte Anforderungen erfüllen. Informationen zu den Bildanforderungen finden sich im unteren Abschnitt „Bilder“.

Die Trainingsdaten werden dazu benötigt, um den Klassifikator für eine spezifische Aufgabe zu trainieren. Mit Hilfe dieser Daten kann der Klassifikator lernen, welche Klassen zu unterscheiden sind und wie deren Vertreter aussehen. Bei der Klassifikation wird das Bild als Ganzes klassifiziert. Daher bestehen die Trainingsdaten aus Bildern und deren Ground Truth Labels, also die Klasse zu dem das Bild gehört. Zu beachten ist hierbei, dass die Bilder möglichst repräsentativ für die spätere Aufgabe sein sollten. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, wie die Ground Truth Klassen als Label gespeichert und abgerufen werden können. Auf folgende Weisen können die Ground Truth Labels eines Bildes von der Prozedur `read_dl_dataset_classification` gelesen werden:

- Als Name des letzten Ordners, der das Bild enthält
- Als Dateiname.

Zum Trainieren eines Klassifikators wird eine Technik namens Transferlernen verwendet (siehe das Kapitel Deep Learning). Die Anzahl benötigter Bilder ist dabei geringer. Während der Klassifikator generell verlässlicher ist, wenn er mit einem größeren Datensatz trainiert wurde, hängt die Anzahl benötigter Bilder auch von der Komplexität der Aufgabe ab. Es sollten außerdem genug Trainingsdaten vorliegen um diese in die drei Untermengen aufzuteilen, welche idealerweise von einander unabhängig und gleich verteilt sind (siehe Abschnitt „Daten“ im Kapitel Deep Learning).

Bilder Unabhängig von der Anwendung stellt das Netzwerk Anforderungen an die Bilder, wie z.B. die Bilddimensionen. Die spezifischen Werte hängen vom Netzwerk selbst ab, für die spezifischen Werte der verschiedenen Netzwerke siehe die Dokumentation von `read_dl_model`. Für ein eingelesenes Netzwerk können die Werte mit `get_dl_model_param` abgefragt werden. Um diese Anforderungen zu erfüllen, müssen die Bilder eventuell vorverarbeitet werden. Die Standard-Vorverarbeitung für den ganzen Datensatz und damit auch der Bilder kann mit Hilfe der Prozedur `preprocess_dl_dataset` durchgeführt werden, bzw. `preprocess_dl_samples` für ein einzelnes Sample. Für eine selbst erstellte Vorverarbeitung liefert diese Prozedur eine Anleitung für die Implementierung.

Netzwerk Ausgabe Die Netzwerk Ausgabe hängt vom Arbeitsschritt ab:

Training Als Ausgabe gibt das Modell ein Dictionary `DLTrainResult` mit dem aktuellen Wert der Gesamt-Zielfunktion sowie den Werten aller weiteren im Modell enthaltenen Zielfunktionen zurück.

Inferenz und Evaluierung Als Ausgabe gibt das Netzwerk für jedes Bild ein Dictionary `DLResult` zurück. Im Falle der Klassifikation beinhaltet dieses Dictionary für jedes Bild ein Tupel mit den Konfidenzwerten zu jeder unterschiedenen Klasse in absteigender Reihenfolge sowie ein Tupel mit den dazugehörigen Klassen-IDs.

Interpretation der Klassifikationsergebnisse

Bei der Klassifikation eines Bildes wird eine Menge von Konfidenzwerten erhalten, welche die Zugehörigkeit des Bildes zu jeder Klasse angibt. Es können außerdem die folgenden Werte berechnet werden.

Konfusionsmatrix, Precision, Recall, und F-score Bei der Klassifikation werden ganze Bilder klassifiziert. Daher sind die Instanzen der Konfusionsmatrix Bilder. Für weitere Informationen zur Konfusionsmatrix wird auf das Kapitel Deep Learning verwiesen.

Eine Konfusionsmatrix kann mit Hilfe der Prozeduren `gen_confusion_matrix` und `gen_interactive_confusion_matrix` generiert werden. Die interaktive Prozedur ermöglicht es, Beispiele einer spezifischen Kategorie auszuwählen, funktioniert aber nicht mit exportiertem Code.

Mehrere Bewertungsmaße können aus der Konfusionsmatrix abgeleitet werden: Die Precision ist das Verhältnis aller korrekt vorhergesagten Positivinstanzen zu allen positiv vorhergesagten Instanzen. Es stellt ein Maß dafür dar, wie viele positive Vorhersagen tatsächlich positiv sind.

$$\text{precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}}$$

Der Recall (auch als "True-Positive-Rate"bezeichnet) ist das Verhältnis aller korrekt vorhergesagten Positivinstanzen zu allen Ground Truth Positivinstanzen. Es ist also ein Maß dafür, wie viele tatsächlich positive Instanzen korrekt vorhergesagt wurden.

$$\text{recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}}$$

Ein Klassifikator mit hohem Recall, aber geringer Precision findet die meisten Elemente der Positivinstanzen einer Klasse (also die tatsächlichen Instanzen der Klasse), klassifiziert für diese Klasse allerdings auch viele falsche Instanzen. Ein Klassifikator mit hoher Precision und geringem Recall ist genau das Gegenteil, er klassifiziert nur wenige Instanzen als positiv, die meisten dieser Vorhersagen sind aber korrekt. Ein idealer Klassifikator mit hoher Precision und hohem Recall wird viele Instanzen als positiv mit hoher Genauigkeit klassifizieren.

Um dies mit einer einzigen Zahl auszudrücken, wird der F1-Score berechnet, das harmonische Mittel von Precision und Recall. Dies ist ein Maß für die Genauigkeit des Klassifikators.

$$\text{F1-score} = 2 * \frac{\text{precision} * \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}}$$

Für das Beispiel mit der im Kapitel Deep Learning gezeigten Konfusionsmatrix ergibt sich für die Klasse 'apple' die Precision: 1.00 (= 68/(68+0+0)), der Recall: 0.74 (= 68/(68+21+3)) und der F1-Score: 0.85 (=2*(1.0*0.74)/(1.0+0.74)).

fit_dl_out_of_distribution (: : DLModelHandle, DLDataset, GenParam :)

Erweitern eines Deep Learning-Modells für Out-of-Distribution Detection.

fit_dl_out_of_distribution erweitert ein trainiertes Deep Learning-Modell DLModelHandle mit *'type' = 'classification'* für die Out-of-Distribution Detection. Diese Funktion ermöglicht es dem Modell Samples zu erkennen, die sich signifikant von den Klassen unterscheiden, für welche es trainiert wurde und diese als Out-of-Distribution (OOD) zu kennzeichnen.

Wird anschließend apply_dl_model aufgerufen, enthält das Ergebnis die folgenden zusätzlichen Einträge, die sich auf die Out-of-Distribution Detection beziehen:

'ood_result': Zeigt an, ob das Sample als Out-of-Distribution eingestuft wird.

'ood_score': Gibt an, wie stark das Sample von den trainierten Klassen abweicht. Je höher dieser Wert ist, desto eher ist das Sample Out-of-Distribution.

'ood_threshold': Übersteigt *'ood_score'* diesen Schwellenwert, wird das Sample als Out-of-Distribution eingestuft. Der Schwellenwert für die Out-of-Distribution wird während der Ausführung von fit_dl_out_of_distribution berechnet und in DLModelHandle als 'ood_threshold' gespeichert. Dieser Schwellenwert kann bei Bedarf mit dem Operator set_dl_model_param manuell angepasst werden.

Damit fit_dl_out_of_distribution korrekt funktioniert, ist es wichtig, dass DLDataset derselbe Datensatz mit derselben Aufteilung und Vorverarbeitung ist wie der, der für das Training von DLModelHandle verwendet wurde. Es ist entscheidend, dass der bereitgestellte Datensatz DLDataset verschiedene und ausreichende Samples für jede Klasse enthält, um eine zuverlässige Out-of-Distribution Detection zu gewährleisten. Wenn das bereitgestellte DLDataset weniger als oder genau 15 Trainingsdaten pro Klasse und keine Validierungsdaten enthält, gibt fit_dl_out_of_distribution einen Fehler zurück. In solchen Fällen sollten zusätzliche Trainingsdaten zum Datensatz hinzugefügt werden.

fit_dl_out_of_distribution kann auf jedes von HALCON unterstütztes Klassifikationsmodell angewendet werden. Für Modelle, die mit Deep Learning / Framework-Operatoren erstellt oder aus einer ONNX-Modelldatei gelesen werden, kann die Kompatibilität der Out-of-Distribution Detection je nach Architektur variieren.

Die Leistung des Modells für die Out-of-Distribution Detection kann mit Hilfe der Prozedur evaluate_dl_model evaluiert werden. Out-of-Distribution-Samples können mit der Prozedur

`add_dl_out_of_distribution_data` zum `DLDatensatz` hinzugefügt werden, so dass getestet werden kann, ob das Modell In-Distribution- von Out-of-Distribution-Daten trennen kann. Anpassungen von *'ood_threshold'* wirken sich auf die Evaluierungsergebnisse aus. Es wird daher empfohlen, das Modell nach solchen Änderungen erneut zu evaluieren.

`GenParam` ist ein Dictionary zum Setzen generischer Parameter. Zur Zeit werden keine generischen Parameter unterstützt.

Achtung

Wenn `fit_dl_out_of_distribution` für ein Modell aufgerufen wird, das diesen Prozess bereits durchlaufen hat, werden die vorherigen Ergebnisse verworfen und das Modell wird erneut für die Out-of-Distribution Detection angepasst.

Bestimmte Änderungen am Modell, wie z.B. die Änderung der Anzahl der Klassen oder ein weiteres Trainieren des Modells, können nicht mehr vorgenommen werden, wenn das Modell für Out-of-Distribution Detection angepasst wurde. Um solche Änderungen vorzunehmen, muss die Anpassung des Modells für die Out-of-Distribution Detection rückgängig gemacht werden, indem der Parameter *'clear_ood'* in `set_dl_model_param` verwendet wird. Anschließend kann `fit_dl_out_of_distribution` erneut aufgerufen werden, um die Out-of-Distribution Detection wieder zu aktivieren.

Parameter

▷ **`DLModelHandle`** (input_control) . . . . . dl_model ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-Modells für Classification.

▷ **`DLDataset`** (input_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Datensatz, der für das Training des Modells benutzt wurde.

▷ **`GenParam`** (input_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Dictionary für generische Parameter.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DLModelHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`read_dl_model`

Modul

Deep Learning Professional

9.5 Modell

Dieses Kapitel erklärt das generelle Konzept des Deep Learning-Modells in HALCON und die Handhabung der Daten.

Ein Deep Learning-Modell ist in HALCON eine interne Repräsentation eines Neuronalen Netzwerkes. Jedes Neuronale Netzwerk hat seine Architektur, welche seine Funktion definiert und damit bestimmt, für welche Aufgaben es verwendet werden kann. Dabei sind verschiedene Netzwerk-Architekturen für eine Funktionalität möglich. Momentan sind folgende Funktionalitäten in HALCON als Modell implementiert:

- 3D Gripping Point Detection, siehe 3D-Matching / 3D Gripping Point Detection.
- Anomalieerkennung und Global Context Anomaly Detection, siehe Deep Learning / Anomalieerkennung und Global Context Anomaly Detection.

- Deep 3D Matching, siehe 3D-Matching / Deep 3D Matching.
- Deep OCR, siehe OCR / Deep OCR.
- Klassifikation, siehe Deep Learning / Klassifikation.
- Multi-Label-Klassifikation, siehe Deep Learning / Multi-Label-Klassifikation.
- Objektdetektion und Instanz-Segmentierung, siehe Deep Learning / Objektdetektion und Instanz-Segmentierung.
- Semantische Segmentierung und Kantenextraktion, siehe Deep Learning / Semantische Segmentierung und Kantenextraktion.

Jede Funktionalität ist über ihren Modelltypen bezeichnet. Für die implementierten Methoden können weitere Informationen zum spezifischen Ablauf, den Daten-Anforderungen und Evaluierungsmöglichkeiten in den jeweiligen Kapiteln gefunden werden. Informationen zu Deep Learning (DL) im Allgemeinen befinden sich im Kapitel Deep Learning.

In diesem Kapitel finden sich Informationen, welche Daten ein DL Modell benötigt und zurück gibt sowie auch wie diese Daten übergeben werden.

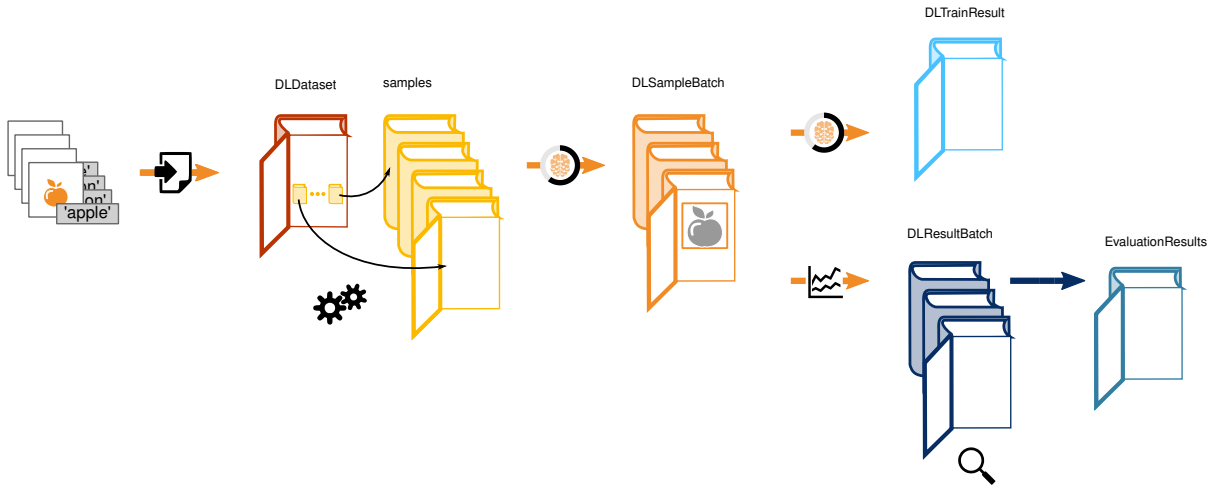
Daten

Bei Deep Learning Anwendungen werden Daten verschiedener Art unterschieden. Grob gesagt sind dies die Rohbilder mit möglichen Annotationen, für das Modell passend verarbeitete Daten und Ausgabedaten.

Bevor die verschiedenen Daten und die Einträge spezifischer Dictionarys erläutert werden, wird ein grober Überblick gegeben, wie die Daten zusammenhängen. Dabei beziehen sich Farben und Symbole auf die darunter gegebenen schematischen Darstellungen.

Grob gesagt, beginnt die Datenstruktur beim Training und der Evaluierung mit den rohen Bildern und ihren Ground Truth Annotationen (graue Rahmen). Mit den eingelesenen Daten werden die folgenden Dictionarys erstellt: Ein Dictionary `DLDataset` (rot) dient als Datenbank und verweist für jedes Eingabebild auf ein spezifisches Dictionary (gelb). Jedes Dictionary `DLSample` (orange) enthält die Daten eines Samples in der Art wie das Modell sie als Eingabe benötigt. Ein Batch von `DLSamples` wird dem Modell bei der Evaluierung als `DLSampleBatch` übergeben. Bei der Evaluierung wird ein `DLResultBatch` zurückgegeben, ein Tupel von Dictionarys `DLResult` (dunkelblau), jeweils eines pro Sample. Diese Resultate werden für die Evaluierungsresultate in `EvaluationResult` (türkis) benötigt. Beim Training werden die Trainingsresultate (z.B. Losswerte) im Dictionary `DLTrainResult` (hellblau) zurückgegeben. Die wichtigsten Schritte, in welchen die Dictionarys erstellt oder modifiziert werden:

- Einlesen der Rohdaten (Symbol: Papier mit Pfeil)
- Vorverarbeitung der Daten (Symbol: Zahnräder)
- Training des Netzwerkes (Symbol: transparentes Gehirn in Kreissegment)
- Evaluierung des Modells (Symbol: Graph)
- Evaluierung des Samples (Symbol: Lupe)



Schematische Darstellung der Datenstruktur beim Training und der Evaluierung.

Bei der Inferenz sind keine Annotationen notwendig. Somit startet die Datenstruktur mit den rohen Bilder (grauer Rahmen). Das Dictionary `DLSample` (orange) enthält die Daten eines Samples in der Art wie das Modell sie als Eingabe benötigt. Die Resultate für ein Sample werden im Dictionary `DLResult` (dunkelblau) zurückgegeben. Die wichtigsten Schritte, in welchen die Dictionarys erstellt oder modifiziert werden:

- Einlesen der Rohdaten (Symbol: Papier mit Pfeil)
- Vorverarbeitung der Daten (Symbol: Zahnräder)
- Inferenz (Symbol: Gehirn in Kreis)
- Evaluierung des Samples (Symbol: Lupe)

Schematische Darstellung der Datenstruktur bei der Inferenz.

Damit das Modell die Daten verarbeiten kann, müssen diese gewisse Konventionen einhalten bezüglich welche Informationen benötigt werden und wie die Daten dem Modell übergeben werden. Wie aus den obigen Schemata ersichtlich, werden die Daten in HALCON über Dictionarys übergeben.

Die einzelnen Dictionarys, wie sie erstellt werden können und ihre Einträge werden im Folgenden genauer erläutert. Um zu markieren, welche Methoden (M) den jeweiligen Eintrag nutzen, verwenden wir folgende Abkürzungen:

- 'Any': Jede Methode
- '3D-GPD': 3D Gripping Point Detection
- '3D-PE': Deep 3D Matching (Posenschätzungs-Komponente)
- 'AD': Anomalieerkennung
- 'CL': Klassifikation
- 'MLC': Multi-Label-Klassifikation
- 'OCR-D': Deep OCR (Lokalisierungskomponente)
- 'OCR-R': Deep OCR (Erkennungskomponente)
- 'GC-AD': Global Context Anomaly Detection
- 'OD': Objektdetektion

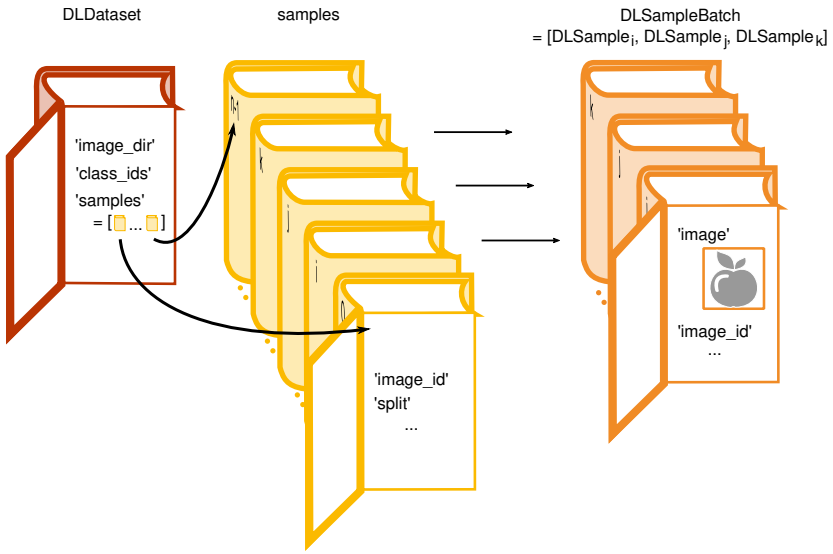
  Falls der Eintrag nur auf gewisse *'instance_type'* zutrifft, ist dieser spezifiziert mit 'r1': *'rectangle1'*, 'r2': *'rectangle2'*.

  Falls der Eintrag nur für die Instanz-Segmentierung zutrifft, ist dieser spezifiziert mit 'is'.
- 'SE': Semantische Segmentierung

Die Einträge, die nur auf einzelne Methoden zutreffen, werden in den jeweiligen Kapiteln genauer beschrieben.

Eingabedaten beim Training und der Evaluierung Der Datensatz besteht aus Bildern und den dazugehörigen Informationen. Damit das Modell diese verarbeiten kann, müssen sie bestimmte Anforderungen erfüllen. Informationen zu den Bildanforderungen finden sich im unteren Abschnitt „Bilder“.

Die Informationen zu den Bildern und dem Datensatz werden im Dictionary `DLDataset` vermerkt. Dabei dient dieses Dictionary als Datenbank. Genauer gesagt, werden darin die generellen Informationen über den Datensatz gespeichert sowie die Dictionarys der einzelnen Samples unter dem Schlüssel `samples` gesammelt. Werden die jeweiligen Bilddaten benötigt, wird für jedes erforderte Bild ein Dictionary `DLSample` erstellt (oder gelesen, falls dieses bereits existiert). Der Zusammenhang zwischen diesen Dictionarys ist in der folgenden Darstellung illustriert.



Schematische Darstellung der verschiedenen Dictionarys des Datensatzes, welche während des Trainings und der Evaluierung verwendet werden. Zu Darstellungszwecken ist die `BatchSize` auf drei gesetzt und werden nur wenige Einträge aufgelistet. In diesem Beispiel werden aus den insgesamt n Samples drei zufällig ausgewählt, jene mit den Indizes i,j und k. Die entsprechenden `DLSample` werden erstellt und im Tupel `DLSampleBatch` vereint.

Im Folgenden werden die einzelnen Dictionarys mit ihren Schlüssel/Wert-Paaren genauer erklärt.

`DLDataset` Das Dictionary `DLDataset` dient als Datenbank. Es speichert die generellen Informationen zum Datensatz und sammelt die Dictionarys der individuellen Samples. Dabei sind keine ikonischen Daten in `DLDataset` enthalten, aber die Pfade zu den entsprechenden Bildern. Das Dictionary `DLDataset` von den Trainings- und Evaluierungs- Prozeduren verwendet. Es ist für das Modell selbst nicht notwendig, aber seine Erstellung wird stark empfohlen. Dieses Dictionary wird entweder direkt erzeugt, wenn die Daten mit Hilfe des MVTec Deep Learning Tools gelabelt werden, oder es wird durch eine der folgenden methodenspezifischen Prozeduren erzeugt:

- `read_dl_dataset_3d_gripping_point_detection` (3D Gripping Point Detection)
- `read_dl_dataset_anomaly` (Anomalieerkennung, Global Context Anomaly Detection)
- `read_dl_dataset_classification` (Klassifikation)
- `read_dl_dataset_ocr_detection` (Deep OCR - Lokalisierungskomponente)
- `read_dl_dataset_ocr_recognition` (Deep OCR - Erkennungskomponente)
- `read_dl_dataset_from_coco` (Objektdetektion mit *'instance_type'* = *'rectangle1'*)
- `read_dl_dataset_segmentation` (Semantische Segmentierung).

Bezüglich der genauen Datenanforderungen um diese Prozeduren zu verwenden wird auf die jeweilige Prozedurendokumentation verwiesen. Wird `DLDataset` auf anderen Wegen erstellt, muss es zumindest die Einträge beinhalten, die in der unteren Erklärung nicht mit einer Zahl markiert sind. Während der Vorverarbeitung des Datensatzes werden dem Dictionary `DLDataset` die weiteren Einträge von den jeweiligen Prozeduren hinzugefügt.

Vom Modell abhängig kann das Dictionary die folgenden Einträge haben:

image_dir: Any
Basispfad zu allen Bildern.
Format: String

dlsample_dir: Any [1]
Basispfad zu allen Sample Dateien (sofern vorhanden).
Format: String

class_names: Any außer OCR-R
Namen aller zu unterscheidenden Klassen.
Format: Tupel von Strings

class_ids: Any außer OCR-R
IDs aller zu unterscheidenden Klassen (Wertebereich: 0-65534).
Format: Tupel von ganzzahligen Werten

preprocess_param: Any [1]
Alle während der Vorverarbeitung verwendeten Parameter.
Format: Dictionary

normals_dir: 3D-GPD
Optional. Basispfad zu allen Normalenbildern.
Format: string

xyz_dir: 3D-GPD
Basispfad zu allen XYZ-Bildern.
Format: string

orig_3d_model: 3D-PE
3D CAD-Modell.
Format: string

anomaly_dir: AD, GC-AD
Basispfad zu allen Anomalieregionen (Regionen, die eine Anomalie auf dem Bild kennzeichnen).
Format: String

class_weights: CL, SE [1]
Gewichte der verschiedenen Klassen.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

segmentation_dir: SE, 3D-GPD
Basispfad zu allen Segmentierungsbildern.
Format: String

Dieses Dictionary wird direkt erzeugt, wenn die Daten mit Hilfe des MVTec Deep Learning Tools gelabelt werden. Ebenso wird es von den oben erwähnten Prozeduren erstellt. Die mit [1] markierten Einträge werden von den Vorverarbeitungsprozeduren eingetragen.

samples
Der Schlüssel `samples` des Dictionary `DLDataset` hat als Wert ein Tupel von Dictionarys, eines für jedes Sample des Datensatzes. Diese Dictionarys beinhalten die Information der jeweiligen Samples und haben die folgenden Einträge:

image_file_name: Any
Dateiname des Bildes und sein Pfad relativ zu `image_dir`.
Format: String

image_id: Any
Eindeutige Bild-ID (Zeichenkodierungsformat: UINT8).
Format: Ganzzahl

split: Any [2]
Gibt den bei der Aufteilung zugeordneten Datensatz an (*'train'*,*'validation'*,*'test'*).
Format: String

dlsample_file_name: Any [3]
Dateiname des entsprechenden Dictionary `DLSample` und sein Pfad relativ zu `dlsample_dir`.
Format: String

normals_file_name: 3D-GPD
Optional. Dateiname des Normalenbildes und sein Pfad relativ zu `normals_dir`.
format: string

segmentation_file_name: 3D-GPD, SE
Dateiname des Segmentierungsbildes und sein Pfad relativ zu segmentation_dir.
format: string

xyz_file_name: 3D-GPD
Dateiname des XYZ-Bildes und sein Pfad relativ zu xyz_dir.
format: string

anomaly_file_name: AD, GC-AD
Optional. Pfad zu den Dateien mit den Ground Truth Anomalieregionen (relativ zu anomaly_dir).
Format: String

anomaly_label: AD, GC-AD
Ground Truth Anomalie Label (als Name aus class_names).
Format: String

image_label_id: CL
Ground Truth Label des Bildes (als ID aus class_ids).
Format: Tupel von Ganzzahlen

image_label_ids: MLC
Ground Truth Label des Bildes (als IDs aus class_ids).
Format: Tupel von Ganzzahlen

image_id_origin: OCR-R
ID des Originalbildes aus dem das Sample stammt.
Format: Ganzzahl

word: OCR-D, OCR-R
Ground Truth Wort.
Format: String

bbox_label_id: OD, OCR-D
Ground Truth Label für den Bildausschnitt innerhalb des umschließenden Rechtecks (als ID aus class_ids).
Format: Tupel von Ganzzahlen

bbox_row1: OD:r1 [4]
Ground Truth umschließendes Rechteck: Obere linke Ecke, Zeilenkoordinate.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_col1: OD:r1 [4]
Ground Truth umschließendes Rechteck: Obere linke Ecke, Spaltenkoordinate.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_row2: OD:r1 [4]
Ground Truth umschließendes Rechteck: Untere rechte Ecke, Zeilenkoordinate.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_col2: OD:r1 [4]
Ground Truth umschließendes Rechteck: Untere rechte Ecke, Spaltenkoordinate.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

coco_raw_annotations: OD:r1
Optional. Für jede bbox_label_id innerhalb dieses Bildes enthält dieser Wert ein Dictionary mit allen unverarbeiteten COCO Annotations-Informationen.
Format: Tupel von Dictionarys

bbox_row: OCR-D, OCR-R, OD:r2 [4]
Ground Truth umschließendes Rechteck: Mittelpunkt, Zeilenkoordinate.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_col: OCR-D, OCR-R, OD:r2 [4]
Ground Truth umschließendes Rechteck: Mittelpunkt, Spaltenkoordinate.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_phi: OCR-D, OCR-R, OD:r2 [4]
Ground Truth umschließendes Rechteck: Winkel phi.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_length1: OCR-D, OCR-R, OD:r2 [4]
Ground Truth umschließendes Rechteck: Halbe Kantenlänge 1.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_length2: OCR-D, OCR-R, OD:r2 [4]
Ground Truth umschließendes Rechteck: Halbe Kantenlänge 2.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

visibility: OD
Anteil der Sichtbarkeit der umschließenden Rechtecke.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

mask: 3D-PE, OD:is
Ground Truth Masken, welche die Region der Instanzen markieren.
Format: Tupel von Regionen

segmentation_file_name: SE
Dateiname des Ground Truth Segmentierungsbildes und sein Pfad relativ zu `segmentation_dir`.
Format: String

camera_parameter: 3D-PE
Kameraparameter für das Bild.
Format: Tupel von HALCON Kameraparameter

pose: 3D-PE
Pose der Objekte in jedem umschließenden Rechteck.
Format: Tupel von HALCON-Posen

Diese Dictionarys sind Teil von `DLDataset` und werden als solche zugleich erstellt. Ausnahme sind dabei die markierten Einträge der Tabelle, [2]: Die Prozedur `split_dl_dataset` fügt den Eintrag `split` hinzu, [3]: Die Prozedur `preprocess_dl_samples` fügt den Eintrag `dlsample_file_name` hinzu. [4]: Für die Parameter der umschließenden Ground Truth Rechtecke (BBoxGT) werden pixel-zentrierte, subpixel-genaue Koordinaten verwendet.

DLSample Das Dictionary `DLSample` dient als Eingabewert des Modells. Für einen Batch werden sie als Einträge des Tupels `DLSampleBatch` an die Operatoren `apply_dl_model` oder `train_dl_model_batch` übergeben.

Ein solches Dictionary `DLSample` wird für jeden Eintrag aus den Daten in `DLDataset` durch die Prozeduren `gen_dl_samples` gefolgt von `preprocess_dl_samples` erstellt. Es enthält alle Ground Truth Annotationen eines Eintrags. Es gilt zu beachten, dass die Vorverarbeitung zu Aktualisierungen des entsprechenden `DLSample` führt. Wird die Vorverarbeitung mit der Standard-Prozedur `preprocess_dl_dataset` durchgeführt, werden die vorverarbeiteten Daten auf dem Dateisystem abgelegt. Danach können sie durch `read_dl_samples` ausgelesen werden.

Das Dictionary `DLSample` hat folgende Einträge:

anomaly_ground_truth: AD, GC-AD
Bild oder Region, aus `anomaly_file_name`.
Format: Bild oder Region

anomaly_label: AD, GC-AD
Ground Truth Anomalie Label auf Bildebene (als Name aus `class_names`).
Format: String

anomaly_label_id: AD, GC-AD
Ground Truth Anomalie Label auf Bildebene (als ID aus `class_ids`).
Format: Ganzzahl

bbox_label_id: OD
Ground Truth Label für den Bildausschnitt innerhalb des umschließenden Rechtecks (als ID aus `class_ids`).
Format: Tupel von Ganzzahlen

bbox_row1: OD:r1 [4]
Ground Truth umschließendes Rechteck: Obere linke Ecke, Zeilenkoordinate.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_col1: OD:r1 [4]
Ground Truth umschließendes Rechteck: Obere linke Ecke, Spaltenkoordinate.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_row2: OD:r1 [4]
Ground Truth umschließendes Rechteck: Untere rechte Ecke, Zeilenkoordinate.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_col2: OD:r1 [4]
Ground Truth umschließendes Rechteck: Untere rechte Ecke, Spaltenkoordinate.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_row: OCR-D, OD:r2 [4]
Ground Truth umschließendes Rechteck: Mittelpunkt, Zeilenkoordinate.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_col: OCR-D, OD:r2 [4]
Ground Truth umschließendes Rechteck: Mittelpunkt, Spaltenkoordinate.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_phi: OCR-D, OD:r2 [4]
Ground Truth umschließendes Rechteck: Winkel phi.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_length1: OCR-D, OD:r2 [4]
Ground Truth umschließendes Rechteck: Halbe Kantenlänge 1.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_length2: OCR-D, OD:r2 [4]
Ground Truth umschließendes Rechteck: Halbe Kantenlänge 2.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

image: Any
Eingabebild
Format: Bild

image_label_id: CL
Ground Truth Label des Bildes (als ID aus `class_ids`).
Format: Ganzzahl

image_label_ids: MLC
Ground Truth Label des Bildes (als IDs aus `class_ids`).
Format: Tupel von Ganzzahlen

mask: 3D-PE, OD:is
Ground Truth Masken, welche die Region der Instanzen markieren.
Format: Tupel von Regionen

normals: 3D-GPD
2D-Mappings (3-kanaliges Bild)
Format: Bild

segmentation_image: SE, 3D-GPD
Bild mit den Ground Truth Segmentierungen, eingelesen von `segmentation_file_name`.
Format: Bild

weight_image: SE [5]
Bild mit den Pixel-Gewichten.
Format: Bild

target_text: OCR-D
Das Zielbild der Text-Lokalisierung.
format: Bild

target_link: OCR-D
Das Zielbild der Verbindung von lokalisierten Zeichenmittelpunkten zu einem zusammenhängenden Wort.
format: Bild

target_weight_orientation: OCR-D
Das Gewicht bezüglich der Eingabe `target_orientation`.
format: Bild

target_weight_link: OCR-D
Das Gewicht bezüglich der Eingabe `target_link`.
format: Bild

target_weight_text: OCR-D
Das Gewicht bezüglich der Eingabe `target_text`.
format: Bild

word: OCR-D, OCR-R
Ground Truth Wort.

Format: String

x: 3D-GPD
X-Bild (Werte müssen von links nach rechts aufsteigend).
Format: Bild

y: 3D-GPD
Y-Bild (Werte müssen von oben nach unten aufsteigend).
Format: Bild

z: 3D-GPD
Z-Bild (Werte müssen von dem Sensor nahen zu fernen Punkten aufsteigen; das ist z.B. der Fall wenn die Daten bezüglich des Kamerakoordinatensystems angegeben werden).
Format: Bild

width_orig: 3D-PE
Originale Breite der umschließenden Rechtecke.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

height_orig: 3D-PE
Originale Höhe der umschließenden Rechtecke.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

Diese Dictionarys werden von den Prozeduren `gen_dl_samples` und `preprocess_dl_samples` erzeugt. Eine Ausnahme stellt der markierte Eintrag dar, [5]: wird von der Prozedur `gen_dl_segmentation_weights` erstellt. [4]: Für die Parameter der Ground Truth umschließenden Rechtecke werden pixel-zentrierte, subpixel-genaue Koordinaten verwendet.

Eingabedaten bei der Inferenz Die Eingabedaten bei der Inferenz bestehen aus einem oder mehreren `DLSample` Dictionarys. Im Gegensatz zu Training und Evaluierung werden nur die folgenden Einträge verwendet:

image: Any
Eingabebild.
Format: Bild

normals: 3D-GPD
2D-Mappings (3-kanaliges Bild).
Format: Bild

x: 3D-GPD
X-Bild (Werte müssen von links nach rechts aufsteigend).
Format: Bild

y: 3D-GPD
Y-Bild (Werte müssen von oben nach unten aufsteigend).
Format: Bild

z: 3D-GPD
Z-Bild (Werte müssen von dem Sensor nahen zu fernen Punkten aufsteigen; das ist z.B. der Fall wenn die Daten bezüglich des Kamerakoordinatensystems angegeben werden).
Format: Bild

Informationen zu den Bildanforderungen finden sich im unteren Abschnitt „Bilder“.

Für die Inferenz beinhaltet ein solches Dictionary nur die Bilddaten und wird von der Prozedur `gen_dl_samples_from_images` oder `gen_dl_samples_3d_gripping_point_detection` (nur für 3D Gripping Point Detection) erstellt. Diese Dictionarys können einzeln oder als Einträge des Tupels übergeben werden `DLSampleBatch`.

Ausgabedaten beim Training Die Trainingsresultate werden im Dictionary `DLTrainResult` gesammelt. Die spezifischen Einträge hängen vom Modell und damit vom verwendeten Operator ab (für weitere Informationen, siehe die Dokumentation des entsprechendes Operators):

3D-GPD, 3D-PE, CL, MLC, OCR-D, OCR-R, GC-AD, OD, SE:
Der Operator `train_dl_model_batch` gibt folgende Einträge zurück:

- `total_loss`

- weitere mögliche Zielfunktionen des Modells

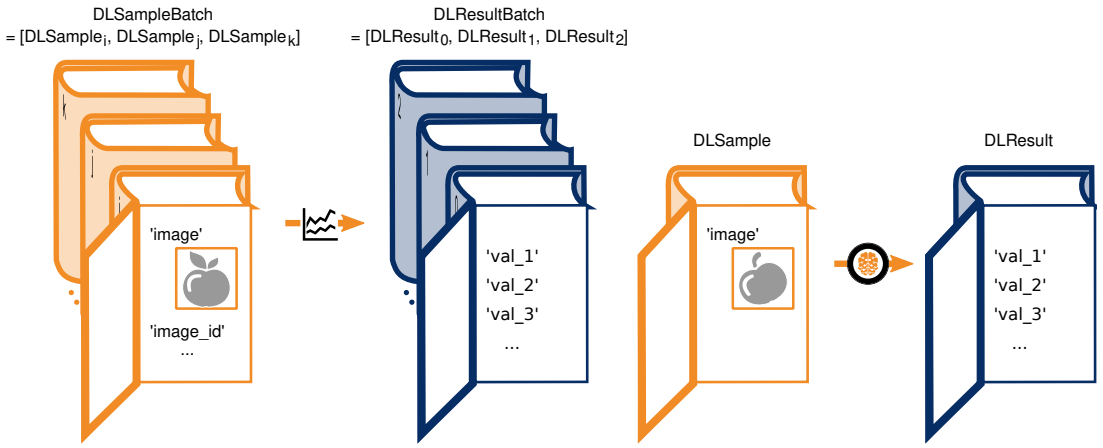
AD:

Der Operator `train_dl_model_anomaly_dataset` gibt folgende Einträge zurück:

- `final_error`
- `final_epoch`

Als Ausgabe des Operators `train_dl_model_batch` gibt das Modell ein Dictionary `DLTrainResult` zurück. In diesem Dictionary befinden sich der aktuelle Wert der Gesamt-Zielfunktion unter dem Schlüssel `total_loss` sowie die Werte aller weiteren im Modell enthaltenen Zielfunktionen.

Ausgabedaten bei der Inferenz und der Evaluierung Als Ausgabe des Operators `apply_dl_model` gibt das Modell für jedes Sample ein Dictionary `DLResult`, siehe die unten folgende Darstellung. Die Evaluierung basiert auf diesen Resultaten und den dem Bild zugehörigen Annotationen. Die Evaluierungsresultate werden im Dictionary `EvaluationResult` gespeichert.



Schematische Darstellung der Dictionarys, welche als Modell-Eingabe dienen: (1) Evaluierung: `DLSample` beinhaltet das Bild sowie Informationen über das Bild und seinen Inhalt. Diese Daten dienen als Basis der Evaluierung. Zu Darstellungszwecken ist die `BatchSize` auf drei gesetzt, zudem sind nur wenige Einträge aufgelistet. (2) Inferenz: `DLSample` beinhaltet das Bild. Diese Dictionarys können einzeln oder im Tupel übergeben werden.

Es ist zu beachten, dass für Modelle vom Typ 3D-PE die Inferenz und Evaluierung nicht wie oben beschrieben ausgeführt werden. Mehr Informationen zu Deep 3D Matching Inferenz sind im Kapitel 3D-Matching / Deep 3D Matching zu finden.

Abhängig vom Modell-Typ kann dieses Dictionary die folgenden Einträge haben:

`gripping_map`: 3D-GPD
Binärbild, das für jedes Pixel der Szene angibt, ob das Modell einen Greifpunkt vorhergesagt hat (Pixelwert = *1.0*) oder nicht (*0.0*).
Format: Bild

`gripping_confidence`: 3D-GPD
Bild, das für jeden Punkt der Szene unverarbeitete, unkalibrierte Konfidenzwerte enthält.
Format: Bild

`anomaly_image`: AD, GC-AD
Grauwertbild mit Scores als Pixelwerte, die angeben wie wahrscheinlich der entsprechende Pixel im Eingabebild zu einer Anomalie gehört.
Format: Bild

`anomaly_image_combined`: GC-AD
Grauwertbild mit Scores als Pixelwerte, die angeben wie wahrscheinlich der entsprechende Pixel im Eingabebild zu einer Anomalie gehört. Berechnet aus einer Kombination der Subnetzwerke *'global'* und *'local'* des Modells.
Format: Bild

anomaly_image_global: GC-AD
Grauwertbild mit Scores als Pixelwerte, die angeben wie wahrscheinlich der entsprechende Pixel im Eingabebild zu einer Anomalie gehört. Berechnet aus dem Subnetzwerk *'global'* des Modells.
Format: Bild

anomaly_image_local: GC-AD
Grauwertbild mit Scores als Pixelwerte, die angeben wie wahrscheinlich der entsprechende Pixel im Eingabebild zu einer Anomalie gehört. Berechnet aus dem Subnetzwerk *'local'* des Modells.
Format: Bild

anomaly_score: AD, GC-AD
Score der Anomalie aufgrund der Werte in `anomaly_image`.
Format: Gleitkommazahl

anomaly_score_local: GC-AD
Score der Anomalie aufgrund der Werte in `anomaly_image_local`.
Format: Gleitkommazahl

anomaly_score_global: GC-AD
Score der Anomalie aufgrund der Werte in `anomaly_image_global`.
Format: Gleitkommazahl

classification_class_ids: CL
IDs der vorhergesagten Klassen des Bildes sortiert nach Konfidenzwerten.
Format: Tupel von Ganzzahlen

classification_class_names: CL
Vorhergesagte Klassennamen des Bildes sortiert nach Konfidenzwerten.
Format: Tupel von Strings

classification_confidences: CL
Konfidenzwerte für die Vorhersage des Bildes für jede Klasse.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

class_ids: MLC
IDs der vorhergesagten Klassen des Bildes sortiert nach Konfidenzwerten.
Format: Tupel von Ganzzahlen

class_names: MLC
Vorhergesagte Klassennamen des Bildes sortiert nach Konfidenzwerten.
Format: Tupel von Strings

confidences: MLC
Konfidenzwerte für die Vorhersage des Bildes für jede Klasse.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

selected_class_ids: MLC
IDs der ausgewählten Klassen des Bildes über dem Schwellenwert für die Konfidenz (`min_confidence`).
Format: Tupel von Ganzzahlen

selected_class_names: MLC
Ausgewählte Klassennamen des Bildes über dem Schwellenwert für die Konfidenz (`min_confidence`).
Format: Tupel von Strings

selected_confidences: MLC
Ausgewählte Konfidenzwerte des Bildes für jede Klasse über dem Schwellenwert.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

char_candidates: OCR-R
Kandidaten für jedes Zeichen eines Wortes und deren Konfidenzwerte.
Format: Tupel von Dictionarys

word: OCR-R
Erkanntes Wort.
Format: String

score_maps: OCR-D Bewertungen als Bild mit vier Kanälen:

- Zeichenbewertung: Bewertung der Lokalisierung von Zeichen.
- Verknüpfungsbewertung: Bewertung der Verbindung von lokalisierten Zeichenmittelpunkten zu einem zusammenhängenden Wort.
- Ausrichtung 1: Sinuskomponente der vorhergesagten Wortausrichtung.
- Ausrichtung 2: Kosinuskomponente der vorhergesagten Wortausrichtung.

format: Bild

words: OCR-D Dictionary mit den folgenden Einträgen. Dabei sind die Einträge Tupel mit einem Wert für jedes gefundene Wort.

- `row`: Lokalisiertes Wort: Mittelpunkt, Zeilenkoordinate
- `col`: Lokalisiertes Wort: Mittelpunkt, Spaltenkoordinate
- `phi`: Lokalisiertes Wort: Winkel phi.
- `length1`: Lokalisiertes Wort: Halbe Kantenlänge 1.
- `length2`: Lokalisiertes Wort: Halbe Kantenlänge 2.
- `line_index`: Zeilen-Index der lokalisierten Worte, falls *'detection_sort_by_line'* gleich *'true'*.

format: Dictionary mit Tupeln von Gleitkommazahlen und Strings

word_boxes_on_image: OCR-D Dictionary mit der Lokalisierung der Worte im Koordinatensystem der vorverarbeiteten Bilder, die sich in `image` befinden. Dabei sind die Einträge Tupel mit einem Wert für jedes gefundene Wort.

- `row`: Lokalisiertes Wort: Mittelpunkt, Zeilenkoordinate
- `col`: Lokalisiertes Wort: Mittelpunkt, Spaltenkoordinate
- `phi`: Lokalisiertes Wort: Winkel phi.
- `length1`: Lokalisiertes Wort: Halbe Kantenlänge 1.
- `length2`: Lokalisiertes Wort: Halbe Kantenlänge 2.

format: Dictionary mit Tupeln von Gleitkommazahlen

word_boxes_on_score_maps: OCR-D Dictionary mit der Lokalisierung der Worte im Koordinatensystem der Bewertungsbilder, die sich in `score_maps` befinden. Die Einträge sind die gleichen wie für `word_boxes_on_image` oben. *format:* Dictionary mit Tupeln von Gleitkommazahlen

bbox_class_id: OD
Vorhergesagte Klasse für das umschließende Rechteck (als ID aus `class_ids`).
Format: Tupel von Ganzzahlen

bbox_class_name: OD
Name der vorhergesagten Klasse für das umschließende Rechteck.
Format: Tupel von Strings

bbox_confidence: OD
Konfidenzwerte für die Vorhersage des umschließenden Rechtecks.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_row1: OD:r1 [6]
Inferiertes umschließendes Rechteck: Obere linke Ecke, Zeilenkoordinate.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_col1: OD:r1 [6]
Inferiertes umschließendes Rechteck: Obere linke Ecke, Spaltenkoordinate.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_row2: OD:r1 [6]
Inferiertes umschließendes Rechteck: Untere rechte Ecke, Zeilenkoordinate.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_col2: OD:r1 [6]
Inferiertes umschließendes Rechteck: Untere rechte Ecke, Spaltenkoordinate.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_row: OD:r2 [6]
Inferiertes umschließendes Rechteck: Mittelpunkt, Zeilenkoordinate.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_col: OD:r2 [6]
Inferiertes umschließendes Rechteck: Mittelpunkt, Spaltenkoordinate.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_phi: OD:r2 [6]
Inferiertes umschließendes Rechteck: Winkel phi.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_length1: OD:r2 [6]
Inferiertes umschließendes Rechteck: Halbe Kantenlänge 1.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

bbox_length2: OD:r2 [6]
Inferiertes umschließendes Rechteck: Halbe Kantenlänge 2.
Format: Tupel von Gleitkommazahlen

mask: OD:is
Inferierte Masken, welche die Region der Instanzen markieren.
Format: Tupel von Regionen

mask_probs: OD:is
Bild mit den Konfidenzwerten der inferierten Masken.
Format: Bild

segmentation_image: SE
Bild mit dem Segmentierungsresultat.
Format: Bild

segmentation_confidence: SE
Bild mit den Konfidenzwerten des Segmentierungsresultats.
Format: Bild

[6]: Für die Parameter der inferierten umschließenden Rechtecke werden pixel-zentrierte, subpixel-genaue Koordinaten verwendet.

Für weitere Informationen zu den Ausgabewerten wird auf das Kapitel der entsprechenden Methode verwiesen, z.B. Deep Learning / Semantische Segmentierung und Kantenextraktion.

Bilder Unabhängig von der Anwendung stellt das Netzwerk Anforderungen an die Bilder. Die spezifischen Werte hängen vom Netzwerk selbst ab und können mit `get_dl_model_param` abgefragt werden. Um diese Anforderungen zu erfüllen, müssen die Bilder evt. vorverarbeitet werden. Die Standard-Vorverarbeitung für den ganzen Datensatz und damit auch der Bilder kann mit Hilfe der Prozedur `preprocess_dl_samples` durchgeführt werden. Für eine selbst erstellte Vorverarbeitung liefert diese Prozedur eine Anleitung für die Implementierung.

add_dl_pruning_batch (: : DLModelHandleToPrune, DLPruningHandle, DLSampleBatch :)

Berechnen von Scores für das Pruning eines Deep Learning-Modells.

`add_dl_pruning_batch` berechnet Scores für das Pruning des Deep Learning-Modells `DLModelHandleToPrune`. Genauer gesagt werden die Scores für den Batch gegebener Bilder, `DLSampleBatch`, berechnet und bei jedem Aufruf von `add_dl_pruning_batch` im Pruning-Daten-Handle `DLPruningHandle` intern akkumuliert.

Der Parameter `DLModelHandleToPrune` gibt das Deep Learning-Modell an, das für die Berechnung verwendet wird. Es ist zu beachten, dass `add_dl_pruning_batch` nur Deep Learning-Modelle vom Typ *'classification'* unterstützt.

Der Parameter `DLPruningHandle` gibt das Handle zu den Pruning-Daten an. Dieses Handle wird verwendet um Informationen wie z.B. die Scores oder den Pruning Modus zu übergeben. Siehe `create_dl_pruning` für weitere Informationen zu den implementierten Pruning Modi.

Der Parameter DLSampleBatch gibt den Batch mit Eingabebildern an, auf welchen die Scores berechnet werden. Beachten Sie, dass die Anzahl von Bildern in einem DLSampleBatch Tupel gleich der *'batch_size'* des Modells sein muss.

Das Konzept von Deep Learning ist in der Einleitung zu Kapitel Deep Learning beschrieben.

Parameter

- ▷ **DLModelHandleToPrune** (input_control) . . . . . dl_model ⇝ *handle*
  Handle des zu reduzierenden Deep Learning-Modells.
- ▷ **DLPruningHandle** (input_control) . . . . . dl_pruning ⇝ *handle*
  Handle mit den Pruning-Daten.
- ▷ **DLSampleBatch** (input_control) . . . . . dict-array ⇝ *handle*
  Tupel von Dictionarys mit Eingabebildern.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_dl_model, create_dl_pruning, set_dl_pruning_param

Nachfolger

get_dl_pruning_param, gen_dl_pruned_model

Modul

Deep Learning Professional

apply_dl_model (: : DLModelHandle, DLSampleBatch, Outputs : DLResultBatch)

Anwenden des Deep Learning-basierten Netzwerkes zur Inferenz auf einer Menge an Bildern.

apply_dl_model wendet das durch DLModelHandle gegebene Deep Learning-basierte Netzwerk auf ein Batch von Eingabebildern an, die über das Tupel von Dictionarys DLSampleBatch übergeben werden. Der Operator gibt DLResultBatch zurück, ein Tupel mit einem Ergebnis-Dictionary DLResult pro Eingabebild.

Für weitere Informationen zum Konzept und den Dictionarys des Deep Learning-Modells in HALCON siehe das Kapitel Deep Learning / Modell.

Um das Netzwerk auf Bilder anwenden zu können, müssen diese über ein Tupel von Dictionarys DLSampleBatch übergeben werden. Dabei bezieht sich jedes Dictionary auf ein einzelnes Bild. Mit Hilfe der Prozedur gen_dl_samples_from_images kann solch ein Dictionary passend erstellt werden. Das Tupel DLSampleBatch kann eine beliebige Anzahl Dictionarys enthalten. Der Operator apply_dl_model verarbeitet stets einen Batch mit bis zu *'batch_size'* Bildern simultan. Falls das Tupel mehr Bilder enthält, iteriert apply_dl_model intern über die notwendige Anzahl an Batches um alle Bilder zu verarbeiten. Für ein DLSampleBatch mit weniger als *'batch_size'* Bildern wird das Tupel zu einem vollen Batch aufgefüllt, was also bedeutet, dass die Laufzeit zur Verarbeitung eines solchen Batches unabhängig davon ist, ob dieser vollständig gefüllt ist oder nur ein einzelnes Bild enthält. Dies heißt auch, dass das Netzwerk stets den vollen Speicher benötigt, selbst wenn in einem Operatorenaufruf weniger als *'batch_size'* Bilder verarbeitet werden sollen. Der aktuelle Wert von *'batch_size'* kann mittels get_dl_model_param abgefragt werden.

Es ist zu beachten, dass die Bilder eventuell vorverarbeitet werden müssen um die die Netzwerkanforderungen zu erfüllen, bevor sie dem Operator apply_dl_model übergeben werden können. Mit get_dl_model_param können die aktuellen Anforderungen des Netzwerks wie z.B. die Bilddimensionen abgefragt werden. Die Prozedur preprocess_dl_dataset gibt eine Anleitung für die Implementierung dieser Vorverarbeitung.

Die Resultate werden in DLResultBatch zurückgegeben, einem Tupel mit einem Dictionary DLResult für jedes Eingabebild. Für weitere Informationen zu den Ausgabe-Dictionarys DLResultBatch und dessen Schlüssel siehe das Kapitel Deep Learning / Modell. In Outputs kann spezifiziert werden, welche Daten vom Netzwerk in den Ergebnis-Dictionarys DLResultBatch ausgegeben werden. Dabei kann Outputs ein einzelner String, ein

Tupel von Strings, oder ein leeres Tupel, mit dem alle möglichen Ausgaben abgerufen werden können, sein. Falls `apply_dl_model` über eine AI^2-Schnittstelle genutzt wird, kann es notwendig sein, dass *'is_inference_output'* = *'true'* für alle Layer in `Outputs` gesetzt werden muss, bevor das Modell für die AI^2-Schnittstelle optimiert wird, siehe `optimize_dl_model_for_inference` und `set_dl_model_layer_param` für Details dazu. Die Werte für `Outputs` sind abhängig vom Modelltyp des verwendeten Netzwerks:

Modell mit *'type'='3d_gripping_point_detection'*

- `Outputs`=*'[]'*: `DLResult`, welches folgende Einträge enthält:
  - `'gripping_map'`: Binärbild, das für jedes Pixel der Szene angibt, ob das Modell einen Greifpunkt vorhergesagt hat (Pixelwert = *1.0*) oder nicht (*0.0*).
  - `'gripping_confidence'`: Bild, das für jeden Punkt der Szene unverarbeitete, unkalibrierte Konfidenzwerte enthält.

Modell mit *'type'='3d_pose_estimation'*
Dieser Modelltyp kann nicht mit dem Operator `apply_dl_model` ausgeführt werden.

Modell mit *'type'='anomaly_detection'*

- `Outputs`=*'[]'*: `DLResult` enthält ein Bild, in dem jedes Pixel den Score des entsprechenden Pixels des Eingabebildes erhält. Zusätzlich enthält es einen Score für das Bild als Ganzes.

Modell mit *'type'='counting'*
Dieser Modelltyp kann nicht mit dem Operator `apply_dl_model` ausgeführt werden.

Modell mit *'type'='gc_anomaly_detection'*
Für jeden Wert von `Outputs` enthält `DLResult` ein Bild, in dem jedes Pixel den Score des entsprechenden Pixels des Eingabebildes erhält. Zusätzlich enthält es einen Score für das Bild als Ganzes.

- `Outputs`=*'[]'*: Der Score jedes Pixels wird aus der Kombination aller verfügbaren Netzwerke berechnet.
- `Outputs`=*'anomaly_image_local'*: Der Score jedes Pixels wird nur aus dem Netzwerk mit dem Namen *'local'* berechnet. Falls dieses Netzwerk nicht zur Verfügung steht, wird ein Fehler geworfen.
- `Outputs`=*'anomaly_image_global'*: Der Score jedes Pixels wird nur aus dem Netzwerk mit dem Namen *'global'* berechnet. Falls dieses Netzwerk nicht zur Verfügung steht, wird ein Fehler geworfen.
- `Outputs`=*'anomaly_image_combined'*: Der Score jedes Pixels wird aus einer Kombination der Scores aus den Netzwerken mit den Namen *'local'* und *'global'* berechnet. Falls nicht beide Subnetzwerke zur Verfügung stehen, wird ein Fehler geworfen.

Modell mit *'type'='classification'*

- `Outputs`=*'[]'*: `DLResult` enthält ein Tupel mit den Konfidenzwerten in absteigender Reihenfolge sowie weitere Tupel mit den Klassennamen und Klassen-IDs in entsprechender Sortierung.

Modell mit *'type'='multi_label_classification'*

- `Outputs`=*'[]'*: `DLResult` enthält ein Tupel mit anhand von *'min_confidence'* ausgewählten Klassennamen, Klassen-IDs und zugehörigen Konfidenzwerten. Zusätzlich enthält es ein Tupel mit allen Klassennamen, Klassen-IDs und zugehörigen Konfidenzwerten.

Modell mit *'type'='detection'*

- `Outputs`=*'[]'*: `DLResult` enthält für alle Modell-Ebenen die Koordinaten der umschließenden Rechtecke, sowie die geschätzten Klassen und deren Konfidenzwerte.
- `Outputs`= *'[bboxhead + level + _prediction, classhead + level + _prediction]'*, wobei *'level'* die ausgewählte Ebene angibt und einen Wert zwischen *'min_level'* und *'max_level'* annehmen kann: `DLResult` enthält für die ausgewählten Modell-Ebenen die Koordinaten der umschließenden Rechtecke, sowie die geschätzten Klassen und deren Konfidenzwerte.

Modell mit *'type'='ocr_recognition'*

- Outputs='[]': DLResult enthält das erkannte Wort. Zusätzlich enthält es Kandidaten für jedes Zeichen eines Wortes und deren Konfidenzwerte.

Modell mit *'type'='ocr_detection'*

- Outputs='[]': DLResult enthält die Lokalisierung der gefundenen Wörter.

Modell mit *'type'='segmentation'*

- Outputs='segmentation_image': DLResult enthält ein Bild, in dem jedes Pixel einen Wert entsprechend der Klasse erhält, welcher das entsprechende Pixel zugeordnet wurde.
- Outputs='segmentation_confidence': DLResult enthält ein Bild, in dem jedes Pixel den Konfidenzwert der Klassifikation des entsprechenden Pixels erhält.
- Outputs='[]': DLResult enthält alle Ausgabewerte.

Achtung

Systemvoraussetzungen: Um diesen Operator auf der GPU auszuführen, indem *'device'* auf *'gpu'* gesetzt ist (siehe get_dl_model_param), werden cuDNN und cuBLAS benötigt. Für weitere Details wird auf den „Installation Guide", Abschnitt „Requirements for Deep Learning and Deep-Learning-Based Methods", verwiesen.

Parameter

▷ **DLModelHandle** (input_control) ..... dl_model ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-Modells.

▷ **DLSampleBatch** (input_control) ..... dict-array ⇝ *handle*
Eingabedaten.

▷ **Outputs** (input_control) ..... string-array ⇝ *string*
Angeforderte Ausgabedaten.
Default: []
Werteliste: Outputs ∈ {[], 'segmentation_image', 'segmentation_confidence', 'bboxhead2_prediction', 'classhead2_prediction'}

▷ **DLResultBatch** (output_control) ..... dict-array ⇝ *handle*
Dictionary mit Ergebnisdaten.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert apply_dl_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

read_dl_model, train_dl_model_batch, train_dl_model_anomaly_dataset, set_dl_model_param

Modul

Foundation. Dieser Operator verwendet dynamische Lizenzierung (siehe 'Installation Guide'). Welches der folgenden Module benötigt wird hängt von der Anwendung des Operators ab:
3D Metrology, OCR/OCV, Deep Learning Enhanced, Deep Learning Professional

clear_dl_model (: : DLModelHandle :)

Löschen eines Deep Learning-Modells.

clear_dl_model löscht das Handle des Deep Learning-Modells, das durch DLModelHandle angegeben wird, und gibt den entsprechenden Speicherplatz frei. Das Modell kann nach dem Aufruf von clear_dl_model nicht mehr verwendet werden. Das Handle DLModelHandle ist nach dem Aufruf ungültig.

Für weitere Informationen zu Deep Learning-Modellen in HALCON siehe das Kapitel Deep Learning / Modell.

Parameter

▷ **DLModelHandle** (input_control) . . . . . dl_model(-array) ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `clear_dl_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: local (kann nur von dem Thread aufgerufen werden, in dem die Fenster-, Modell- oder Tool-Instanz erzeugt wurde).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DLModelHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`read_dl_model`, `apply_dl_model`, `train_dl_model_batch`, `train_dl_model_anomaly_dataset`

Modul

Foundation. Dieser Operator verwendet dynamische Lizenzierung (siehe 'Installation Guide'). Welches der folgenden Module benötigt wird hängt von der Anwendung des Operators ab:
3D Metrology, OCR/OCV, Matching, Deep Learning Enhanced, Deep Learning Professional

create_dl_pruning (: : DLModelHandle, Mode, GenParam : DLPruningHandle)

Erstellen eines Handles für Pruning-Daten.

Der Operator `create_dl_pruning` erstellt ein Handle `DLPruningHandle`. Dieses Handle wird beim Pruning eines Deep Learning-Modells verwendet um Informationen zu übergeben.

`Mode` bestimmt die Pruning-Methode. Die Methode impliziert was im Modell reduziert wird und damit auch welche Scores benötigt werden. Momentan ist nur der folgende *'mode'* implementiert:

'oracle': Kernels werden aus Convolutional-Layern entfernt. Dafür wird für jeden (möglicherweise entfernbaren) Kernel ein Score berechnet, welcher angibt, wie wichtig der Kernel im verwendeten Netzwerk für die gegebenen Bilder ist. Für weitere Informationen wird auf den Artikel im Abschnitt „`Literatur`" verwiesen.

`GenParam` ist ein Dictionary zum Setzen generischer Parameter. Zur Zeit werden keine generischen Parameter unterstützt.

Für eine Erklärung zum Konzept von Deep Learning wird auf die Einleitung des Kapitels Deep Learning verwiesen.

Parameter

▷ **DLModelHandle** (input_control) . . . . . dl_model ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-Modells.

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Pruning-Methode.
Default: 'oracle'
Werteliste: `Mode` ∈ {'oracle'}

▷ **GenParam** (input_control) ..... dict ⇝ *handle*
Dictionary mit generischen Parameter.
Default: []

▷ **DLPruningHandle** (output_control) ..... dl_pruning ⇝ *handle*
Handle mit den Pruning-Daten.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`read_dl_model`

Nachfolger

`get_dl_pruning_param`, `set_dl_model_param`

Literatur

Pavlo Molchanov, Stephen Tyree, Tero Karras, Timo Aila, Jan Kautz "Pruning Convolutional Neural Networks for Resource Efficient Inference", ICLR 2017, 5th International Conference on Learning Representations, Toulon, France.

Modul

Deep Learning Professional

deserialize_dl_model (: : SerializedItemHandle : DLModelHandle)

Deserialisiert ein Deep Learning-Modell.

Der Operator `deserialize_dl_model` deserialisiert ein durch das Handle `SerializedItemHandle` definiertes Deep Learning-Modell, das mit dem Operator `serialize_dl_model` serialisiert wurde.

Der Operator verhält sich wie `read_dl_model` mit dem Unterschied, dass keine Datei, sondern ein serialisiertes Element als Eingabe dient. Für eine detailliertere Beschreibung sei auf die Dokumentation des Operators `read_dl_model` verwiesen.

Für weitere Informationen zu Deep Learning-Modellen in HALCON siehe das Kapitel Deep Learning / Modell.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **DLModelHandle** (output_control) ..... dl_model ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_dl_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_dl_model`

Nachfolger

apply_dl_model, train_dl_model_batch, train_dl_model_anomaly_dataset, set_dl_model_param, get_dl_model_param

Siehe auch

serialize_dl_model

Modul

Foundation. Dieser Operator verwendet dynamische Lizenzierung (siehe 'Installation Guide'). Welches der folgenden Module benötigt wird hängt von der Anwendung des Operators ab:
3D Metrology, OCR/OCV, Matching, Deep Learning Enhanced, Deep Learning Professional

gen_dl_model_heatmap (: : DLModelHandle, DLSample, HeatmapMethod, TargetClasses, GenParam : DLResult)

Inferieren eines Samples und generieren einer Heatmap.

Der Operator gen_dl_model_heatmap inferiert das Sample DLSample und generiert eine Heatmap der in TargetClasses angegebenen Klasse. Dabei kann DLSample ein einzelnes Dictionary oder ein Tupel von Dictionarys verschiedener Samples sein. Dafür wird das in DLModelHandle gegebene Modell verwendet. Der Parameter HeatmapMethod bestimmt, mit welcher Methode die Heatmap berechnet wird. Die Resultate werden in DLResult zurückgegeben mit einem Ergebnis-Dictionary für jedes übergebene Sample. Es gilt zu bemerken, dass DLResult jeweils neu angelegt wird und somit bereits existierende Parameter dieses Namens überschrieben werden.

Eine Heatmap kann nützlich sein bei der Analyse, welche Teile eines Bildes bei seiner Inferenz in eine bestimmte Klasse einen starken Einfluss haben. Form und Größe dieser Bereiche und somit die Heatmaps können sich für verschiedene Netzwerke stark von einander unterscheiden, insbesondere wenn sich die Architekturen unterscheiden. Es gibt verschiedene Methoden um eine Heatmap zu berechnen. Die folgenden Methoden können über den Parameter HeatmapMethod ausgewählt werden:

'grad_cam': Liefert regionenbasierte Heatmap-Informationen basierend auf "Gradient-weighted Class Activation Mapping (Grad-CAM)". Für eine detailliertere Beschreibung wird auf auf das unten referenzierte Paper verwiesen.

'guided_grad_cam': Liefert pixelgenaue Heatmap-Informationen basierend auf "Guided Gradient-weighted Class Activation Mapping (Guided Grad-CAM)". Für eine detailliertere Beschreibung wird auf auf das unten referenzierte Paper verwiesen.

Der Eingabeparameter TargetClasses bestimmt die Zielklasse, die Klasse, für welche die Heatmap generiert wird. Als Wert wird die Klassen-ID gesetzt. Alternativ kann auch ein leeres Tupel angegeben werden. In diesem Fall wird die Heatmap für die Klasse mit höchstem Konfidenzwert generiert, also die Klasse der besten Vorhersage. Derzeit kann für TargetClasses entweder ein einziger Wert oder ein leeres Tupel übergeben werden.

Folgende Werte können über das Dictionary GenParam gesetzt werden:

target_conv_layer: Legt fest, von welchem Faltungs-Layer die Aktivierung und der Gradient zur Erstellung der Heatmap verwendet werden sollen. Der Faltungs-Layer kann über seinen Namen NAME bestimmt werden, wie er von *'summary'* in get_dl_model_param zurückgegeben wird, z.B. *'conv10'*. Als Standardwert wird der letzte (tiefste) Faltungs-Layer mit einer nicht-trivialen Aktivierung (Weite und Höhe ungleich 1) verwendet. Es wird empfohlen den Standardwert zu verwenden, da sich die Aktivierung des tiefsten Faltungs-Layer in der Regel am besten zum Erzeugen der Heatmap eignet.

use_conv_only: Falls der ausgewählte Faltungs-Layer (mittels target_conv_layer) mit einem direkt folgenden ReLU-Layer fusioniert ist, kann mit diesem Parameter angegeben werden, von welchem dieser beiden Layer die Aktivierung und die Gradienten für die Heatmap genutzt werden sollen. Die folgenden Werte werden unterstützt:

'true': Faltungs-Layer
'false': ReLU-Layer

Restriktion: Nur anwendbar, wenn HeatmapMethod auf *'grad_cam'* gesetzt ist.

Default: use_conv_only = *'true'*.

scaling: Bestimmt die Art der Skalierung der Heatmap. Die folgenden Werte werden unterstützt:

'scale_after_relu': Alle negativen Werte der Heatmap werden auf 0 gesetzt. Anschließend werden alle Werte auf den Wertebereich [0,1] skaliert. Dadurch können auch Bereiche mit schwacher Aktivierung sehr hohe Werte nahe 1 erhalten.

'scale_before_relu': All Werte der Heatmap werden durch den maximalen Wert der Absolutbeträge dividiert und anschließend alle negativen Werte auf 0 gesetzt. Dadurch werden die Werte in den Bereich [0,1] skaliert. Im Vergleich zu *'scale_after_relu'* müssen schwach aktivierte Bereiche jedoch nicht hohe Werte nahe der 1 bekommen.

'scale_without_relu': Alle Werte der Heatmap werden auf den Wertebereich [0,1] skaliert. Dadurch können auch Bereiche mit schwacher Aktivierung sehr hohe Werte nahe 1 erhalten.

'none': Die Werte der Heatmap werden nicht skaliert.

Default: `scaling` = *'scale_without_relu'*.

Jedes Ergebnis-Dictionary in `DLResult` beinhaltet die Inferenz-Resultate wie sie mit `apply_dl_model` erhalten werden. Zusätzlich beinhaltet es ein verschachteltes Dictionary unter dem Schlüssel `heatmap_method`, wobei `method` der Name der Methode zur Berechnung der Heatmap ist, wie in `HeatmapMethod` gegeben. In diesem verschachtelten Dictionary ist die Heatmap unter dem Schlüssel `heatmap_image_class_classID` abgespeichert, im Falle von *'guided_grad_cam'* ist dieser Schlüssel `guided_grad_cam_image_class_classID`, wobei `classID` die ID der Zielklasse ist.

Achtung

Systemvoraussetzungen: Dieser Operator führt einen „backward pass“ durch, weshalb die gleichen Systemvoraussetzungen wie für das Training von Deep Learning-Modellen gelten. Für weitere Details wird auf den „`Installation Guide`“, Abschnitt „Requirements for Deep Learning and Deep-Learning-Based Methods“, verwiesen.

Die Heatmap dient als Hilfe um Klassifikationsergebnisse besser zu verstehen und ist nicht zur Segmentierung geeignet. Außerdem sei bemerkt, dass `gen_dl_model_heatmap` derzeit nur Modelle mit *'type'='classification'* unterstützt.

Parameter

- ▷ **`DLModelHandle`** (input_control) ..... dl_model ⇝ *handle*
  Handle des Deep Learning-basierten Modells.
- ▷ **`DLSample`** (input_control) ..... dict(-array) ⇝ *handle*
  Dictionarys mit den Eingabedaten der Samples.
- ▷ **`HeatmapMethod`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Methode nach der die Heatmap berechnet wird.
  Default: 'grad_cam'
  Werteliste: `HeatmapMethod` ∈ {'grad_cam', 'guided_grad_cam'}
- ▷ **`TargetClasses`** (input_control) ..... tuple ⇝ *integer*
  IDs der Zielklasse.
  Default: []
- ▷ **`GenParam`** (input_control) ..... dict ⇝ *handle*
  Dictionary für generische Parameter.
  Default: []
- ▷ **`DLResult`** (output_control) ..... dict(-array) ⇝ *handle*
  Dictionarys mit den Resultaten.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`apply_dl_model`

Literatur

R. R. Selvaraju, M. Cogswell, A. Das, R. Vedantam, D. Parikh, D. Batra: "Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-Based Localization,"2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Venice, 2017, pp. 618-626. doi: 10.1109/ICCV.2017.74

Modul

Deep Learning Enhanced

gen_dl_pruned_model (: : DLModelHandleToPrune,
DLPruningHandle : DLModelHandlePruned)

Pruning eines Deep Learning-Modells.

Der Operator gen_dl_pruned_model kopiert das Eingabe-Modell DLModelHandleToPrune und gibt die reduzierte Kopie in DLModelHandlePruned zurück. Es ist zu beachten, dass add_dl_pruning_batch nur Deep Learning-Modelle vom Typ *'type'='classification'* unterstützt.

Der Parameter DLPruningHandle liefert alle notwendigen Informationen, wie z.B. den ausgewählten Pruning Modus, den Prozentsatz oder die Kernel Scores. Siehe create_dl_pruning für weitere Informationen zu den implementierten Pruning Modi.

Verhalten in speziellen Fällen:

- Falls die angegebene Pruning-Menge *'percentage'* zu klein ist, um zu einer Reduzierung zu führen, ist DLModelHandlePruned eine Kopie des Eingabe-Modells DLModelHandleToPrune.
- Falls das Modell nicht erfolgreich reduziert werden konnte, wird ein leeres Handle zurückgegeben.

Parameter

▷ **DLModelHandleToPrune** (input_control) ..... dl_model ⇝ *handle*
Eingabe-Modell.

▷ **DLPruningHandle** (input_control) ..... dl_pruning ⇝ *handle*
Handle mit den Pruning-Daten.

▷ **DLModelHandlePruned** (output_control) ..... dl_model ⇝ *handle*
Reduziertes Modell.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

add_dl_pruning_batch, set_dl_pruning_param

Modul

Deep Learning Professional

get_dl_model_param (: : DLModelHandle,
GenParamName : GenParamValue)

Auslesen der Parameter des Deep Learning-Modells.

get_dl_model_param gibt die Parameterwerte von GenParamName für das Deep Learning-Modell DLModelHandle in GenParamValue aus.

Für ein Deep Learning-Modell können die Parameter GenParamName, je nach Parameter und Modelltyp, mit Hilfe von set_dl_model_param oder create_dl_model_detection gesetzt werden.

Mit diesem Operator, get_dl_model_param, können die Parameterwerte GenParamValue abgefragt werden. Nachstehend ist ein Überblick über die verschiedenen Parameter für die jeweiligen Modelltypen gegeben sowie eine Erklärung zu den Parametern, mit Ausnahme jener, die nur gesetzt werden können. Für eine Erklärung letztgenannter Parameter wird auf die Dokumentation der entsprechenden Operatoren verwiesen. Die Parameter sind entsprechend den Deep-Learning-Modellmethoden aufgeführt.

Um zu markieren, welche Operatoren für die Methoden verfügbar sind, verwenden wir folgende Notation:

- `set`: Der Parameter kann mit `set_dl_model_param` gesetzt werden.
- `get`: Der Parameter kann mit `get_dl_model_param` abgefragt werden.
- `create`: Der Parameter kann mit `create_dl_model_detection` gesetzt werden.
- Gewisse Parameter werden als nicht-optionale Parameter gesetzt, die entsprechende Repräsentation ist in Klammern angegeben.

3D Gripping Point Detection

GenParamName	set	get
'adam_beta1'	x	x
'adam_beta2'	x	x
'adam_epsilon'	x	x
'batch_size'	x	x
'batch_size_multiplier'	x	x
'batchnorm_momentum'	x	
'class_ids'	x	x
'class_names'		x
'device'	x	x
'enable_resizing'	x	
'fuse_bn_relu'	x	
'fuse_conv_bn'	x	
'fuse_conv_relu'	x	
'gpu'	x	x
'image_dimensions'	x	x
'image_height', *'image_width'*	x	x
'image_num_channels'		x
'image_range_max', *'image_range_min'*	x	x
'image_size'	x	x
'input_dimensions'		x
'learning_rate'	x	x
'max_gradient_norm'	x	x
'meta_data'	x	x
'min_version'		x
'momentum'	x	x
'num_trainable_params'		x
'optimize_for_inference'	x	x
'precision'		x
'precision_is_converted'		x
'runtime'	x	x
'runtime_init'	x	
'solver_type'	x	x
'type'		x
'weight_decay'	x	x
'weight_prior'	x	x

Deep 3D Matching Posenschätzungs-Komponente

GenParamName	set	get
'adam_beta1'	x	x
'adam_beta2'	x	x
'adam_epsilon'	x	x
'batch_size'	x	x
'batch_size_multiplier'	x	x
'batchnorm_momentum'	x	
'device'	x	x
'enable_resizing'	x	
'fuse_bn_relu'	x	
'fuse_conv_bn'	x	
'fuse_conv_relu'	x	
'gpu'	x	x
'image_dimensions'		x
'image_height', *'image_width'*		x
'image_num_channels'		x
'image_range_max', *'image_range_min'*		x
'image_size'		x
'layer_names'		x
'learning_rate'	x	x
'max_gradient_norm'	x	x
'meta_data'	x	x
'min_version'		x
'momentum'	x	x
'num_trainable_params'		x
'optimize_for_inference'	x	x
'precision'		x
'precision_is_converted'		x
'runtime'	x	x
'runtime_init'	x	
'solver_type'	x	x
'summary'		x
'type'		x
'weight_decay'	x	x
'weight_prior'	x	x

Anomalieerkennung

GenParamName	set	get
'batch_size'	x	x
'batchnorm_momentum'	x	
'complexity'	x	x
'device'	x	x
'enable_resizing'	x	
'fuse_bn_relu'	x	
'fuse_conv_bn'	x	
'fuse_conv_relu'	x	
'gpu'	x	x
'image_dimensions'	x	x
'image_height', *'image_width'*	x	x
'image_num_channels'		x
'image_range_max', *'image_range_min'*		x
'image_size'	x	x
'input_dimensions'	x	x
'max_gradient_norm'	x	x
'meta_data'	x	x
'min_version'		x
'num_trainable_params'		x
'precision'		x
'precision_is_converted'		x
'runtime'	x	x
'runtime_init'	x	
'standard_deviation_factor'	x	x
'type'		x

Klassifikation

GenParamName	set	get
'adam_beta1'	x	x
'adam_beta2'	x	x
'adam_epsilon'	x	x
'batch_size'	x	x
'batch_size_multiplier'	x	x
'batchnorm_momentum'	x	
'class_ids'		x
'class_names'	x	x
'class_weights'	x	x
'clear_ood'	x	
'continual_learning_available'		x
'device'	x	x
'enable_resizing'	x	
'extract_feature_maps'	x	x
'fuse_bn_relu'	x	
'fuse_conv_bn'	x	
'fuse_conv_relu'	x	
'gpu'	x	x
'image_dimensions'	x	x
'image_height', *'image_width'*	x	x
'image_num_channels'	x	x
'image_range_max', *'image_range_min'*		x
'image_size'	x	x
'input_dimensions'	x	x
'layer_names'		x
'learning_rate'	x	x
'max_gradient_norm'	x	x
'meta_data'	x	x
'min_version'		x
'momentum'	x	x
'num_trainable_params'		x
'ood_available'		x
'ood_threshold'	x	x
'optimize_for_inference'	x	x
'precision'		x
'precision_is_converted'		x
'runtime'	x	x
'runtime_init'	x	
'solver_type'	x	x
'summary'		x
'type'		x
'weight_decay'	x	x
'weight_prior'	x	x

Multi-Label-Klassifikation

GenParamName	set	get
'batch_size'	x	x
'batch_size_multiplier'	x	x
'class_ids'	x	x
'class_names'	x	x
'device'	x	x
'gpu'	x	x
'image_dimensions'	x	x
'image_height', *'image_width'*	x	x
'image_num_channels'	x	x
'image_range_max', *'image_range_min'*		x
'image_size'	x	x
'input_dimensions'	x	x
'layer_names'		x
'learning_rate'	x	x
'max_gradient_norm'	x	x
'meta_data'	x	x
'min_version'		x
'min_confidence'	x	x
'momentum'	x	x
'num_trainable_params'		x
'optimize_for_inference'	x	x
'precision'		x
'precision_is_converted'		x
'runtime'	x	x
'runtime_init'	x	
'solver_type'	x	x
'summary'		x
'type'		x
'weight_decay'	x	x
'weight_prior'	x	x

Deep Counting Komponente

GenParamName	set	get
'batch_size'	x	x
'batch_size_multiplier'	x	x
'device'	x	x
'gpu'	x	x
'input_dimensions'		x
'layer_names'		x
'learning_rate'	x	x
'max_gradient_norm'	x	x
'meta_data'	x	x
'min_version'		x
'momentum'	x	x
'num_trainable_params'		x
'optimize_for_inference'		x
'precision'		x
'precision_is_converted'		x
'runtime'	x	x
'solver_type'		x
'summary'		x
'type'		x
'weight_decay'	x	x
'weight_prior'	x	x

Deep OCR Erkennungskomponente

GenParamName	set	get
'adam_beta1'	x	x
'adam_beta2'	x	x
'adam_epsilon'	x	x
'alignment'	x	x
'alignment_available'		x
'alphabet'	x	x
'alphabet_internal'	x	x
'alphabet_mapping'	x	x
'batch_size'	x	x
'batchnorm_momentum'	x	
'device'	x	x
'enable_resizing'	x	
'fuse_bn_relu'	x	
'fuse_conv_bn'	x	
'fuse_conv_relu'	x	
'gpu'	x	x
'image_dimensions'	x	x
'image_height', *'image_width'*	x	x
'image_num_channels'	x	x
'image_range_max', *'image_range_min'*	x	x
'image_size'	x	x
'input_dimensions'	x	x
'layer_names'		x
'learning_rate'	x	x
'max_gradient_norm'	x	x
'meta_data'	x	x
'min_version'		x
'momentum'	x	x
'num_trainable_params'		x
'optimize_for_inference'	x	x
'precision'		x
'precision_is_converted'		x
'runtime'	x	x
'runtime_init'	x	
'solver_type'	x	x
'summary'		x
'type'		x
'weight_decay'	x	x
'weight_prior'	x	x

Deep OCR Lokalisierungskomponente

GenParamName	set	get
'adam_beta1'	x	x
'adam_beta2'	x	x
'adam_epsilon'	x	x
'batch_size'	x	x
'batchnorm_momentum'	x	
'device'	x	x
'enable_resizing'	x	
'fuse_bn_relu'	x	
'fuse_conv_bn'	x	
'fuse_conv_relu'	x	
'gpu'	x	x
'image_dimensions'	x	x
'image_height', *'image_width'*	x	x
'image_num_channels'	x	x
'image_range_max', *'image_range_min'*	x	x
'image_size'	x	x
'input_dimensions'	x	x
'layer_names'		x
'learning_rate'	x	x
'max_gradient_norm'	x	x
'meta_data'	x	x
'min_version'		x
'min_character_score'	x	x
'min_link_score'	x	x
'min_word_area'	x	x
'min_word_score'	x	x
'momentum'	x	x
'num_trainable_params'		x
'orientation'	x	x
'optimize_for_inference'	x	x
'precision'		x
'precision_is_converted'		x
'runtime'	x	x
'runtime_init'	x	
'solver_type'	x	x
'sort_by_line'	x	x
'summary'		x
'tiling'	x	x
'tiling_overlap'	x	x
'type'		x
'weight_decay'	x	x
'weight_prior'	x	x

Global Context Anomaly Detection

GenParamName	set	get
'adam_beta1'	x	x
'adam_beta2'	x	x
'adam_epsilon'	x	x
'anomaly_score_tolerance'	x	x
'batch_size'	x	x
'batch_size_multiplier'	x	x
'batchnorm_momentum'	x	
'device'	x	x
'enable_resizing'	x	
'fuse_bn_relu'	x	
'fuse_conv_bn'	x	
'fuse_conv_relu'	x	
'gc_anomaly_networks'	x	x
'gpu'	x	x
'image_dimensions'	x	x
'image_height', *'image_width'*	x	x
'image_num_channels'	x	x
'image_range_max', *'image_range_min'*		x
'image_size'	x	x
'input_dimensions'		x
'layer_names'		x
'learning_rate'	x	x
'max_gradient_norm'	x	x
'meta_data'	x	x
'min_version'		x
'momentum'	x	x
'num_trainable_params'		x
'optimize_for_inference'	x	x
'patch_size'	x	x
'precision'		x
'precision_is_converted'		x
'runtime'	x	x
'runtime_init'	x	
'solver_type'	x	x
'summary'		x
'type'		x
'weight_decay'	x	x
'weight_prior'	x	x

Objektdetektion, Instanz-Segmentierung

GenParamName	set	get	create
'adam_beta1'	x	x	
'adam_beta2'	x	x	
'adam_epsilon'	x	x	
'anchor_angles'		x	x
'anchor_aspect_ratios'		x	x
'anchor_num_subscales'		x	x
'backbone' (Backbone)		x	x
'backbone_docking_layers'	x	x	x
'batch_size'	x	x	
'batch_size_multiplier'	x	x	
'batchnorm_momentum'	x		
'bbox_heads_weight', *'class_heads_weight'*	x	x	x
'capacity'		x	x
'class_ids'	x	x	x
'class_ids_no_orientation'		x	x
'class_names'	x	x	x
'class_weights'		x	
'device'	x	x	
'enable_resizing'	x		
'freeze_backbone_level'	x	x	x
'fuse_bn_relu'	x		
'fuse_conv_bn'	x		
'fuse_conv_relu'	x		
'gpu'	x	x	
'ignore_direction'		x	x
'image_dimensions'		x	x
'image_height', *'image_width'*		x	x
'image_num_channels'		x	x
'image_range_max', *'image_range_min'*		x	
'image_size'		x	x
'input_dimensions'		x	
'instance_segmentation'		x	x
'instance_type'		x	x
'layer_names'		x	
'learning_rate'	x	x	
'mask_head_weight'	x	x	x
'max_gradient_norm'	x	x	
'max_level', *'min_level'*		x	x
'max_num_detections'	x	x	x
'max_overlap'	x	x	x
'max_overlap_class_agnostic'	x	x	x
'meta_data'	x	x	
'min_confidence'	x	x	x

'min_version'		x	
'momentum'	x	x	
'num_classes' (NumClasses)		x	x
'num_trainable_params'		x	
'optimize_for_inference'	x	x	x
'precision'		x	
'precision_is_converted'		x	
'runtime'	x	x	
'runtime_init'	x		
'solver_type'	x	x	
'summary'		x	
'type'		x	
'weight_decay'	x	x	
'weight_prior'	x	x	

Semantische Segmentierung, Kantenextraktion

GenParamName	set	get
'adam_beta1'	x	x
'adam_beta2'	x	x
'adam_epsilon'	x	x
'batch_size'	x	x
'batch_size_multiplier'	x	x
'batchnorm_momentum'	x	
'class_ids'	x	x
'class_names'	x	x
'device'	x	x
'enable_resizing'	x	
'fuse_bn_relu'	x	
'fuse_conv_bn'	x	
'fuse_conv_relu'	x	
'gpu'	x	x
'ignore_class_ids'	x	x
'image_dimensions'	x	x
'image_height', *'image_width'*	x	x
'image_num_channels'	x	x
'image_range_max', *'image_range_min'*	x	x
'image_size'	x	x
'input_dimensions'	x	x
'layer_names'		x
'learning_rate'	x	x
'max_gradient_norm'	x	x
'meta_data'	x	x
'min_version'		x
'momentum'	x	x
'num_classes'		x
'num_trainable_params'		x
'optimize_for_inference'	x	x
'precision'		x
'precision_is_converted'		x
'runtime'	x	x
'runtime_init'	x	
'solver_type'	x	x
'summary'		x
'type'		x
'weight_decay'	x	x
'weight_prior'	x	x

Im Folgenden werden die Parameter `GenParamName`, deren Werte mit `get_dl_model_param` abgefragt werden können, aufgelistet und erläutert. Nur Parameter, welche die Modellarchitektur nicht verändern, können nach der Optimierung des Modells mit `optimize_dl_model_for_inference`, gesetzt werden. Eine Liste dieser Parameter befindet sich in `optimize_dl_model_for_inference`. Dabei bezeichnen die folgenden Symbole den Modelltypen, für welchen der Parameter bekommen werden kann.

- 'Any': Jede Methode

- '3D-GPD': *'type'='3d_gripping_point_detection'*
- '3D-PE': *'type'='3d_pose_estimation'*
- 'AD': *'type'='anomaly_detection'*
- 'CL': *'type'='classification'*
- 'MLC': *'type'='multi_label_classification'*
- 'DC': *'type'='counting'*
- 'OCR-D': *'type'='ocr_detection'*
- 'OCR-R': *'type'='ocr_recognition'*
- 'GC-AD': *'type'='gc_anomaly_detection'*
- 'OD': *'type'='detection'*
- 'SE': *'type'='segmentation'*
- 'Gen': *'type'='generic'*

'adam_beta1': **3D-GPD 3D-PE CL OCR-D OCR-R GC-AD OD SE Gen**

Dieser Wert definiert das Moment für den linearen Term des Adam Solvers. Für mehr Informationen wird auf die Dokumentation von `train_dl_model_batch` verwiesen.

Restriktion: Nur verfügbar wenn *'solver_type'* = *'adam'*.

Default: *'adam_beta1'* = *0.9*

'adam_beta2': **3D-GPD 3D-PE CL OCR-D OCR-R GC-AD OD SE Gen**

Dieser Wert definiert das Moment für den quadratischen Term des Adam Solvers. Für mehr Informationen wird auf die Dokumentation von `train_dl_model_batch` verwiesen.

Restriktion: Nur verfügbar wenn *'solver_type'* = *'adam'*.

Default: *'adam_beta2'* = *0.999*

'adam_epsilon': **3D-GPD 3D-PE CL OCR-D OCR-R GC-AD OD SE Gen**

Dieser Wert definiert das Epsilon in der Adam Solver Formel und ist für die numerische Stabilität verantwortlich. Für mehr Informationen wird auf die Dokumentation von `train_dl_model_batch` verwiesen.

Restriktion: Nur verfügbar wenn *'solver_type'* = *'adam'*.

Default: *'adam_epsilon'* = *1e-08*

'alignment': **OCR-R**

Dieser Parameter legt fest, ob eine Wortausrichtung vor der Erkennung des Textes durchgeführt wird. Die Aktivierung dieser Funktion (*'true'*) verbessert die Erkennungsrate für ungenau ausgeschnittene Wörter. Daher kann sie verwendet werden, wenn die Position des Textes im Bild nur ungefähr bekannt ist.

Der Parameter *'alignment'* kann nur auf *'true'* gesetzt werden, wenn die Erkennungskomponente Funktionalität zur Wortausrichtung enthält. Um zu überprüfen, ob das Modell die Ausrichtung unterstützt, kann der Parameter *'alignment_available'* verwendet werden.

Im Gegensatz zur Erkennung von eng zugeschnittenen Wörtern, erfordert die Erkennung von ausgerichteten Wörtern ein Training mit Bildern, die echte Hintergründe um die Wörter herum enthalten. Auf diese Weise lernt das Modell, Hintergrundinformationen zu unterdrücken, die nach der Ausrichtung von ungenauen Wortausschnitten vorhanden sein können, und verhindert so Fehllesungen.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: *'false'*

'alignment_available': **OCR-R**

Dieser Parameter gibt an, ob die Erkennungskomponente Funktionalität zur Wortausrichtung enthält. Wenn *'true'* zurückgegeben wird, bedeutet das, dass die Wortausrichtung mit dem Parameter *'alignment'* aktiviert werden kann.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

'alphabet': **OCR-R**

Der Zeichensatz, welchen das Modell erkennen kann.

Dieser Zeichensatz enthält alle Zeichen die kein Mapping auf das erste Zeichen des internen Alphabets haben (siehe Parameter *'alphabet_mapping'* und *'alphabet_internal'*)).

Das Alphabet kann bei Bedarf geändert oder erweitert werden. Wird das Alphabet über *'alphabet'* geändert, so werden das interne Alphabet und dessen Mapping so geändert, dass, falls möglich, die Länge des internen Alphabets gleich bleibt. Es wird empfohlen das Modell mit anwendungsspezifischen

Daten nachzutrainieren wenn das Alphabet geändert wird (siehe auch das HDevelop Beispielprogramm `deep_ocr_recognition_training_workflow.hdev`). Für zuvor unbekannte Zeichen werden mehr Trainingsdaten benötigt.

Es ist zu beachten, dass, falls sich die Länge des internen Alphabets ändert, die letzten Modell-Layer zufällig initialisiert werden müssen und dadurch zufällige Strings als Ausgabe resultieren (siehe *'alphabet_internal'*). In diesem Fall ist es zwingend notwendig das Modell nachzutrainieren.

'alphabet_internal': **OCR-R**

Der vollständige Zeichensatz mit dem die Deep OCR Erkennungskomponente trainiert wurde.

Das erste Zeichen des internen Alphabets hat eine Sonderstellung. Im vortrainierten Modell ist es als leeres Braillezeichen (U+2800) spezifiziert, ist dabei aber nicht mit dem Leerzeichen zu verwechseln. Dieses leeres Braillezeichen wird nie in einem Wort zurückgegeben, kann dafür aber als Kandidat für Zeichen zurückgegeben werden. Das leeres Braillezeichen ist notwendig und muss auch bei einer Änderung des internen Alphabets das erste Zeichen des Alphabets bleiben. Das leeres Braillezeichen wird automatisch zum Zeichensatz hinzugefügt falls das Alphabet mit *'alphabet'* geändert wird.

Die Länge dieses Tupels entspricht der Tiefe des letzten Faltungs-Layers des Modells. Ändert sich die Länge, dann müssen die Größen des letzten Faltungslayers und aller folgenden Layer angepasst und möglicherweise zufällig reinitialisiert werden. Nach einer entsprechenden Änderung ist es notwendig das Modell nachzutrainieren (siehe HDevelop Beispielprogramm `deep_ocr_recognition_training_workflow.hdev`).

Es wird empfohlen den Parameter *'alphabet'* zur Änderung des Alphabets zu verwenden, da dadurch versucht wird die Länge des internen Alphabets automatisch zu erhalten.

'alphabet_mapping': **OCR-R**

Tupel mit ganzzahligen Indizes.

Es handelt sich um ein Mapping, das vom Modell während der Dekodierung jedes Wortes angewendet wird. Das Mapping überschreibt jedes Zeichen von *'alphabet_internal'* mit dem vom Index festgelegten Zeichen aus *'alphabet_internal'*.

Das über die Indizes des Tupels definierte Mapping wird im Dekodierungsschritt auf die vorhergesagten Zeichen angewandt. Das Tupel muss dieselbe Länge wie das Tupel *'alphabet_internal'* haben. Jeder der ganzzahligen Indizes von *'alphabet_mapping'* muss zwischen *0* l'*alphabet_internal'*l-1 liegen.

Manchmal kann es nützlich sein ein Mapping für bestimmte Zeichen aufeinander zu definieren. Falls beispielsweise nur Zahlen in einer Anwendung auftreten können kann es sinnvoll sein ein Mapping des Zeichens "O"auf "0"festzulegen. Das Modell muss dafür nicht nachtrainiert werden.

Falls ein Eintrag auf *0* gesetzt wird, wird das entsprechende Zeichen in *'alphabet_internal'* in keinem Wort dekodiert.

'anchor_angles': **OD**

Der Parameter *'anchor_angles'* bestimmt den Orientierungswinkel der Anchors eines Modells mit *'instance_type'* = *'rectangle2'*. Dabei ist die Orientierung in Bogenmaß angegeben und gibt den Winkel zwischen der horizontalen Achse und `Length1` an (mathematisch positiv). Für weitere Informationen zu Anchors siehe das Kapitel Deep Learning / Objektdetektion und Instanz-Segmentierung.

Es kann ein Tupel mit Werten gesetzt werden. Eine höhere Anzahl an Winkel erhöht die Anzahl vorgeschlagener umschließender Rechtecke, was zu einer besseren Lokalisierung führen kann, allerdings auch mehr Laufzeit und Speicherplatz in Anspruch nimmt.

Wertebereich:

'anchor_angles' $\in (-\pi, \pi]$ für *'ignore_direction'* = *'false'*, *'anchor_angles'* $\in (-\pi/2, \pi/2]$ für *'ignore_direction'* = *'true'*

Default: *'anchor_angles'* = *[0.0]*

'anchor_aspect_ratios' **(veraltet:** *'aspect_ratios'***)**: **OD**

Der Parameter *'anchor_aspect_ratios'* bestimmt das Seitenverhältnis des umschließenden Referenzrechtecks. Dabei bestimmt der Instanztyp *'instance_type'*, wie dieses Verhältnis definiert ist:

- *'rectangle1'*: Verhältnis von Höhe zu Breite
- *'rectangle2'*: Verhältnis von `Length1` zu `Length2`

So ergibt z.B. für Instanztyp *'rectangle1'* ein Wert von 2 ein schmales initiales Referenzrechteck, während 0.5 ein breites Referenzrechteck ergibt.

Die Größe des generierten umschließenden Rechtecks wird durch den Parameter *'anchor_num_subscales'* beeinflusst und mit seiner Erklärung findet sich auch die genaue Formel für die Größen und die Längen der

resultierenden umschließenden Anchors. Für weitere Informationen zu umschließenden Rechtecken siehe das Kapitel Deep Learning / Objektdetektion und Instanz-Segmentierung.

Es kann ein Tupel mit Werten gesetzt werden. Eine höhere Anzahl an Seitenverhältnissen erhöht die Anzahl vorgeschlagener umschließender Rechtecke, was zu einer besseren Lokalisierung führen kann, allerdings auch mehr Laufzeit und Speicherplatz in Anspruch nimmt.

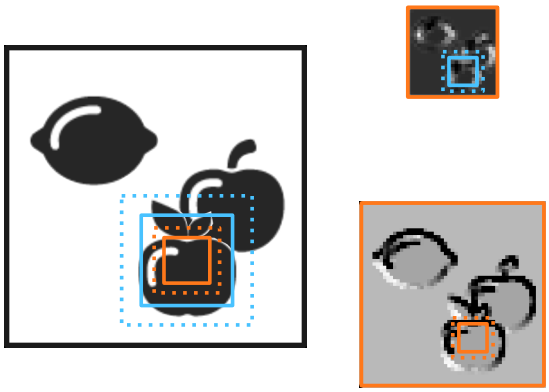
Aus Gründen der Rückwärtskompatibilität kann anstelle des Parameters *'anchor_aspect_ratios'* auch der Parameter *'aspect_ratios'* verwendet werden.

Default: *'anchor_aspect_ratios' = [1.0, 2.0, 0.5]*

'anchor_num_subscales' **(veraltet:** *'num_subscales'***): OD**

Dieser Parameter bestimmt die Anzahl an Anchors, die für jedes angegebenen Größenverhältnis in verschiedenen Skalierungen generiert werden.

In HALCON werden für jedes Pixel jeder Merkmalskarte der Merkmalspyramide umschließende Rechtecke vorgeschlagen. Der Parameter *'anchor_aspect_ratios'* beeinflusst die Form, der Parameter *'anchor_num_subscales'* die Größe. So werden auf jedem oben erwähnten Pixel *'anchor_aspect_ratios'* mal *'anchor_num_subscales'* umschließende Rechtecke generiert. Für weitere Informationen zu umschließenden Rechtecken siehe das Kapitel Deep Learning / Objektdetektion und Instanz-Segmentierung. Ein Beispiel findet sich in unten stehender Darstellung.



Mit *'anchor_num_subscales'*=2 werden für jedes Seitenverhältnis 2 verschieden große umschließende Referenzrechtecke auf jeder Ebene generiert: Ein Referenzrechteck mit Basislänge (durchgezogene Linie) und zusätzlich ein Größeres (gepunktete Linie). Dabei konvergieren diese zusätzlichen umschließenden Referenzrechtecke der unteren Ebene (orange) zu den umschließenden Referenzrechtecken mit Basislänge der nächsthöheren Ebene (blau).

Ein umschließendes Referenzrechteck der Ebene l hat auf dem Eingabebild standardmäßige Kantenlängen von $b \cdot 2^l$, wobei der Parameter den Wert $b = 4$ Pixel hat. Mit dem Parameter *'anchor_num_subscales'* können zusätzliche umschließende Rechtecke generiert werden, die größenmäßig zur Größe des kleinsten umschließenden Referenzrechtecks der Ebene $l + 1$ konvergiert. Genauer haben diese umschließenden Referenzrechtecke der Ebene l auf dem Eingabebild die Kantenlängen

$$scale_{li} = b \cdot 2^{l+i/'anchor_num_subscales'}$$

wobei $i \in [0, 'anchor_num_subscales' - 1]$. Dies ergibt auf der Ebene l für subscale i ein umschließendes Referenzrechteck mit Höhe h und Breite w von

$$h_{lij} = scale_{li} \cdot \sqrt{r_j}, \qquad w_{lij} = scale_{li} \cdot \frac{1}{\sqrt{r_j}}$$

wobei r_j das Seitenverhältnis dieses umschließenden Referenzrechtecks ist (siehe *'anchor_aspect_ratios'*.

Eine große Anzahl von Subskalierungen erhöht die Anzahl vorgeschlagener umschließender Rechtecke und nimmt daher auch mehr Laufzeit und Speicherplatz in Anspruch.

Aus Gründen der Rückwärtskompatibilität kann anstelle des Parameters *'anchor_num_subscales'* auch der Parameter *'num_subscales'* verwendet werden.

Default: *'anchor_num_subscales' = 3*

*'anomaly_score_tolerance'***: GC-AD**

Der Anomalie-Score auf Bildebene wird intern so bestimmt, dass ein gewisser Bruchteil an Pixel Anomalie-Scores in `anomaly_image` größer oder gleich groß ist wie der Wert des Anomalie-Score. Dieser Bruchteil

kann über *'anomaly_score_tolerance'* gesetzt werden, wobei der Wert im Intervall *[0.0, 1.0]* liegen muss. Wird der Wert von *'anomaly_score_tolerance'* beispielsweise auf *0.01* gesetzt, so liegt 1 Prozent der Pixelwerte in `anomaly_image` über dem berechneten Anomalie-Score. *'anomaly_score_tolerance'* kann daher verwendet werden um Ausreißer in `anomaly_image` zu unterdrücken.

Default: *'anomaly_score_tolerance'* = *0.0*

'backbone': **OD**

Der Parameter *'backbone'* ist der Name (inklusive Pfad) des Backbone-Netzwerks, das zum Erstellen des Modells verwendet wird. Eine Liste der verschiedenen mitgelieferten Backbone-Netzwerke ist unter `create_dl_model_detection` zu finden.

'backbone_docking_layers': **CL**

Der Parameter *'backbone_docking_layers'* spezifiziert, welche Layer des Backbones von der Merkmalspyramide als Docking Layer verwendet werden sollen. Dabei werden die Layer über ihre Namen referenziert.

Die Spezifikation der Docking Layer kann bei jedem Klassifikator erfolgen, auch ohne dass diese als Backbone eingelesen werden. Berücksichtigt wird diese Angabe jedoch nur für Backbones der Objektdetektion. Beim Auswählen der Docking Layer muss beachtet werden, dass die Längen der Merkmalskarten von einem Docking Layer zum nächsten jeweils halbiert werden. Daumenregel: Jeweils der tiefste Layer für jede (seitliche) Auflösung im Backbone (entspricht einer Ebene, welche für die spezifische Objektdetektions-Aufgabe notwendigen ist).

Informationen zu den Namen und Größen der Layer eines Modells können mittels *'summary'* abgefragt werden.

Default: Für die vortrainierten Backbones die von HALCON ausgeliefert werden, hängen die Standardwerte vom Klassifikator ab. Andere Klassifikatoren haben keine standardmäßig gesetzten Docking Layer, weshalb dieser Parameter gesetzt werden muss, bevor sie als Backbone verwendet werden können.

'batch_size': **Any**

Anzahl der Bilder (und ihren entsprechenden Labels) in einem Batch, die gleichzeitig in den Gerätespeicher transferiert werden.

Bei einem Training mittels `train_dl_model_batch` ist die Menge der Bilder, die in einer Iteration miteinander verarbeitet werden, beinhaltet eine Anzahl *'batch_size'* mal *'batch_size_multiplier'* Bilder. Für weitere Details siehe `train_dl_model_batch`.

Bei der Inferenz kann die *'batch_size'* im Allgemeinen unabhängig von der Anzahl der gleichzeitig zu inferierenden Bilder gesetzt werden. Siehe `apply_dl_model` für weitere Informationen, wie man diesen Parameter setzt, um eine größere Effizienz zu erzielen.

Modelle mit *'type'*=*'classification'*:

Der Parameter *'batch_size'* ist im vortrainierten Modell gespeichert. Standardmäßig ist *'batch_size'* so gesetzt, dass ein Training des vortrainierten Klassifikators mit bis zu `100` Klassen problemlos auf einer GPU mit einem Speicher von `8` Gigabyte durchgeführt werden kann.
Für die vortrainierten Klassifikatoren ergeben sich so folgende Standardwerte für die Batchgröße:

Vortrainierter Klassifikator	**Standardwerte für** *'batch_size'*
'pretrained_dl_classifier_alexnet.hdl'	*230*
'pretrained_dl_classifier_compact.hdl'	*160*
'pretrained_dl_classifier_enhanced.hdl'	*96*
'pretrained_dl_classifier_mobilenet_v2.hdl'	*40*
'pretrained_dl_classifier_resnet18.hdl'	*24*
'pretrained_dl_classifier_resnet50.hdl'	*23*

Modelle mit *'type'*=*'counting'*: Der Parameter *'batch_size'* hat keinen Einfluss.

'batch_size_multiplier': **Any**

Multiplikationsfaktor für *'batch_size'*, um das Training mit einer größeren Anzahl an Bildern in einem Schritt zu ermöglichen, was aufgrund limitierter GPU-Speichergröße sonst nicht möglich wäre. Dieser Parameter beeinflusst nur das Training mit `train_dl_model_batch` und hat somit weder auf die Evaluierung noch auf die Inferenz einen Einfluss. Für weitere Details, siehe `train_dl_model_batch`.

Modelle mit *'type'*=*'anomaly_detection'*: Der Parameter *'batch_size_multiplier'* hat keinen Einfluss.

Modelle mit *'type'*=*'counting'*: Der Parameter *'batch_size_multiplier'* hat keinen Einfluss.

Modelle mit *'type'*=*'ocr_recognition'*: Der Parameter *'batch_size_multiplier'* hat keinen Einfluss.

Default: *'batch_size_multiplier'* = *1*

'bbox_heads_weight', *'class_heads_weight'*: **OD**

Die Parameter *'bbox_heads_weight'* und *'class_heads_weight'* sind Gewichtungsfaktoren bei der Bestimmung der Gesamt-Zielfunktion. Dies bedeutet, dass beim Aufsummieren der einzelnen Zielfunktionswerte die Beiträge der Heads zur Bestimmung der umschließenden Rechtecke mit dem Faktor *'bbox_heads_weight'* und die Beiträge der Heads zur Klassifikation mit dem Faktor *'class_heads_weight'* gewichtet werden.

Default: *'bbox_heads_weight' = 1.0*, *'class_heads_weight' = 1.0*

'capacity': **OD**

Bestimmt die Anzahl der Parameter (oder Filtergewichte) in den tieferen Teilen des Netzwerkes zur Objektdetektion (d.h., nach dem Backbone). Mögliche Werte sind *'high'*, *'medium'* und *'low'*.

Er kann verwendet werden, um zwischen Detektionsleistung und Geschwindigkeit abzuwägen. Für einfachere Objektdetektionsaufgaben können die Einstellungen *'low'* oder *'medium'* ausreichen, um ähnliche Detektionsleistung wie mit *'high'* zu erzielen.

Default: *'capacity' = 'high'*

'class_ids': **3D-GPD CL MLC OD SE**

Eindeutige IDs der Klassen, die vom Modell unterschieden werden sollen. Daher hat das Tupel die Länge von *'num_classes'*.

Hierbei sollen die leicht unterschiedlichen Bedeutungen und Beschränkungen in Abhängigkeit des Modelltyps betont werden:

Modelle mit *'type'='3d_gripping_point_detection'*:

In diesem Modell werden zwei Klassen in fester Reihenfolge [*'gripping_map'*, *'background'*] unterstützt. Daher hat das Tupel in diesem Fall eine feste Länge von 2. Dabei kann als Klassen-ID ein beliebiger Integer-Wert aus dem Wertebereich $[0, 65534]$ gesetzt werden.

Modelle mit *'type'='classification'*:

Die IDs sind eindeutige Bezeichner, die automatisch den Klassen zugeordnet werden. Dabei entsprechen die ID einer Klasse dem Index der Klasse im Tupel *'class_names'*.

Modelle mit *'type'='multi_label_classification'*:

Die IDs sind eindeutige Bezeichner der existierenden Klassen Dabei kann als Klassen-ID ein beliebiger Integer-Wert gesetzt werden.
Wertebereich: $[0, 65534]$.

Modelle mit *'type'='detection'*:

Beinhaltet nur die Klassen der zu erkennenden Objekte, und somit keine Hintergrund-Klasse. Dabei kann als Klassen-ID ein beliebiger Integer-Wert aus dem Wertebereich $[0, 65534]$ gesetzt werden.
Es gilt zu beachten, dass die Werte in *'class_ids_no_orientation'* von jenen in *'class_ids'* abhängen. Falls die Werte in *'class_ids'* nach der Erzeugung des Modells verändert werden, wird *'class_ids_no_orientation'* auf ein leeres Tupel zurückgesetzt.
Default: *'class_ids' = '[0,...,num_classes-1]'*

Modelle mit *'type'='segmentation'*:

Jede zum Training genutzte Klasse muss enthalten sein und damit ebenfalls die Klassen-ID der Klasse 'background'. Daher hat für ein solches Modell das Tupel die die minimale Länge 2. Dabei kann als Klassen-ID ein beliebiger Integer-Wert aus dem Wertebereich $[0, 65534]$ gesetzt werden.

'class_ids_no_orientation': **OD**

Mit diesem Parameter können Klassen angegeben werden, für welche die Orientierung nicht berücksichtigt wird, z.B. runde oder andere punktsymmetrische Objekte. Für jede Klasse, deren Klassen-ID in *'class_ids_no_orientation'* präsent ist, gibt das Netzwerk ein achsenparalleles umschließendes Rechteck zurück.

Dieser Parameter betrifft nur Netzwerke mit *'instance_type' = 'rectangle2'*.

Es gilt zu beachten, dass die Werte in *'class_ids_no_orientation'* von jenen in *'class_ids'* abhängen. Falls die Werte in *'class_ids'* nach der Erzeugung des Modells verändert werden, wird *'class_ids_no_orientation'* auf ein leeres Tupel zurückgesetzt.

Default: *'class_ids_no_orientation' = []*

'class_names': **3D-GPD CL MLC OD SE**

Eindeutige Namen der vom Modell zu unterscheidenden Klassen. Die Anordnung der Klassennamen bleibt nach dem Setzen unverändert. Das Tupel hat die Länge *'num_classes'*.

Restriktion: Für ein Modell des *'3d_gripping_point_detection'* hat das Tupel eine feste Länge von 2 und ein festes Wertepaar [*'gripping_map'*, *'background'*].

'class_weights': **CL OD**

Der Parameter *'class_weights'* ist ein Tupel klassenspezifischer Gewichtungsfaktoren für die Zielfunktion. Erhalten die verschiedenen Klassen unterschiedliche Gewichte, so wird das Netzwerk forciert, den Klassen beim Lernen eine unterschiedliche Bedeutung zu geben. Dies ist nützlich, wenn eine Klasse den Datensatz dominiert. Die einzelnen Gewichtungsfaktoren müssen innerhalb des Intervalls $(0, 1)$ sein. Dabei gilt, je größer das Gewicht einer Klasse, desto stärker ist ihr Einfluss beim Training. Im Tupel *'class_weights'* sind die Faktoren gleich angeordnet wie die Klassen im Tupel *'class_ids'*. Je nach Modelltyp sind folgende Unterschiede zu beachten:

Modelle mit *'type'*=*'classification'*:
Default: *'class_weights'* = *1.0* für jede Klasse.

Modelle mit *'type'*=*'detection'*:
Default: *'class_weights'* = *0.25* für jede Klasse.

'clear_ood': **CL**

Dieser Parameter deaktiviert die Out-of-Distribution Detection eines Models. Models deaktivieren. Alle zugehörigen Informationen werden gelöscht. Anschließend kann `fit_dl_out_of_distribution` für das Modell aufgerufen werden, um die Out-of-Distribution Detection erneut zu fitten.

Default: *'true'*

'max_gradient_norm': **Any**

Dieser Parameter steuert die maximale L2 Norm der Gradienten während des Trainings, was auch als Gradient Clipping bezeichnet wird. Der Standardwert *'max_gradient_norm'* = *0.0* deaktiviert die Begrenzung der Gradientennorm. Für *'max_gradient_norm'* > *0.0* wird die Gradientennorm auf diesen Wert begrenzt, was zur Stabilisierung des Trainings eines Deep Learning Modells beitragen kann. Alle Gradienten der Gewichte und Biases des Modells werden wie folgt skaliert:

$$g_i = g_i \cdot \frac{max_gradient_norm}{\sqrt{\sum_j \|g_j\|^2}}$$

wobei $\|g_j\|$ die L2 Norm von Gradient j ist, welche über den Operator `get_dl_model_layer_weights` abgefragt werden kann. Für typische Anwendungsfälle empfehlen wir, für den Parameter *'max_gradient_norm'* Werte im Bereich $1.0, ..., 5.0$ zu testen.

Default: *0.0*

'complexity': **AD**

Dieser Parameter steuert die Kapazität des Modells, komplexere Anwendungen zu lösen. Ein höherer Wert ermöglicht es dem Modell, Bilder mit größerer Komplexität darstellen zu können. Allerdings steigen dann auch die Laufzeiten von Training und Inferenz. Dieser Parameter kann nur vor dem Training des Modells gesetzt werden, da ansonsten das Modell in einen unbrauchbaren Zustand versetzt würde. Falls versucht wird, 'complexity' in einem bereits trainierten Modell zu setzen, wird ein Fehler ausgegeben und das Modell bleibt unverändert.

Default: *'complexity'* = *15*

'continual_learning_available': **CL**

Dieser Parameter gibt an, ob ein Modell für continual learning erweitert wurde. Wenn der Operator `init_dl_continual_learning` für das Modell aufgerufen wurde, ist der Wert von *'continual_learning_available'* *'true'*. Andernfalls ist er *'false'*.

Default: *'false'*

'device': **Any**

Handle der Hardware-Einheit, auf der die Deep Learning Operatoren ausgeführt werden.

Falls das Modell bereits für eine Hardware-Einheit optimiert wurde, ist das Setzen von *'device'* in manchen Fällen nicht mehr zusätzlich notwendig, siehe `optimize_dl_model_for_inference` für Details dazu.

Ein Tupel aller Handles aller potentiell Deep Learning fähigen Geräte kann über `query_available_dl_devices` erzeugt werden.

Default: Handle der standardmäßig gesetzten GPU mit Index *0* in der mit *'gpu'* erhaltenen Liste. Falls keine GPU vorhanden ist, ein leeres Tupel.

'extract_feature_maps': **CL**

Mit diesem Parameterwert kann man die Merkmalskarten des angegebenen Modell-Layers für ein inferiertes Bild extrahieren.

Der ausgewählte Layer muss Bestandteil des vorhandenen Netzwerks sein. Eine Übersicht aller vorhandenen Layer des Modells kann durch den Operator `get_dl_model_param` mit dem zugehörigen Parameter *'summary'* zurückgegeben werden.

Beachte, die Netzwerkarchitektur wird durch diese Option verändert: Das Netzwerk wird nach dem ausgewählten Layer abgeschnitten. Dies kann nicht rückgängig gemacht werden. Soll die originale Netzwerkarchitektur wieder verwendet werden, muss diese mit `read_dl_model` erneut eingelesen werden.

'freeze_backbone_level': **OD**

Dieser Parameter bestimmt die Backbone Levels deren Gewichte während des Trainings unverändert bleiben (also nicht aktualisiert werden und somit eingefroren sind). Dabei bestimmt die gesetzte Zahl den höchsten Level, dessen Layer unverändert bleiben. Setzt man *'freeze_backbone_level'* auf *0*, so sind die Layer keines Levels eingefroren, es werden die Gewichte aller Layer aktualisiert. Dies wird empfohlen, falls die Gewichte zufällig initialisiert wurden (was z.B. nach gewissen Wechsel der Anzahl Bildkanäle passieren kann) oder im Falle eines nicht vortrainierten Backbones.

Default: *'freeze_backbone_level' = 2*

'gc_anomaly_networks': **GC-AD**

Mit diesem Parameter können Subnetzwerke des Modells ausgewählt werden. Es können folgende Werte gesetzt werden:

- *'local'*: Das lokale Subnetzwerk wird extrahiert.
- *'global'*: Das globale Subnetzwerk wird extrahiert.

Für weitere Informationen zu den Subnetzwerken und ihren Eigenschaften siehe Deep Learning / Anomalieerkennung und Global Context Anomaly Detection.

Beachte, die Modellarchitektur wird durch diese Option verändert: Das Originalmodell beinhaltet das lokale und das globale Subnetzwerk. Nach dem Setzen eines Subnetzwerks wird das Modell abgeschnitten. Dies kann nicht rückgängig gemacht werden. Soll die originale Modellarchitektur wieder verwendet werden, muss das Modell mit `read_dl_model` erneut eingelesen werden.

Default: *'gc_anomaly_networks' = ['local', 'global']*

'gpu': **Any**

Identifikationsnummer der GPU, auf der die Trainings- und Inferenz-Operatoren (`train_dl_model_batch` und `apply_dl_model`) ausgeführt werden. Standardmäßig wird die erste verfügbare GPU verwendet.

Mit dem `get_system` Parameter *'cuda_devices'* kann die Liste der verfügbaren GPUs abgefragt werden. In *'gpu'* muss der Index der gewünschten GPU in dieser Liste übergeben werden.

Es ist zu beachten, dass der Wert für *'gpu'* nur berücksichtigt wird, falls *'runtime'='gpu'* gesetzt ist. Deshalb sollte das Setzen der spezifischen GPU vorzugsweise über den Parameter *'device'* erfolgen.

Default: *'gpu' = 0*

'ignore_class_ids': **SE**

Mit diesem Parameter können eine oder mehrere Klassen auf 'ignore' gesetzt werden. Für weitere Informationen siehe Deep Learning / Semantische Segmentierung und Kantenextraktion. Diese Klassen werden über ihre ID (Integer-Wert) deklariert.

Zu beachten ist, dass eine Klassen-ID nicht gleichzeitig in *'ignore_class_ids'* und *'class_ids'* gesetzt werden kann.

'ignore_direction': **OD**

Dieser Parameter bestimmt ob für das orientierte umschließende Rechteck auch die Ausrichtung des Objekts innerhalb des umschließenden Rechtecks berücksichtigt wird oder nicht. Falls die Ausrichtung innerhalb des umschließenden Rechtecks nicht berücksichtigt werden soll, kann *'ignore_direction' = 'true'* gesetzt werden, Um das umschließende Rechteck eindeutig zu bestimmen, gelten dabei (aber nur dann) die folgende Konventionen:

- $-\pi/2 <$ *'phi'* $\leq \pi/2$
- *'bbox_length1'* > *'bbox_length2'*

Dies ist konsistent zu `smallest_rectangle2`.

Dieser Parameter betrifft nur Netzwerke mit *'instance_type' = 'rectangle2'*.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: *'ignore_direction' = 'false'*

'image_dimensions': **3D-GPD 3D-PE AD CL MLC OCR-D OCR-R GC-AD OD SE**

Tupel, das die Dimensionen der Eingabebilder *'image_width'*, *'image_height'* und Anzahl der Bildkanäle *'image_num_channels'* beinhaltet.

Die jeweiligen Standardwerte und möglichen Wertebereiche sind vom Modelltyp und Modell selbst abhängig. Weitere Angaben dazu finden sich in der Beschreibung des jeweiligen Dimensionsparameters.

'image_height', *'image_width'*: **3D-GPD 3D-PE AD CL MLC OCR-D OCR-R GC-AD OD SE**

Höhe und Breite die die Eingabebilder aufweisen und mit denen das Netzwerk arbeitet.

Dieser Parameter kann abhängig vom Modelltyp verschiedene Werte annehmen:

Modelle mit *'type'='3d_gripping_point_detection'*:

Die Netzwerkarchitekturen erlauben Änderungen der Bildhöhe und -breite. Die Standardwerte werden dabei vom Netzwerk vorgegeben, siehe `read_dl_model`.

Modelle mit *'type'='3d_pose_estimation'*:

Die Netzwerkarchitekturen erlauben keine Änderungen der Bildhöhe und -breite. Die Standardwerte werden dabei vom Netzwerk vorgegeben, siehe `create_deep_matching_3d`.

Modelle mit *'type'='anomaly_detection'*:

Die Standardwerte hängen von dem zu verwendenden Netzwerk ab, siehe `read_dl_model`. Die Netzwerkarchitekturen erlauben verschiedene Bildgrößen, welche über `set_dl_model_param` gesetzt werden können. Siehe auch `read_dl_model` um zu erfahren, welche Einschränkungen es für die Eingabebildgröße bei den jeweiligen ausgelieferten Netzwerken gibt. Das Setzen der Bildgröße muss vor dem Training des Modells erfolgen, da ansonsten das Modell in einen unbrauchbaren Zustand versetzt würde. Falls versucht wird, die oben genannten Parameter in einem bereits trainierten Modell zu setzen, wird ein Fehler ausgegeben und das Modell bleibt unverändert.

Modelle mit *'type'='classification'*:

Die Standardwerte hängen vom vortrainierten Klassifikator ab, siehe `read_dl_model`. Die Netzwerkarchitekturen erlauben verschiedene Bildgrößen, welche über `set_dl_model_param` gesetzt werden können. Für Netzwerke mit Fully-connected Layern wird dadurch ein Nachtrainieren notwendig. Netzwerke ohne Fully-connected Layer sind direkt auf verschiedenen Bildgrößen anwendbar. Jedoch wird für Bilder, deren Größe von der Bildgröße der Trainingsbilder abweicht, eine geringere Genauigkeit bei der Klassifikation erwartet.

Modelle mit *'type'='detection'*:

Die Netzwerkarchitekturen erlauben Änderungen der Bilddimensionen. Jedoch werden für jede Ebene die Bildlängen halbiert, weshalb *'image_width'* und *'image_height'* ganzzahlige Vielfache von 2^{level}. Dabei ist die Anzahl Ebenen $level$ vom Backbone und dem Parameter *'max_level'* abhängig, siehe `create_dl_model_detection`.

Default: *'image_height'* = *640*, *'image_width'* = *640*

Modelle mit *'type'='gc_anomaly_detection'*:

Die Netzwerkarchitektur erlaubt eine Änderung der Bilddimensionen. Das Setzen der Bildgröße muss vor dem Training des Modells erfolgen, da ansonsten das Modell in einen unbrauchbaren Zustand versetzt würde.

Restriktion: Die Werte von *'image_width'* und *'image_height'* müssen größer gleich der gesetzten *'patch_size'* sein.

Default: *'image_height'* = *256*, *'image_width'* = *256*

Modelle mit *'type'='ocr_recognition'*:

Die Netzwerkarchitekturen erlauben Änderungen der Bildbreite. Der Standardwert und Minimalwerte werden dabei vom Netzwerk vorgegeben, siehe `read_dl_model`.

Modelle mit *'type'='segmentation'*:

Die Netzwerkarchitekturen erlauben Änderungen der Bilddimensionen. Der Standardwert und Minimalwerte werden dabei vom Netzwerk vorgegeben, siehe `read_dl_model`.

'image_num_channels': **3D-GPD 3D-PE AD CL MLC OCR-D OCR-R GC-AD OD SE**

Anzahl Kanäle der Eingabebilder, die vom Netzwerk verarbeitet werden. Der Standardwert wird dabei vom Netzwerk vorgegeben, siehe `read_dl_model` und `create_dl_model_detection`.

Für Modelle mit *'type'='anomaly_detection'* oder *'type'='gc_anomaly_detection'* werden nur die Werte *1* und *3* unterstützt. Außerdem sollte für diese Modelle der Parameter vor dem Training des Modells gesetzt werden. Für Modelle mit *'type'='anomaly_detection'* würde das Modell ansonsten in einen unbrauchbaren Zustand versetzt. Falls versucht wird, *'image_num_channels'* in einem bereits trainierten Modell zu setzen, wird für Modelle mit *'type'='anomaly_detection'* daher ein Fehler ausgegeben und das Modell bleibt unverändert.

Für Deep OCR Lokalisierungs- und Erkennungskomponenten kann die Anzahl der Kanäle nur auf den jeweiligen Standardwert gesetzt werden (*3* für *'type'='ocr_detection'* und *1* für *'type'='ocr_recognition'*).

Für Modelle mit *'type'='3d_gripping_point_detection'* und *'type'='3d_pose_estimation'* kann der Parameter *'image_num_channels'* nicht gesetzt werden.

Für andere Modelle ist eine beliebige Anzahl an Kanälen möglich.

Wird die Anzahl auf einen Wert >1 geändert, werden die Werte aller Layer nach dem Eingabelayer mit Zufallswerten initialisiert. In diesem Fall sind mehr Daten zum Nachtrainieren notwendig. Wird die Anzahl Kanäle der Eingabebilder auf 1 geändert, so werden die Gewichte der entsprechenden Layer vereinigt.

Modelle mit *'type'='anomaly_detection'***:**
Default: *'image_num_channels' = 3*

Modelle mit *'type'='detection'***:**
Default: *'image_num_channels' = 3*

'image_range_max', *'image_range_min'*: **3D-GPD AD CL MLC OCR-D OCR-R GC-AD OD SE**

Maximaler und minimaler möglicher Grauwert der Eingabebilder, welche das Netzwerk verarbeitet.

Die Werte werden dabei vom Netzwerk vorgegeben, siehe `read_dl_model` und `create_dl_model_detection`.

'image_size': **3D-GPD 3D-PE AD CL MLC OCR-D OCR-R GC-AD OD SE**

Tupel, das die Dimensionen der Eingabebilder *'image_width'*, *'image_height'* beinhaltet.

Die jeweiligen Standardwerte und möglichen Wertebereiche sind vom Modelltyp und Modell selbst abhängig. Weitere Angaben dazu finden sich in der Beschreibung des jeweiligen Dimensionsparameters.

'inference_outputs': **Any**

Dieser Parameter gibt ein Tupel von Strings zurück, das die Namen der während der Inferenz verfügbaren Ausgaben des Modells enthält. Je nach Modell kann das Tupel einen oder mehrere Strings umfassen.

'input_dimensions': **Any außer 3D-PE**

Dictionary, welches die Dimensionen aller Netzwerkeingaben beinhaltet. Beispiele für solche Eingaben: Eingabebild, `weight_image` (bei Modellen mit *'type'='segmentation'*).

Diese Dimensionen sind im Dictionary als Tupel [`Breite`, `Höhe`, `Tiefe`] gegeben. Verwendet man diesen Parameter zum Setzen der Werte, kann für jede Dimension der Wert -1 gesetzt werden um den aktuellen Wert beizubehalten.

'instance_segmentation': **OD**

Dieser Parameter bestimmt, ob ein Modell für Instanz-Segmentierung erzeugt wurde. Wenn der Parameter in `create_dl_model_detection` auf *'true'* gesetzt wird, wird das Detektions-Deep Learning Netzwerk mit zusätzlichen Layern für die Instanz-Segmentierung erweitert.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: *'instance_segmentation' = 'false'*

'instance_type': **OD**

Der Parameter *'instance_type'* bestimmt, welcher Instanztyp für das Objektdetektion-Modell verwendet wird. Die Implementierungen unterscheiden sich bezüglich der erlaubten Orientierungen der umschließenden Rechtecke. Für weitere Erklärungen der verschiedenen Typen und ihren umschließenden Rechtecke wird auf das Kapitel Deep Learning / Objektdetektion und Instanz-Segmentierung verwiesen.

Werteliste: *'rectangle1'*, *'rectangle2'*

Default: *'instance_type' = 'rectangle1'*

'layer_names': **Any außer 3D-GPD**

Tupel, das die Namen aller Layer des Modells enthält. Die Namen entsprechen den von Menschen lesbaren Bezeichnern, die `get_dl_model_param` mit *'summary'* zurückgibt.

Es ist zu beachten, dass für manche mit HALCON ausgelieferten Modelle die Architektur vertraulich ist. In diesem Fall gibt `get_dl_model_param` ein leeres Tupel für *'layer_names'* zurück.

'learning_rate': **Any**

Wert des Faktors, der den Einfluss des Gradienten während des Trainings mit `train_dl_model_batch` bestimmt. Mehr Informationen können in der Dokumentation von `train_dl_model_batch` gefunden werden.

Der Standardwert ist vom Modell abhängig. Es ist zu beachten, dass eine Änderung von *'solver_type'* den Wert von *'learning_rate'* auf dessen Standardwert zurücksetzt.

Modelle mit *'type'='anomaly_detection'***:**
Der Parameter *'learning_rate'* hat keinen Einfluss.

Modelle mit *'type'*=*'counting'*:
Der Parameter *'learning_rate'* hat keinen Einfluss.

'mask_head_weight': **OD**
Der Parameter *'mask_head_weight'* ist ein Gewichtungsfaktor bei der Bestimmung der Gesamt-Zielfunktion. Dies bedeutet, dass beim Aufsummieren der einzelnen Zielfunktionswerte der Beitrag des Heads zur Vorhersage der Masken mit dem Faktor *'mask_head_weight'* gewichtet wird.

Restriktion: Nur verfügbar für Modelle mit *'instance_segmentation'*=*'true'*

Default: *'mask_head_weight'* = *1.0*

'max_level', *'min_level'*: **OD**
Diese Parameter bestimmen, an welche Ebenen die zusätzlichen Netzwerke an die Merkmalspyramide angehängt werden. Für weitere Informationen zu Merkmalspyramiden und den angeschlossenen Netzwerken wird auf das Kapitel Deep Learning / Objektdetektion und Instanz-Segmentierung verwiesen.

Von diesen (*'max_level'* - *'min_level'* + 1) Netzwerken werden alle Vorhersagen, die eine minimale Konfidenz und keine zu starke Überlappung aufweisen, beibehalten (siehe *'min_confidence'* und *'max_overlap'*).

Die Ebene gibt an, wie oft die Größe der Merkmalskarte bereits herabskaliert wurde. Somit entspricht Ebene 0 den Merkmalskarten mit Größe des Eingabebildes, Ebene 1 den einmalig herabskalierten Merkmalskarten und so weiter. Kleinere Objekte werden daher besser auf den unteren Ebenen, größere Objekte auf den oberen Ebenen erkannt.

Falls *'max_level'* größer ist als die Anzahl Ebenen des Backbones, wird das Backbone durch zusätzliche (zufällig initialisierte) Faltungs-Layer erweitert um tiefere Ebenen zu generieren. Dies bedeutet, dass *'max_level'* einen Einfluss auf die minimale Größe der Eingabebilder haben kann.

Bei der Eingabe kleiner Bilddimensionen ist zu beachten, dass hohe Ebenen weniger aussagekräftig sein können, da die Merkmalskarten bereits zu klein sein könnten um aussagekräftige Informationen zu enthalten.

Eine höhere Anzahl verwendeter Ebenen kann zu einer Erhöhung von Laufzeit und Speicherplatz führen, wobei insbesondere die tiefen Ebenen ins Gewicht fallen.

Default: *'max_level'* = *6*, *'min_level'* = *2*

'max_num_detections': **OD**
Dieser Parameter bestimmt die maximale Anzahl vom Netzwerk vorgeschlagener Detektionen (umschließende Rechtecke) pro Bild.

Default: *'max_num_detections'* = *100*

'max_overlap': **OD**
Der maximal zulässige Quotient aus Schnittmenge und Vereinigungsmenge (IoU, von engl. intersection over union) zweier umschließender Rechtecke derselben Klasse. Anders ausgedrückt, wenn zwei umschließende Rechtecke derselben Klasse zugeordnet werden und eine IoU höher als *'max_overlap'* aufweisen, wird das Rechteck mit dem niedrigeren Konfidenzwert unterdrückt. Weitere Informationen zur IoU sind im Kapitel Deep Learning / Objektdetektion und Instanz-Segmentierung zu finden.

Default: *'max_overlap'*: = *0.5*

'max_overlap_class_agnostic': **OD**
Der maximal zulässige Quotient aus Schnittmenge und Vereinigungsmenge (IoU, von engl. intersection over union) zweier Rechtecke unabhängig ihrer Klasse. Anders ausgedrückt, wenn zwei umschließende Rechtecke eine IoU höher als *'max_overlap_class_agnostic'* aufweisen, wird das Rechteck mit dem niedrigeren Konfidenzwert unterdrückt. Der Standardwert für *'max_overlap_class_agnostic'* liegt bei 1.0, wodurch die Klassenagnostische Unterdrückung von umschließenden Rechtecken keine Auswirkung hat.

Default: *'max_overlap_class_agnostic'* = *1.0*

'meta_data': **Any**
Dictionary mit benutzerdefinierten Meta-Daten, dessen Einträge frei gesetzt werden können. Die Meta-Daten können beispielsweise verwendet werden um zum Modell gehörige Information wie Versionsnummern oder Autor mit dem Modell abzuspeichern.

Restriktion: Als Dictionary-Werte sind nur Strings erlaubt.

'min_character_score': **OCR-D**
Der Parameter *'min_character_score'* gibt den unteren Schwellenwert an, der für die Zeichenbewertung verwendet wird, um die Abmessungen der Zeichen zu schätzen. Durch Anpassen von *'min_character_score'* können vorgeschlagene Instanzen aufgespalten, beziehungsweise benachbarte Instanzen vereint werden.

Wertebereich: $\in [0, 1]$.

Default: *0.5*

'min_confidence': **MLC OD**

Modelle mit *'type'='detection'*: Dieser Parameter bestimmt bei der Klassifizierung des Bildausschnitts innerhalb des umschließenden Rechtecks die minimale Konfidenz um das vorgeschlagene umschließende Rechteck beizubehalten. Das heißt, wenn `apply_dl_model` aufgerufen wird, wird die Ausgabe aller umschließender Rechtecke mit einem Konfidenzwert kleiner als *'min_confidence'* unterdrückt.

Modelle mit *'type'='multi_label_classification'*: Dieser Parameter bestimmt die minimal erforderliche Konfidenz, die das Modell einer Klasse zuordnen muss, damit diese Klasse als erkannt gilt. Dies heißt, wenn einer Klasse ein Konfidenzwert zugeordnet wird der unter *'min_confidence'* liegt, gilt diese Klasse als nicht erkannt. Wird einer Klasse hingegen ein Konfidenzwert zugeordnet der gleich oder größer als *'min_confidence'* ist, gilt diese Klasse als erkannt. **Default:** *'min_confidence' = 0.5*

'min_link_score': **OCR-D**
Der Parameter *'min_link_score'* definiert die minimale Verknüpfungsbewertung, die zwischen zwei lokalisierten Zeichen gefordert ist, um diese Zeichen als zusammenhängendes Wort zu erkennen.

Wertebereich: $\in [0, 1]$.

Default: *0.3*

'min_version': **Any**
Der Parameter *'min_version'* definiert die minimale HALCON Version, die benötigt wird, um das Modell benutzen zu können.

'min_word_area': **OCR-D**
Der Parameter *'min_word_area'* definiert die Mindestgröße, die ein lokalisiertes Wort haben muss, um vorgeschlagen zu werden. Über diesen Parameter können zu kleine Vorschläge gefiltert werden.

Wertebereich: ≥ 0.

Default: *10*

'min_word_score': **OCR-D**
Der Parameter *'min_word_score'* definiert die minimale Bewertung, die eine lokalisierte Instanz enthalten muss, um als Wort vorgeschlagen zu werden. Über diesen Parameter können unsichere Worte herausgefiltert werden.

Wertebereich: $\in [0, 1]$.

Default: *0.7*

'momentum': **Any**
Werden die Gewichte des Netzwerkes aktualisiert, gibt der Hyperparameter *'momentum'* an, zu welchem Ausmaß vorherige Aktualisierungsvektoren im aktuellen Aktualisierungsvektor berücksichtigt werden. Dieser Hyperparameter ist nur für den *'solver_type' = 'sgd'* verfügbar. Für weitere Informationen verweisen wir auf die Dokumentation von `train_dl_model_batch`.

Der Standardwert wird vom Modell gegeben.

Modelle mit *'type'='anomaly_detection'*: Der Parameter *'momentum'* hat keinen Einfluss.

Modelle mit *'type'='counting'*: Der Parameter *'momentum'* hat keinen Einfluss.

'num_classes': **OD SE**
Anzahl unterschiedlicher Klassen, die das Modell für seine Vorhersagen unterscheiden kann.

Dieser Parameter unterscheidet sich für die Modelltypen:

Modelle mit *'type'='detection'*:
Dieser Wert wird über den Parameter `NumClasses` mit dem Operator `create_dl_model_detection` gesetzt. Dabei müssen *'class_ids'* und *'class_names'* stets *'num_classes'* Elemente haben.

Modelle mit *'type'='segmentation'*:
Da ein Modell des Typs *'type'='segmentation'* die Klasse 'background' vorhersagt, ist diese Klasse in *'num_classes'* enthalten. Für diese Modelle wird *'num_classes'* automatisch aus der Länge von *'class_ids'* bestimmt.

'num_trainable_params': **Any**
Anzahl trainierbarer Parameter (Gewichte und Bias-Terme) des Modells. Dieser Wert ist ein Indikator für die Größe des Modells, wenn es serialisiert wird.

'ood_available': **CL**

Dieser Parameter gibt an, ob ein Modell für Out-of-Distribution Detection erweitert wurde. Wenn einer der Operatoren `fit_dl_out_of_distribution` oder `init_dl_continual_learning` für das Modell aufgerufen wurde, ist der Wert von *'ood_available' 'true'*. Andernfalls ist er *'false'*.

Default: *'false'*

'ood_threshold': **CL**

Ein Schwellenwert, der bestimmt, wann ein Sample als Out-of-Distribution klassifiziert wird. Nachdem `fit_dl_out_of_distribution` oder `init_dl_continual_learning` für ein Klassifikationsmodell aufgerufen wurde, gibt `apply_dl_model` in den Ausgabe-Dictionarys zusätzlich einen *'ood_score'* und ein *'ood_result'* zurück. Wenn der Wert von *'ood_score'* größer oder gleich *'ood_threshold'* ist, ist der Wert von *'ood_result' 'true'*. Andernfalls ist er *'false'*. *'ood_threshold'* ist nur verfügbar, nachdem `fit_dl_out_of_distribution` oder `init_dl_continual_learning` aufgerufen wurde. Diese Operatoren berechnen für *'ood_threshold'* einen Wert basierend auf dem übergebenen Datensatz. Wird der Operator `extend_dl_continual_learning` aufgerufen, so wird *'ood_threshold'* aktualisiert, um den hinzugefügten Datensatz zu berücksichtigen.

Wertebereich: ≥ 0.

'orientation': **OCR-D**

Dieser Parameter erlaubt es, die Orientierung der vorhergesagten Worte im Voraus festzulegen. Diese Festlegung kann wieder rückgängig gemacht werden, indem *'orientation'* auf *'auto'* gesetzt wird. Dann wird für die Orientierung der Worte wieder die Vorhersage des Modells benutzt.

Wertebereich: $(-\pi, \pi]$.

Default: *'auto'*

'optimize_for_inference': **3D-GPD 3D-PE CL MLC OCR-D OCR-R GC-AD OD SE Gen**

Definiert, ob das Modell optimiert und nur für die Inferenz anwendbar ist.

Das Modell bleibt auch nach der Optimierung auf HALCON Standardeinheiten ausführbar (im Gegensatz zu `optimize_dl_model_for_inference`).

Durch das Setzen des Parameterwertes auf *'true'* wird der Speicher freigegeben, den das Modell für die Inferenz nicht benötigt (z.B. Speicher für die Gradienten). Dies kann den Speicherbedarf des Modells signifikant reduzieren. Infolgedessen sind bei Modellen mit dieser Eigenschaft keine Gradienten verfügbar (z.B. notwendig für das Training oder die Berechnung von Heatmaps). Operatoren, welche Werte des freigegebenen Speichers verwenden (z.B. `train_dl_model_batch`), setzen diesen Parameter automatisch zurück auf *'false'*.

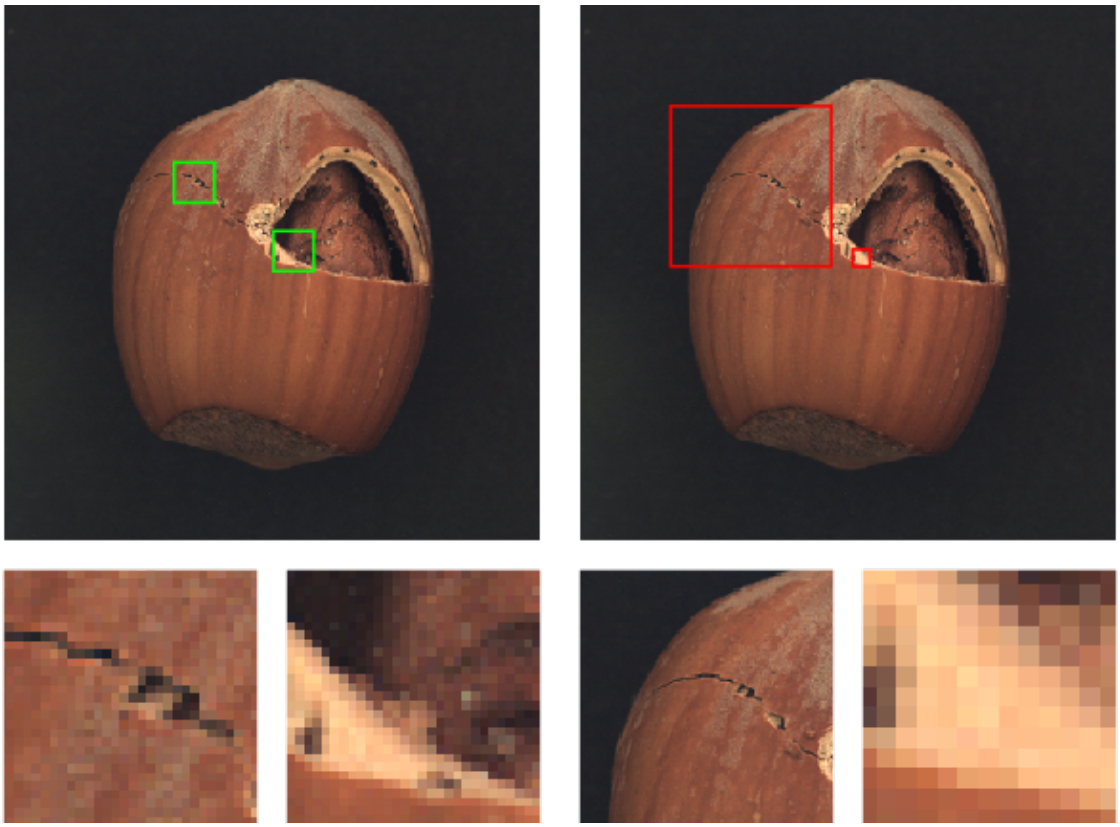
Wird der Wert auf *'false'* zurückgesetzt (egal ob manuell oder automatisch), wird der zum Trainieren benötigte Speicher erneut allokiert. Dies bedeutet, ein nachfolgendes Training verhält sich als ob *'momentum'* kurzzeitig auf *0* gesetzt wäre (da mögliche Aktualisierungsvektoren erneut akkumuliert werden müssen).

Default: *'false'*

Restriktion: Für Modelle mit *'type'='counting'* kann der Parameter *'optimize_for_inference'* nicht auf *'true'* gesetzt werden.

'patch_size': **GC-AD**

Dieser Parameter bestimmt die Größe der Patches, d.h. der Bildausschnitte, die vom lokalen Netzwerk einzeln analysiert werden. Die Patchgröße sollte so gewählt werden, dass Patches, die Defekte enthalten, sich klar von defektfreien Patches unterscheiden lassen. Damit sollten alle Arten von Anomalien erkennbar sein, die bei der Inferenz vorkommen könnten. Die Patchgröße muss die Defektbereiche nicht vollständig abdecken. Es ist zu beachten, dass das Bild nicht in einzelne Patches aufgeteilt wird, sondern *'patch_size'* nur den Maßstab bestimmt in dem das Bild schrittweise vom lokalen Subnetzwerk analysiert wird. Falls sich die Bildgröße ändert, sollte *'patch_size'* dementsprechend angepasst werden.



(1) (2)

(1) Beispiele mit angemessener Patchgröße (grün). (2) Die Beispiel-Patches (rot) sind entweder zu groß oder zu klein für die möglicherweise auftretende Arten von Defekten.

Restriktion: Der Parameter *'patch_size'* muss kleiner gleich *'image_width'* und *'image_height'* sein.
Default: *'patch_size'* = *33*

'precision': **Any**
Definiert den Datentyp, der intern für die Berechnung eines Forward-Pass eines Deep Learning-Modells verwendet wird.
Default: *'float32'*

'precision_is_converted': **Any**
Gibt an, ob das Modell nach dem Training einem Konvertierungsprozess über `optimize_dl_model_for_inference` unterzogen wurde.
Default: *'false'*

'runtime': **Any**
Standardmäßig von HALCON oder über eine AI^2-Schnittstelle unterstützte Hardware-Einheit, auf der die Deep Learning Operatoren ausgeführt werden.
Beachte, der Parameter *'device'* sollte bevorzugt zum Bestimmen der Hardware-Einheit, auf der die Deep Learning Operatoren ausgeführt werden, verwendet werden. **Default:** *'runtime'* = *'gpu'*

'cpu':
Die Trainings- und Inferenz-Operatoren werden auf der CPU ausgeführt. Es ist zu beachten, dass das Training nur für spezifische Plattformen unterstützt wird, siehe HALCON „`Installation Guide`", Abschnitt „Requirements for Deep Learning and Deep-Learning-Based Methods".
Falls zuvor auf der GPU gerechnet wurde, wird Speicher auf der CPU initialisiert und falls notwendig werden auf der GPU gespeicherte Werte auf die CPU verschoben.
Zur Parallelisierung: Die Laufzeit ist stark abhängig von der Anzahl der gesetzten Threads, wobei die Nutzung aller verfügbaren Threads nicht unbedingt zu einer schnelleren Performance führt. Die aktuell gesetzte Anzahl an Threads kann mit dem Operator `get_system` abgefragt werden.
Die implementierte CPU Parallelisierung ist architekturabhängig:

- Intel oder AMD Architekturen: OpenMP. Dabei werden standardmäßig alle verfügbaren Threads der OpenMP Laufzeitumgebung verwendet. Die Anzahl der verwendeten Threads kann mit dem Parameter *'thread_num'* des Operators `set_system` spezifiziert werden.

- Arm Architekturen: Globaler Thread Pool. Die Anzahl der Threads kann mit dem globalen Parameter *'thread_num'* des Operators `set_system` gesetzt werden.

Es ist nicht möglich für die genannten Architekturen eine thread-spezifische Anzahl von Threads (über den Parameter *'tsp_thread_num'* des Operators `set_system`) einzustellen.

'gpu':
Der Speicher wird auf der GPU initialisiert. Die Operatoren `apply_dl_model`, `train_dl_model_batch` und `train_dl_model_anomaly_dataset` werden auf der GPU ausgeführt. Mehr Informationen zu diesen speziellen Voraussetzungen befinden sich im HALCON „`Installation Guide`".

'solver_type': **Any**
Dieser Wert definiert den Optimierungsalgorithmus mit dem Ziel der Minimierung der Gesamt-Zielfunktion. Für mehr Informationen verweisen wir auf die Dokumentation von `train_dl_model_batch`. Folgende Werte sind setzbar:

- *'adam'*: Algorithmus für adaptive Moment-Schätzung
- *'sgd'*: Stochastisches Gradientenverfahren

Es ist zu beachten, dass eine Änderung von *'solver_type'* den Wert von *'learning_rate'* auf dessen Standardwert zurücksetzt.

Modelle mit *'type'*=*'anomaly_detection'*: Der Parameter *'solver_type'* hat keinen Einfluss.
Modelle mit *'type'*=*'counting'*: Der Parameter *'solver_type'* hat keinen Einfluss.

'sort_by_line': **OCR-D**
Auf Grundlage der geschätzten Orientierungen der lokalisierten Worte werden die gefundenen Worte zeilenweise sortiert. Wird der Parameter *'sort_by_line'* auf *'false'* gesetzt, werden die Ergebnisse nicht sortiert.
Default: *'true'*

'standard_deviation_factor': **AD**
Der Anomalie-Score auf Bildebene wird intern als Mittelwert bestimmter interner Scores s plus ein Vielfaches von deren Standardabweichung berechnet.

$$S_{Image} = \mu(s) + \lambda\sigma(s)$$

Dabei bezeichnet s einen Pixelwert des internen `anomaly_image`, $\mu(s)$ der Mittelwert von s und $\sigma(s)$ die Standardabweichung von s. Der Parameter *'standard_deviation_factor'* setzt den Wert für λ und steuert dadurch, wie stark die Standardabweichung im Vergleich zum Mittelwert gewichtet wird.
Default: *'standard_deviation_factor'* = *3.0*

'summary' **Any:**
Mit diesem Parameter werden Informationen über die Layer des Modells zurückgegeben. Genauer gesagt wird ein Tupel zurückgegeben, welches für jeden Layer einen String der folgenden Form enthält `ID; NAME; TYPE; OUTPUT_SHAPE; CONNECTED_NODES`

- `ID`: Index des Layers im CNN Graphen.
- `NAME`: Von Menschen lesbarer Bezeichner (optional).
- `TYPE`: Bezeichner für den Typ des Layers (z.B. `input` oder `convolution`).
- `OUTPUT_SHAPE`: Größe der Ausgabe in der Form (`Breite`, `Höhe`, `Tiefe`, *'batch_size'*). Dies bedeutet, der Layer hat Merkmalskarten der Größe `Breite` mal `Höhe` und davon eine Anzahl entsprechend der `Tiefe`. Zusammen bilden diese ein Ikonisches Objekt mit einem Kanal pro Merkmalskarte. Die verschiedenen Objekte sind die Layer-Ausgaben verschiedener Samples. Der Parameter *'batch_size'* bestimmt, wie viele Objekte zusammen zurückgegeben werden.
- `CONNECTED_NODES`: Komma separierte Liste mit den Indices der Layer, die die Ausgabe des aktuellen Layers als Eingabe verwenden

Z.B.: `'3; conv1; convolution; (112, 112, 64, 160); 4'`.
Es ist zu beachten, dass für manche mit HALCON ausgelieferten Modelle die Architektur vertraulich ist. In diesem Fall gibt `get_dl_model_param` ein leeres Tupel für *'summary'* zurück.

'tiling': **OCR-D**
Das Eingabebild wird automatisch in überlappende Kacheln der Größe *'image_size'* aufgeteilt, welche separat von der Lokalisierungskomponente verarbeitet werden. Dies ermöglicht das Verarbeiten von Eingabebildern, welche wesentlich größer sind als die eigentliche Bildgröße *'image_size'*, ohne dass das Eingabebild gezoomt werden muss.
Default: *'false'*

'tiling_overlap': **OCR-D**

Dieser Parameter definiert wie groß die Überlappung benachbarter Kacheln ist, falls Eingabebilder aufgeteilt werden (siehe *'detection_tiling'*). Die Größe der Überlappung wird in Pixeln angegeben.

Wertebereich: ≥ 0.

Default: *64*

'type': **Any**

Dieser Parameter gibt den HALCON-spezifischen Modelltypen zurück. Folgende Typen werden unterschieden:

- *'3d_gripping_point_detection'*
- *'3d_pose_estimation'*
- *'anomaly_detection'*
- *'classification'*
- *'counting'*
- *'detection'*
- *'gc_anomaly_detection'*
- *'segmentation'*
- *'ocr_recognition'*
- *'ocr_detection'*
- *'generic'* - für spezifische eingelesene oder mittels Framework erstellte Modelle, siehe `set_dl_model_param`.

'weight_decay': **Any**

Regularisierungsparameter $\alpha \geq 0.0$ für den Weight Decay der Modellgewichte. Beim Weight Decay wird der Betrag der Gewichte in jeder Iteration des Trainings direkt um einen kleinen Faktor verringert. Für eine genaue Beschreibung des Weight Decay Mechanismus wird auf `train_dl_model_batch` verwiesen.

Im Gegensatz zum Parameter *'weight_prior'* führt dieser Parameter zu einem Weight Decay, der vom Gradienten-basierten Update entkoppelt ist. Wird der SGD Solver benutzt, hat dieser Parameter den gleichen Effekt wie *'weight_prior'*. Die Kombination des Adam Solvers mit *'weight_decay'* wird auch AdamW genannt.

Üblich sind zum Testen die Werte für *'weight_decay'* auf einer Skala zwischen $0.1, ..., 0.01$.

Modelle mit *'type'*=*'anomaly_detection'*: Der Parameter *'weight_prior'* hat keinen Einfluss.

Modelle mit *'type'*=*'counting'*: Der Parameter *'weight_prior'* hat keinen Einfluss.

Default: *'weight_decay' = 0.0*

'weight_prior': **Any**

Regularisierungsparameter $\alpha \geq 0.0$ für die L2 Regularisierung der Modellgewichte. Bei der L2 Regularisierung wird der Zielfunktion ein zusätzlicher Term hinzugefügt, welcher den quadrierten Betrag der Gewichte bestraft. Für eine genaue Beschreibung des Regularisierungsterms wird auf `train_dl_model_batch` verwiesen.

Einfach gesagt begünstigt die Regularisierung einfachere Modelle, die weniger anfällig sind, Rauschen in den Daten zu lernen. Dadurch generalisieren diese Modelle in der Regel besser. Für den Fall einer Überanpassung des Klassifikators, empfehlen wir verschiedene Werte für den Parameter *'weight_prior'* zu testen. Die Wahl des Wertes ist ein Abwägen zwischen der Fähigkeit des Netzwerkes zu Generalisieren, einer Überanpassung oder einer Unteranpassung. Ist α zu klein, ist eine Überanpassung möglich, ist es zu groß kann es passieren, dass das Modell seine Fähigkeit verliert, sich an die Daten anzupassen, da alle Gewichte zu nahe an den Nullpunkt verschoben werden. Um einen idealen Wert für α zu finden, empfehlen wir eine Kreuzvalidierung durchzuführen. Das heißt, das Training wird für eine Reihe von Werten durchgeführt und man wählt den Wert, der den besten Validierungsfehler liefert.

Üblich sind zum Testen die Werte für *'weight_prior'* auf einer logarithmischen Skala zwischen $1.0, ..., 0.0001$. Falls das Training sehr lange dauert, besteht die Möglichkeit für die Optimierung der Hyperparameter einen reduzierten Datensatz zu verwenden.

Modelle mit *'type'*=*'anomaly_detection'*: Der Parameter *'weight_prior'* hat keinen Einfluss.

Modelle mit *'type'*=*'counting'*: Der Parameter *'weight_prior'* hat keinen Einfluss.

Default: *'weight_prior' = 0.0*, mit der Ausnahme der vortrainierten Klassifikatoren:

- `pretrained_dl_classifier_resnet18`: *'weight_prior' = 0.0001*

- `pretrained_dl_classifier_resnet50`: *'weight_prior' = 0.0001*
- `pretrained_dl_classifier_alexnet`: *'weight_prior' = 0.0005*

Parameter

▷ **`DLModelHandle`** (input_control) ..... dl_model ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-basierten Modells.

▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... attribute.name ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: 'batch_size'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'adam_beta1', 'adam_beta2', 'adam_epsilon', 'alignment', 'alignment_available', 'alphabet', 'alphabet_internal', 'alphabet_mapping', 'anchor_aspect_ratios', 'anchor_num_subscales', 'anchor_angles', 'anomaly_score_tolerance', 'backbone', 'backbone_docking_layers', 'batch_size', 'batch_size_multiplier', 'bbox_heads_weight', 'capacity', 'class_heads_weight', 'class_ids', 'class_ids_no_orientation', 'class_names', 'class_weights', 'complexity', 'continual_learning_available', 'device', 'extract_feature_maps', 'freeze_backbone_level', 'gc_anomaly_networks', 'gpu', 'ignore_class_ids', 'ignore_direction', 'image_dimensions', 'image_height', 'image_num_channels', 'image_range_max', 'image_range_min', 'image_size', 'image_width', 'inference_outputs', 'input_dimensions', 'instance_segmentation', 'instance_type', 'layer_names', 'learning_rate', 'mask_head_weight', 'max_gradient_norm', 'max_level', 'max_num_detections', 'max_overlap', 'max_overlap_class_agnostic', 'meta_data', 'min_character_score', 'min_confidence', 'min_level', 'min_link_score', 'min_word_area', 'min_word_score', 'momentum', 'num_classes', 'num_trainable_params', 'ood_available', 'ood_threshold', 'optimize_for_inference', 'orientation', 'sort_by_line', 'patch_size', 'precision', 'precision_is_converted', 'runtime', 'solver_type', 'standard_deviation_factor', 'summary', 'tiling', 'tiling_overlap', 'type', 'weight_decay', 'weight_prior', 'model_uid', 'release_version', 'min_version'}

▷ **`GenParamValue`** (output_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *integer* / string / real
Wert des generischen Parameters.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_dl_model_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_dl_model`, `set_dl_model_param`

Nachfolger

`set_dl_model_param`, `apply_dl_model`, `train_dl_model_batch`, `train_dl_model_anomaly_dataset`

Siehe auch

`set_dl_model_param`

Modul

Foundation. Dieser Operator verwendet dynamische Lizenzierung (siehe 'Installation Guide'). Welches der folgenden Module benötigt wird hängt von der Anwendung des Operators ab:
3D Metrology, OCR/OCV, Matching, Deep Learning Enhanced, Deep Learning Professional

`get_dl_pruning_param` (: : `DLPruningHandle`, `GenParamName` : `GenParamValue`)

Auslesen der Parameter des Pruning Handles.

`get_dl_pruning_param` gibt die Parameterwerte von `GenParamName` aus dem Pruning Handle `DLPruningHandle` in `GenParamValue` aus.

Die Werte der folgenden Parameter `GenParamName` können abgefragt werden:

'mode': Bestimmt die Pruning-Methode. Siehe create_dl_pruning für weitere Informationen.
Default: *'oracle'*

'percentage': Bestimmt, um wie viel das Modell reduziert werden soll. Z.B. für *'mode'='oracle'* bestimmt der Parameter, wie viel Prozent der Kernels entfernt werden sollen, wobei nur entfernbare Kernels berücksichtigt werden.
Default: *10*

Zusätzlich können für *'mode'='oracle'* folgende Werte für GenParamName abgefragt werden:

'prunable_conv_num': Anzahl der reduzierbaren Convolutional-Layer im verwendeten Netzwerk. Ob ein Layer reduzierbar ist oder nicht hängt sowohl von den Spezifikationen des Layers selbst sowie von der Netzwerk-Architektur ab.

'prunable_conv_layer_name': Namen der reduzierbaren Convolutional-Layer im verwendeten Netzwerk.

'prunable_kernel_num': Anzahl der reduzierbaren Kernel im verwendeten Netzwerk. Die Zahl berücksichtigt, dass jeder Convolutional-Layer mindestens 1 Kernel besitzen muss.

'pruned_kernel_num': Anzahl reduzierter Kernel im verwendeten Netzwerk nach dem Aufruf von gen_dl_pruned_model.

'pruned_percentage': Tatsächlicher Prozentsatz reduzierter Kernel im verwendeten Netzwerk nach dem Aufruf von gen_dl_pruned_model: das Verhältnis *'pruned_kernel_num'* zu *'prunable_kernel_num'*.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht, welche Parameter und Werte mit set_dl_pruning_param gesetzt und welche mit get_dl_pruning_param abgerufen werden können.

Parameter	set	get
'mode'	x	x
'percentage'	x	x
'prunable_conv_num'		x
'prunable_conv_layer_name'		x
'prunable_kernel_num'		x
'pruned_kernel_num'		x
'pruned_percentage'		x

Parameter

▷ **DLPruningHandle** (input_control) . . . . . dl_pruning ⇝ *handle*
Handle mit den Pruning-Daten.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: 'percentage'
Werteliste: GenParamName ∈ {'mode', 'percentage', 'prunable_conv_num', 'prunable_conv_layer_name', 'prunable_kernel_num', 'pruned_kernel_num', 'pruned_percentage'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *integer* / string / real
Wert des generischen Parameters.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_dl_pruning, set_dl_pruning_param

Siehe auch

set_dl_pruning_param

Modul

Deep Learning Professional

read_dl_model (: : FileName : DLModelHandle)

Lesen eines Deep Learning-Modells aus einer Datei.

Der Operator read_dl_model liest ein Deep Learning-Modell. Diese Modelle müssen im HALCON Format oder alternativ im ONNX Format (siehe die Referenz weiter unten) vorliegen. Im zweiten Fall gelten die unten erwähnten Einschränkungen. Als Ergebnis wird das Handle DLModelHandle zurückgegeben.

Das Modell wird aus der Datei FileName geladen. Die Datei wird hierbei sowohl im Verzeichnis $HALCONROOT/dl/, als auch im aktuell genutzten Verzeichnis gesucht. Die Standard-Dateiendung eines Deep Learning-basierten Klassifikators ist '.hdl'.

Zu beachten ist, dass die Werte laufzeitspezifischer Parameter nicht in der Datei abgespeichert werden, siehe write_dl_model. Folglich werden diese Parameter beim Einlesen des Modells mit ihrem Standardwert (siehe get_dl_model_param) initialisiert.

Modelle, deren erforderliche HALCON-Version (*'min_version'*) größer ist als die aktuell verwendete HALCON-Version, können nicht gelesen werden. Vor dem Speichern eines Modells kann die *'min_version'* mit dem Operator get_dl_model_param überprüft werden.

Für weitere Informationen zu Deep Learning-Modellen in HALCON siehe das Kapitel Deep Learning / Modell.

Einlesen eines von HALCON zur Verfügung gestellten Modells

HALCON stellt Neuronale Netzwerke für die Klassifikation und Semantische Segmentierung bereit, welche auf einem großen Datensatz vortrainiert wurden. Diese Neuronalen Netzwerke sind gute Ausgangspunkte, um damit eigene Neuronale Netze für ein individuelles Problem zu trainieren. Für die Anomalieerkennung stellt HALCON initiale Modelle zur Verfügung.

Modelle für die 3D Gripping Point Detection

Das folgende Netzwerk steht für die 3D Gripping Point Detection zur Verfügung:

'pretrained_dl_3d_gripping_point.hdl'

Das Netzwerk erwartet bis zu 5 Bilder vom Typ real:

'image': Intensitätsbild (Grauwertbilder)

'x': X-Bild (Werte müssen von links nach rechts aufsteigend)

'y': Y-Bild (Werte müssen von oben nach unten aufsteigend)

'z': Z-Bild (Werte müssen von dem Sensor nahen zu fernen Punkten aufsteigen; das ist z.B. der Fall wenn die Daten bezüglich des Kamerakoordinatensystems angegeben werden)

'normals': 2D-Mappings

Zusätzlich erfordert das Netzwerk spezifische Bildeigenschaften (für alle genannten Eingabebilder), welche über get_dl_model_param abgefragt werden können. Hier werden die Defaultwerte gelistet:

'image_width': 640

'image_height': 480

Die Netzwerkarchitektur erlaubt Änderungen der Bilddimensionen.

Modelle für die Anomalieerkennung

Die folgenden Netzwerke stehen für die Anomalieerkennung zur Verfügung:

'initial_dl_anomaly_medium.hdl'

Dieses Netzwerk hat einen vergleichsweise niedrigeren Speicherverbrauch und geringere Laufzeit als *'initial_dl_anomaly_large.hdl'*.

Das Netzwerk erwartet Eingabebilder vom Typ real. Zusätzlich erfordert das Netzwerk spezifische Bildeigenschaften, welche über get_dl_model_param abgefragt werden können. Hier werden die Defaultwerte gelistet:

'image_width': 480

'image_height': 480

'image_num_channels': 3

'image_range_min': -2

'image_range_max': 2

Die Netzwerkarchitektur erlaubt Änderungen der Bilddimensionen, verlangt aber, dass die Bildbreite *'image_width'* und Bildhöhe *'image_height'* Vielfache von 32 Pixel sind, woraus sich ein Minimalwert von 32 Pixeln ergibt.

'initial_dl_anomaly_large.hdl'
Dieses Netzwerk ist für komplexere Aufgaben in der Regel besser geeignet als *'initial_dl_anomaly_medium.hdl'*. Dafür ist es rechen- und speicheraufwändiger.
Das Netzwerk erwartet Eingabebilder vom Typ `real`. Zusätzlich erfordert das Netzwerk spezifische Bildeigenschaften, welche über `get_dl_model_param` abgefragt werden können. Hier werden die Defaultwerte gelistet:

'image_width': 480
'image_height': 480
'image_num_channels': 3
'image_range_min': -2
'image_range_max': 2

Die Netzwerkarchitektur erlaubt Änderungen der Bilddimensionen, verlangt aber, dass die Bildbreite *'image_width'* und Bildhöhe *'image_height'* Vielfache von 32 Pixel sind, woraus sich ein Minimalwert von 32 Pixeln ergibt.

Modelle für die Global Context Anomaly Detection
Die folgenden Netzwerke stehen für die Global Context Anomaly Detection zur Verfügung:

'pretrained_dl_anomaly_global_context.hdl'
Das Netzwerk erwartet Eingabebilder vom Typ `real`. Zusätzlich erfordert das Netzwerk spezifische Bildeigenschaften, welche über `get_dl_model_param` abgefragt werden können. Hier werden die Defaultwerte gelistet:

'image_width': 256
'image_height': 256
'image_num_channels': 3
'image_range_min': -127.0
'image_range_max': 128.0

Modelle für die Klassifikation
Die folgenden vortrainierten Neuronalen Netzwerke stehen für die Klassifikation und als Backbone bei der Objektdetektion zur Verfügung:

'pretrained_dl_classifier_alexnet.hdl':
Dieses Neuronale Netzwerk ist geeignet für einfache Klassifikationsaufgaben. Es zeichnet sich durch die Faltungskerne der ersten Faltungs-Layer aus, welche größer sind als bei Netzwerken vergleichbarer Klassifikationsleistung (z.B. *'pretrained_dl_classifier_compact.hdl'*). Dies kann für das Extrahieren von Merkmalskarten von Vorteil sein.
Der Klassifikator erwartet Eingabebilder vom Typ `real`. Zusätzlich erfordert das Neuronale Netzwerk spezifische Bildeigenschaften, welche über `get_dl_model_param` abgefragt werden können. Hier werden die Defaultwerte gelistet, mit welchen der Klassifikator trainiert wurde:

'image_width': 224
'image_height': 224
'image_num_channels': 3
'image_range_min': -127.0
'image_range_max': 128.0

Die Netzwerkarchitektur erlaubt Änderungen der Bilddimensionen. Bildbreite *'image_width'* und Bildhöhe *'image_height'* sollten dabei aber 29 Pixel nicht unterschreiten. Durch die Netzwerkarchitektur wird die Bildgröße nach oben hin nicht beschränkt, aber zunehmende Bildgrößen erhöhen den Speicher- und Laufzeitbedarf erheblich. Jede Änderung der Bildgröße führt zu einem Reinitialisieren der Gewichte in den Fully-connected Layern und macht dadurch ein Nachtrainieren notwendig.
Man kann die Laufzeit dieses Netzwerkes beschleunigen, indem man die Faltungs- und ReLU-Layer miteinander verbindet, siehe `set_dl_model_param` und den Parameter *'fuse_conv_relu'*.

'pretrained_dl_classifier_compact.hdl':
Dieses Neuronale Netzwerk ist besonders effizient bezüglich des Speicherverbrauchs und der Laufzeit.
Der Klassifikator erwartet Eingabebilder vom Typ `real`. Zusätzlich erfordert das Neuronale Netzwerk spezifische Bildeigenschaften, welche über `get_dl_model_param` abgefragt werden können. Hier werden die Defaultwerte gelistet, mit welchen der Klassifikator trainiert wurde:

'image_width': 224

'image_height': 224

'image_num_channels': 3

'image_range_min': -127.0

'image_range_max': 128.0

Dieses Neuronale Netzwerk enthält keinen Fully-connected Layer. Die Netzwerkarchitektur erlaubt Änderungen der Bilddimensionen. Bildbreite *'image_width'* und Bildhöhe *'image_height'* sollten dabei aber 15 Pixel nicht unterschreiten.

'pretrained_dl_classifier_enhanced.hdl':

Dieses Neuronale Netzwerk hat mehr verborgene Layer als *'pretrained_dl_classifier_compact.hdl'* und ist daher für komplexere Klassifikationsaufgaben in der Regel besser geeignet. Dafür ist dieses Netzwerk rechen- und speicheraufwändiger.

Der Klassifikator erwartet Eingabebilder vom Typ `real`. Zusätzlich erfordert das Neuronale Netzwerk spezifische Bildeigenschaften, welche über `get_dl_model_param` abgefragt werden können. Hier werden die Defaultwerte gelistet, mit welchen der Klassifikator trainiert wurde:

'image_width': 224

'image_height': 224

'image_num_channels': 3

'image_range_min': -127.0

'image_range_max': 128.0

Die Netzwerkarchitektur erlaubt Änderungen der Bilddimensionen. Bildbreite *'image_width'* und Bildhöhe *'image_height'* sollten dabei aber 47 Pixel nicht unterschreiten. Durch die Netzwerkarchitektur wird die Bildgröße nach oben hin nicht beschränkt, aber zunehmende Bildgrößen erhöhen den Speicher- und Laufzeitbedarf erheblich. Jede Änderung der Bildgröße führt zu einem Reinitialisieren der Gewichte in den Fully-connected Layern und macht dadurch ein Nachtrainieren notwendig.

'pretrained_dl_classifier_mobilenet_v2.hdl':

Dieser Klassifikator ist ein kleines, energieeffizientes Modell und daher besser für mobile und embedded Bildverarbeitungsanwendungen geeignet.

Der Klassifikator erwartet Eingabebilder vom Typ `real`. Zusätzlich erfordert das Neuronale Netzwerk spezifische Bildeigenschaften, welche über `get_dl_model_param` abgefragt werden können. Hier werden die Defaultwerte gelistet, mit welchen der Klassifikator trainiert wurde:

'image_width': 224

'image_height': 224

'image_num_channels': 3

'image_range_min': -127.0

'image_range_max': 128.0

Die Netzwerkarchitektur erlaubt Änderungen der Bilddimensionen. Bildbreite *'image_width'* und Bildhöhe *'image_height'* sollten dabei aber 32 Pixel nicht unterschreiten. Durch die Netzwerkarchitektur wird die Bildgröße nach oben hin nicht beschränkt, aber zunehmende Bildgrößen erhöhen den Speicher- und Laufzeitbedarf erheblich.

Auf der GPU kann die Netzwerkarchitektur stark von speziellen Optimierungen profitieren, ohne welche das Netz deutlich langsamer sein kann.

'pretrained_dl_classifier_resnet18.hdl':

Wie das Neuronale Netzwerk *'pretrained_dl_classifier_enhanced.hdl'* ist dieser Klassifikator für komplexere Aufgaben geeignet. Die spezielle Struktur dieses Klassifikators bringt allerdings den Vorteil mit sich, das Training stabiler zu machen und intern robuster zu sein. Gegenüber dem Neuronalen Netzwerk *'pretrained_dl_classifier_resnet50.hdl'*, ist es etwas weniger komplex dafür in der Ausführung schneller.

Der Klassifikator erwartet Eingabebilder vom Typ `real`. Zusätzlich erfordert das Neuronale Netzwerk spezifische Bildeigenschaften, welche über `get_dl_model_param` abgefragt werden können. Hier werden die Defaultwerte gelistet, mit welchen der Klassifikator trainiert wurde:

'image_width': 224

'image_height': 224

'image_num_channels': 3

'image_range_min': -127.0

'image_range_max': 128.0

Die Netzwerkarchitektur erlaubt Änderungen der Bilddimensionen. Bildbreite *'image_width'* und Bildhöhe *'image_height'* sollten dabei aber 32 Pixel nicht unterschreiten. Durch die Netzwerkarchitektur wird die Bildgröße nach oben hin nicht beschränkt, aber zunehmende Bildgrößen erhöhen den Speicher- und Laufzeitbedarf erheblich. Trotz Fully-connected Layer führt eine Änderung der Bildgröße nicht zu einem Reinitialisieren der Gewichte.

'pretrained_dl_classifier_resnet50.hdl':
Wie das Neuronale Netzwerk *'pretrained_dl_classifier_enhanced.hdl'* ist dieser Klassifikator für komplexere Aufgaben geeignet. Die spezielle Struktur dieses Klassifikators bringt allerdings den Vorteil mit sich, das Training stabiler zu machen und intern robuster zu sein.
Der Klassifikator erwartet Eingabebilder vom Typ `real`. Zusätzlich erfordert das Neuronale Netzwerk spezifische Bildeigenschaften, welche über `get_dl_model_param` abgefragt werden können. Hier werden die Defaultwerte gelistet, mit welchen der Klassifikator trainiert wurde:

'image_width': 224
'image_height': 224
'image_num_channels': 3
'image_range_min': -127.0
'image_range_max': 128.0

Die Netzwerkarchitektur erlaubt Änderungen der Bilddimensionen. Bildbreite *'image_width'* und Bildhöhe *'image_height'* sollten dabei aber 32 Pixel nicht unterschreiten. Durch die Netzwerkarchitektur wird die Bildgröße nach oben hin nicht beschränkt, aber zunehmende Bildgrößen erhöhen den Speicher- und Laufzeitbedarf erheblich. Trotz Fully-connected Layer führt eine Änderung der Bildgröße nicht zu einem Reinitialisieren der Gewichte.

Modelle für die Semantische Segmentierung

Folgende vortrainierte Netzwerke stehen für die Semantische Segmentierung zur Verfügung:

'pretrained_dl_edge_extractor.hdl':
Dieses Neuronale Netzwerk ist für die Kantenextraktion konzipiert und vortrainiert. Folglich ist das Netz auch primär für Zwei-Klassen-Probleme ausgelegt, einer Klasse Kanten und einer Klasse Hintergrund.
Das Neuronale Netzwerk erwartet Eingabebilder vom Typ `real`. Zusätzlich erfordert das Netzwerk spezifische Bildeigenschaften, welche über `get_dl_model_param` abgefragt werden können. Hier werden die Defaultwerte gelistet, mit welchen das Modell trainiert wurde:

'image_width': 512
'image_height': 512
'image_num_channels': 1
'image_range_min': -127.0
'image_range_max': 128.0
'num_classes': 2

Die Netzwerkarchitektur erlaubt Änderungen der Bilddimensionen, verlangt aber, dass die Bildbreite *'image_width'* und Bildhöhe *'image_height'* Vielfache von 16 Pixel sind, woraus sich ein Minimalwert von 16 Pixeln ergibt.

'pretrained_dl_segmentation_compact.hdl':
Dieses Neuronale Netzwerk ist besonders für feine Strukturen geeignet und ist effizient bezüglich des Speicherverbrauchs und der Laufzeit.
Die Netzwerkarchitektur erlaubt Änderungen der Bilddimensionen, verlangt aber eine minimale Bildbreite *'image_width'* von 21 Pixeln und eine minimale Bildhöhe von *'image_height'* 21 Pixeln.

'pretrained_dl_segmentation_enhanced.hdl':
Dieses Neuronale Netzwerk hat mehr verborgene Layer als *'pretrained_dl_segmentation_compact.hdl'* und ist daher für Segmentierungsaufgaben in komplexeren Szenarien besser geeignet.
Die Netzwerkarchitektur erlaubt Änderungen der Bilddimensionen, verlangt aber eine minimale Bildbreite *'image_width'* von 47 Pixeln und eine minimale Bildhöhe von *'image_height'* 47 Pixeln.

Modelle für Deep OCR

Folgende vortrainierte Netzwerke stehen für die Deep OCR zur Verfügung:

'pretrained_deep_ocr_detection.hdl':
Dieses Neuronale Netzwerk ist die voreingestellte, vortrainierte Lokalisierungskomponente eines Deep OCR-Modells, welches auch nachtrainiert werden kann. Es ist konzipiert um Wörter auf Bildern zu lokalisieren.

Das Neuronale Netzwerk erwartet Eingabebilder vom Typ `real`. Zusätzlich erfordert das Netzwerk spezifische Bildeigenschaften, welche über `get_dl_model_param` abgefragt werden können. Hier werden die Defaultwerte aufgelistet, mit welchen das Modell trainiert wurde:

'image_width': 1024

'image_height': 1024

'image_num_channels': 3

'image_range_min': -127.0

'image_range_max': 128.0

Die Netzwerkarchitektur erlaubt Änderungen der Bilddimensionen *'image_width'* und *'image_height'*.

'pretrained_deep_ocr_detection_compact.hdl':

Dieses vortrainierte Netzwerk ist eine kompakte Alternative zum Standardmodell *'pretrained_deep_ocr_detection.hdl'*. Es ist für einen geringeren Speicherbedarf und eine niedrigere Laufzeit konzipiert, kann jedoch weniger genau sein als das Standardmodell.
Hinsichtlich der Eingabebilder und der Änderung der Bilddimensionen hat dieses Netz die gleichen Anforderungen wie das Standardmodell *'pretrained_deep_ocr_detection.hdl'*.

'pretrained_deep_ocr_recognition.hdl':

Dieses Neuronale Netzwerk ist die vortrainierte Erkennungskomponente eines Deep OCR-Modells, welches auch nachtrainiert werden kann. Es ist konzipiert um Wörter auf Bildern zu erkennen, welche auf ein einzelnes Wort zugeschnitten sind.
Das Neuronale Netzwerk erwartet Eingabebilder vom Typ `real`. Zusätzlich erfordert das Netzwerk spezifische Bildeigenschaften, welche über `get_dl_model_param` abgefragt werden können. Hier werden die Defaultwerte aufgelistet, mit welchen das Modell trainiert wurde:

'image_width': 120

'image_height': 32

'image_num_channels': 1

'image_range_min': -1.0

'image_range_max': 1.0

Die Netzwerkarchitektur erlaubt Änderungen der Bildbreite *'image_width'*. Die Bildhöhe *'image_height'* kann nicht verändert werden. Der Parameter *'image_width'* ist sehr wichtig. Sein Wert kann verringert oder erhöht werden um sich an die zu erwartenden Wortlängen anzupassen, beispielsweise bedingt durch die durchschnittliche Zeichenbreite. Ein größerer Wert für *'image_width'* führt zu erhöhtem Speicher- und Laufzeitbedarf. Die Bildbreite *'image_width'* darf nach dem Training geändert werden.

'pretrained_deep_ocr_recognition_compact.hdl':

Dieses vortrainierte Netzwerk ist eine kompakte Alternative zum Standardmodell *'pretrained_deep_ocr_recognition.hdl'*. Es ist für einen geringeren Speicherbedarf und eine niedrigere Laufzeit konzipiert, kann jedoch weniger genau sein als das Standardmodell.
Hinsichtlich der Eingabebilder und der Änderung der Bilddimensionen hat dieses Netz die gleichen Anforderungen wie das Standardmodell *'pretrained_deep_ocr_recognition.hdl'*.

Einlesen eines Modells im ONNX Format

ONNX Modelle können eingelesen werden, aber dabei gibt es gewisse Punkte zu beachten.

Einschränkungen

Wird ein ONNX Modell eingelesen, gelten folgende Einschränkungen:

- Nur Modelle bis zur ONNX operator set version (OpSetVersion) 13 werden unterstützt. Für Operatoren, die eine höhere OpSetVersion besitzen kann keine Unterstützung garantiert werden. Für weitere Limitationen wird auf die ONNX Operatorenauflistung verwiesen.
- Nur 32 Bit Gleitkommatensoren werden unterstützt.
- Nur Modelle die mit einem SoftMax Layer enden, werden automatisch als Klassifikator erkannt. Alle anderen Modelle werden als generisches Modell betrachtet, d.h., Modelle mit *'type'* = *'generic'*. Mit `set_dl_model_param` kann der Typ eines solchen Modells geändert werden.
- Die Eingabeknoten des Graphen (Bilder) müssen von vierdimensionaler Form sein: Anzahl Bilder (=*'batch_size'*), *'num_channels'*, *'image_height'* und *'image_width'*.

Automatische Transformationen

Nach dem Einlesen eines ONNX Modells mit `read_dl_model` werden folgende Transformationen automatisch durchgeführt:

- Jeder nicht globale Pooling-Layer, dessen Ausgabemerkmalskarte die Dimension 1x1 hat, wird in einen globalen Pooling-Layer verwandelt. Dies ermöglicht Eingabebilder variabler Größen. Weitere Informationen zum Pooling-Layer und möglichen Modi befinden sich im „`Solution Guide on Classification`".
- Layer Paare bestehend aus einem Faltungs-Layer ohne Aktivierung und einem direkt verknüpften Activation-Layer mit Aktivierungsmodus ReLU werden fusioniert. Um dies zu tun, darf die Ausgabe des Faltungs-Layers nur vom Activation-Layer als Eingabe verwendet werden. Daraus entsteht ein Faltungs-Layer mit ReLU-Aktivierung. Weitere Informationen zu Layern und möglichen Modi befinden sich im „`Solution Guide on Classification`".
- Jeder Split-Layer wird in Slice-Layer umgewandelt. Während des Umwandlungsprozesses werden Slice-Layer erzeugt, welche die jeweiligen Datenabschnitte extrahieren, die auch bei der Split-Operation entstehen. Dadurch bleibt die ursprüngliche Funktionalität erhalten, auch wenn sie durch mehrere Slice-Operationen anstatt eines einzelnen Split-Layers dargestellt wird.
- Permutation-Layer werden vor und nach Elementwise-Layern eingefügt, wenn der ONNX Elementwise-Layer Eingaben mit unterschiedlicher Dimensionalität erhält. Dies ermöglicht Broadcasting im HALCON Elementwise-Layer.
- Permutation-Layer werden vor und nach Softmax-Layern eingefügt, wenn das Attribute äxis"des ONNX Softmax-Layers ungleich 1 ist.
- Ein Slice-Layer, das direkt auf ein Shape-Layer folgt wird mit diesem zusammengeführt, sofern dies möglich ist. Voraussetzung dafür ist, dass das Slice-Layer der einzige Empfänger des Outputs des Shape-Layers ist und eine Schrittweite von 1 verwendet. Dadurch wird die Laufzeit und der Speicherverbrauch reduziert.

Unterstützte Operationen

ONNX Modelle mit den folgenden Operationen können von `read_dl_model` gelesen werden:

`'Abs'`: Keine Einschränkungen.

`'Acos'`: Keine Einschränkungen.

`'Add'`: Keine Einschränkungen.

`'ArgMax'`: Es gelten folgende Einschränkungen:

- Attribut *'axis'*: Der Wert muss *1* sein.
- Attribut *'keepdims'*: Der Wert muss *1* sein.
- Attribut *'select_last_index'*: Der Wert muss *0* sein.

`'Asin'`: Keine Einschränkungen.

`'Atan'`: Keine Einschränkungen.

`'AveragePool'`: Es gelten folgende Einschränkungen:

- Attribut *'count_include_pad'*: Der Wert muss *0* sein.

`'BatchNormalization'`: Keine Einschränkungen.

`'Ceil'`: Keine Einschränkungen.

`'Celu'`: Keine Einschränkungen.

`'Clip'`: Es gelten folgende Einschränkungen:

- Attribut *'min'*: Der Wert muss kleiner oder gleich *'max'* sein.
- Attribut *'max'*: Der Wert muss größer oder gleich *'min'* und kleiner als die maximale float Zahl sein.

`'Concat'`: Keine Einschränkungen.

`'Constant'`: Es gelten folgende Einschränkungen:

- Attribut *'sparse_value'*: Das Attribut wird nicht unterstützt.
- Attribut *'value_floats'*: Das Attribut wird nicht unterstützt.
- Attribut *'value_ints'*: Das Attribut wird nicht unterstützt.
- Attribut *'value_string'*: Das Attribut wird nicht unterstützt.
- Attribut *'value_strings'*: Das Attribut wird nicht unterstützt.

`'Conv'`: Es gelten folgende Einschränkungen:

- Attribut *'pads'*: Padding Werte größer oder gleich der Kernel-Größe sind nicht unterstützt.

'ConvTranspose': Es gelten folgende Einschränkungen:
- Attribut *'dilations'*: Nur die Werte *'(1, 1)'* (keine Dilation) werden unterstützt.
- Attribut *'group'*: Nur der Wert *1* wird unterstützt (keine grouped transposed convolution).
- Attribut *'kernel_shape'*: Nur symmetrische Kernel werden unterstützt.
- Attribut *'output_padding'*: Siehe Beschränkungen in `create_dl_layer_transposed_convolution`.
- Attribut *'output_shape'*: Das Attribut wird nicht unterstützt.
- Attribut *'pads'*: Padding Werte größer oder gleich der Kernel-Größe sind nicht unterstützt.
- Attribut *'strides'*: Nur symmetrische Strides werden unterstützt.

'Cos': Keine Einschränkungen.

'Cosh': Keine Einschränkungen.

'DepthToSpace': Es gelten folgende Einschränkungen:
- Attribut *'mode'*: Der Wert muss *'CRD'* sein.

'Div': Keine Einschränkungen.

'Dropout': Keine Einschränkungen.

'Elu': Keine Einschränkungen.

'Erf': Keine Einschränkungen.

'Exp': Keine Einschränkungen.

'Floor': Keine Einschränkungen.

'Gather': Es gelten folgende Einschränkungen:
- Eingabe *'indices'*: Indizes mit einem Rang größer als 1 werden nicht unterstützt.

'Gelu': Keine Einschränkungen.

'Gemm': Es gelten folgende Einschränkungen:
- Attribut *'alpha'*: Der Wert muss *1* sein.
- Attribut *'beta'*: Der Wert muss *1* sein.
- Attribut *'transA'*: Der Wert muss *0* sein.

'GlobalAveragePool': Keine Einschränkungen.

'GlobalMaxPool': Es gelten folgende Einschränkungen:
- Attribut *'dilations'*: Der Wert muss *1* sein.

'HardSigmoid': Keine Einschränkungen.

'HardSwish': Keine Einschränkungen.

'LeakyRelu': Keine Einschränkungen.

'Log': Keine Einschränkungen.

'LogSoftmax': Es gelten folgende Einschränkungen:
- Attribut *'axis'*:
  - OpSetVersion < 13: Der Wert muss *1* sein und die Breite und Höhe der Eingabe muss jeweils 1 sein, oder der Wert muss *3* sein.
  - OpSetVersion >= 13: Keine Einschränkungen.

'LRN': Keine Einschränkungen. Hinweis: Attribut *'size'* hat keinen Effekt.

'MatMul': Keine Einschränkungen.

'MaxPool': Keine Einschränkungen.

'Mean': Keine Einschränkungen.

'Mish': Keine Einschränkungen.

'Mul': Keine Einschränkungen.

'Neg': Keine Einschränkungen.

'Pow': Der Exponent muss eine skalarer konstanter Input oder Initializer sein.

'Reciprocal': Keine Einschränkungen.

'ReduceL2':
- Attribut *'noop_with_empty_axes'*: Das Attribut ist optional. Der Wert muss *0* sein.
- Attribut *'keepdims'*: Das Attribut ist optional. Der Wert muss *1* sein.
- Attribut *'axes'*: Das Attribut ist optional. Wenn leer, alle Dimensionen reduzieren. In den neuen Opset-Versionen wurde das Attribut *'axes'* zu den Inputs verschoben.

'ReduceMax': Es gelten folgende Einschränkungen:

- Attribut *'axes'*: Der Wert muss *1* sein.
- Attribut *'keepdims'*: Der Wert muss *1* sein.

'ReduceSum':
- Attribut *'noop_with_empty_axes'*: Das Attribut ist optional. Der Wert muss *0* sein.
- Attribut *'keepdims'*: Das Attribut ist optional. Der Wert muss *1* sein.
- Attribut *'axes'*: Das Attribut ist optional. Wenn leer, alle Dimensionen reduzieren. In den neuen Opset-Versionen wurde das Attribut *'axes'* zu den Inputs verschoben.

'Relu': Keine Einschränkungen.

'Resize': Es gelten folgende Einschränkungen:
- Attribut *'mode'*: Nur die Werte *'linear'*, *'bilinear'* oder *'nearest'* sind erlaubt.
- Attribut *'coordinate_transformation_mode'*: Nur die Werte *'pytorch_half_pixel'*, *'half_pixel'*, *'align_corners'* und *'asymmetric'* sind erlaubt.
- Inputtensor *'roi'*: Wenn Werte gesetzt sind haben sie keinen Effekt auf die Inferenz.
- Die Attribute *'cubic_coeff_a'*, *'exclude_outside'*, *'extrapolation_value'*, oder *'nearest_mode'* haben keinen Effekt.

'Reshape': Es gelten folgende Einschränkungen:
- Attribut *'allowzero'*: Wenn das Attribut verwendet wird, dann muss dessen Wert *0* sein.

'Round': Keine Einschränkungen.

'Sigmoid': Keine Einschränkungen.

'Sin': Keine Einschränkungen.

'Sinh': Keine Einschränkungen.

'Slice': Keine Einschränkungen.

'Softmax': Es gelten folgende Einschränkungen:
- Attribut *'axis'*:
  - OpSetVersion < 13: Der Wert muss *1* sein und die Breite und Höhe der Eingabe muss jeweils 1 sein, oder der Wert muss *3* sein.
  - OpSetVersion >= 13: Keine Einschränkungen.

'Softplus': Keine Einschränkungen.

'Softsign': Keine Einschränkungen.

'Split': Keine Einschränkungen.

'Sqrt': Keine Einschränkungen.

'Sub': Keine Einschränkungen.

'Sum': Keine Einschränkungen.

'Swish': Keine Einschränkungen.

'Tan': Keine Einschränkungen.

'Tanh': Keine Einschränkungen.

'ThresholdedRelu': Keine Einschränkungen.

'Transpose': Keine Einschränkungen.

Außerdem wird das ONNX Modellattribut `'metadata_props'` unterstützt. Dieses wird im Modellparameter *'meta_data'* gespeichert.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Dateiname
Default: 'pretrained_dl_classifier_compact.hdl'
Werteliste: `FileName` ∈ {'initial_dl_anomaly_large.hdl', 'initial_dl_anomaly_medium.hdl', 'pretrained_deep_ocr_detection.hdl', 'pretrained_deep_ocr_detection_compact.hdl', 'pretrained_deep_ocr_recognition.hdl', 'pretrained_deep_ocr_recognition_compact.hdl', 'pretrained_dl_3d_gripping_point.hdl', 'pretrained_dl_classifier_alexnet.hdl', 'pretrained_dl_classifier_compact.hdl', 'pretrained_dl_classifier_enhanced.hdl', 'pretrained_dl_classifier_resnet18.hdl', 'pretrained_dl_classifier_resnet50.hdl', 'pretrained_dl_classifier_mobilenet_v2.hdl', 'pretrained_dl_classifier_mobilenet_v4_small.hdl', 'pretrained_dl_classifier_mobilenet_v4_medium.hdl', 'pretrained_dl_classifier_mobilenet_v4_large.hdl', 'pretrained_dl_anomaly_global_context.hdl', 'pretrained_dl_segmentation_compact.hdl', 'pretrained_dl_segmentation_enhanced.hdl', 'pretrained_dl_edge_extractor.hdl'}
Dateiendung: `.hdl`, `.onnx`

▷ **DLModelHandle** (output_control) ..... dl_model ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_dl_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`set_dl_model_param`, `get_dl_model_param`, `apply_dl_model`, `train_dl_model_batch`, `train_dl_model_anomaly_dataset`

Alternativen

`create_dl_model_detection`

Literatur

Open Neural Network Exchange (ONNX), https://onnx.ai/

Modul

Foundation. Dieser Operator verwendet dynamische Lizenzierung (siehe 'Installation Guide'). Welches der folgenden Module benötigt wird hängt von der Anwendung des Operators ab:
3D Metrology, OCR/OCV, Matching, Deep Learning Enhanced, Deep Learning Professional

serialize_dl_model (: : DLModelHandle : SerializedItemHandle)

Serialisiert ein Deep Learning-Modell.

Der Operator `serialize_dl_model` serialisiert ein durch das Handle `SerializedItemHandle` definiertes Deep Learning-Modell. Das serialisierte Modell wird vom Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und kann durch `deserialize_dl_model` deserialisiert werden. Siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung zum Grundprinzip von Serialisierung.

Der Operator verhält sich wie `write_dl_model` mit dem Unterschied, dass keine Datei, sondern ein serialisiertes Element als Ausgabe generiert wird.

Für eine detailliertere Beschreibung sei auf die Dokumentation des Operators `write_dl_model` verwiesen.

Für weitere Informationen zu Deep Learning-Modellen in HALCON siehe das Kapitel Deep Learning / Modell.

Parameter

▷ **DLModelHandle** (input_control) ..... dl_model ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-Modells.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_dl_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

train_dl_model_batch, train_dl_model_anomaly_dataset

Nachfolger

train_dl_model_batch, train_dl_model_anomaly_dataset, fwrite_serialized_item, send_serialized_item

Siehe auch

deserialize_dl_model, apply_dl_model, train_dl_model_batch, train_dl_model_anomaly_dataset

Modul

Foundation. Dieser Operator verwendet dynamische Lizenzierung (siehe 'Installation Guide'). Welches der folgenden Module benötigt wird hängt von der Anwendung des Operators ab:
3D Metrology, OCR/OCV, Matching, Deep Learning Enhanced, Deep Learning Professional

set_dl_model_param (: : DLModelHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen der Parameter des Deep Learning-basierten Models.

set_dl_model_param setzt die Parameter und Hyperparameter GenParamName des Deep Learning-Modells DLModelHandle auf die Werte in GenParamValue.

Die Werte, die GenParamName annehmen kann, hängen vom Modelltyp ab: Es gibt Parameter, die für jedes Deep Learning-Modell gesetzt werden können, während andere nur für spezielle Modelle gesetzt werden können. Eine Beschreibung der spezifischen Parameter, deren Werte nur gesetzt aber nicht abgefragt werden können, ist weiter unten gegeben. Für alle anderen Parameter ist die spezifische Beschreibung in get_dl_model_param zu finden. In get_dl_model_param wird zudem ein Überblick darüber gegeben, für welche Modelltypen Parameter gesetzt und welche Operatoren dafür genutzt werden können.

Im Folgenden werden die Parameter aufgelistet, die mit set_dl_model_param gesetzt werden können. Dabei bezeichnen die folgenden Symbole den Modelltypen, für welchen der Parameter einflussreich gesetzt werden kann.

- 'Any': Jede Methode
- '3D-GPD': *'type'='3d_gripping_point_detection'*
- '3D-PE': *'type'='3d_pose_estimation'*
- 'AD': *'type'='anomaly_detection'*
- 'CL': *'type'='classification'*
- 'MLC': *'type'='multi_label_classification'*
- 'DC': *'type'='counting'*
- 'OCR-D': *'type'='ocr_detection'*
- 'OCR-R': *'type'='ocr_recognition'*
- 'GC-AD': *'type'='gc_anomaly_detection'*
- 'OD': *'type'='detection'*
- 'SE': *'type'='segmentation'*
- 'Gen': *'type'='generic'*

'adam_beta1': **3D-GPD 3D-PE CL OCR-D OCR-R GC-AD OD SE Gen**
Moment für den linearen Term im Adam Solver. Nur verfügbar für *'solver_type' = 'adam'*.

'adam_beta2': **3D-GPD 3D-PE CL OCR-D OCR-R GC-AD OD SE Gen**
Moment für den quadratischen Term im Adam Solver. Nur verfügbar für *'solver_type' = 'adam'*.

'adam_epsilon': **3D-GPD 3D-PE CL OCR-D OCR-R GC-AD OD SE Gen**
Epsilon für die numerische Stabilität im Adam Solver. Nur verfügbar für *'solver_type' = 'adam'*.

'alignment': **OCR-R**

'alignment_available': **OCR-R**

'alphabet': **OCR-R**

'alphabet_internal': **OCR-R**

'alphabet_mapping': **OCR-R**

'anomaly_score_tolerance': **GC-AD**

'backbone_docking_layers': **CL**

Die Spezifikation der Docking Layer kann bei jedem Klassifikator erfolgen, auch ohne dass diese als Backbone eingelesen werden. Berücksichtigt wird diese Angabe jedoch nur für Backbones der Objektdetektion.

'batch_size': **Any**

'batch_size_multiplier': **3D-GPD 3D-PE CL MLC OCR-D OCR-R GC-AD OD SE Gen**

'batchnorm_momentum': **Any außer DC**

Wird diese Operation aufgerufen, so wird das Momentum aller Batchnormalisierungs-Layer des Netzwerks gesetzt. Die setztbaren Werte sind die gleichen, wie in `create_dl_layer_batch_normalization` für den Parameter `Momentum` beschrieben.

Falls das Netzwerk keinen solchen Layer hat, wird nichts getan und die Operation als erfolgreich betrachtet.

'bbox_heads_weight', *'class_heads_weight'*: **OD**

'class_ids': **3D-GPD MLC OD SE**

'class_names': **CL MLC OD SE**

'class_weights': **CL**

'complexity': **AD**

'device': **Any**

'enable_resizing': **Any außer DC**

Wird diese Operation aufgerufen, so werden gewisse Pooling-Layer des Netzwerks umgewandelt. Genauer gesagt werden alle nicht-globalen Pooling-Layer deren Ausgabe-Merkmalskarten mit Größe 1x1 in globale Pooling-Layer umgewandelt. So wird z.B. ein 'average pooling' (Vereinigung durch Mittelwert) in ein 'global average pooling' umgewandelt. Für weitere Informationen zu Pooling-Layern wird auf den „`Solution Guide on Classification`" verwiesen.

Es gilt zu beachten, ist diese Operation einmal durchgeführt, kann sie nicht mehr rückgängig gemacht werden. Entsprechend ist nur der Wert *'true'* setzbar. Falls das Netzwerk keinen solchen Layer hat, wird nichts getan und die Operation als erfolgreich betrachtet.

'extract_feature_maps': **CL**

'freeze_backbone_level': **OD**

'fuse_bn_relu': **Any außer DC**

Wird diese Operation aufgerufen, werden Layer Paare, bestehend aus einem Batchnormalisierungs-Layer ohne Aktivierung und einem direkt verknüpften Activation-Layer mit Aktivierungsmodus ReLu, fusioniert. Damit dies möglich ist, muss die Ausgabe des Batchnormalisierungs-Layers ausschließlich vom Activation-Layer als Eingabe verwendet werden. Daraus entsteht ein Batchnormalisierungs-Layer mit ReLU-Aktivierung. Weitere Informationen zu Layern und möglichen Modi befinden sich im „`Solution Guide on Classification`".

Es gilt zu beachten, ist diese Operation einmal durchgeführt, kann sie nicht mehr rückgängig gemacht werden. Entsprechend ist nur der Wert *'true'* setzbar. Falls das Netzwerk kein entsprechendes Layer Paar hat, wird nichts getan und die Operation als erfolgreich betrachtet.

Restriktion: Nicht anwendbar auf Leaky ReLU-Layer.

'fuse_conv_bn': **Any außer DC**

Wird diese Operation aufgerufen, werden Layer Paare, bestehend aus einem Faltungs-Layer ohne Aktivierung und einem direkt verknüpften Batchnormalisierungs-Layer, fusioniert. Damit dies möglich ist, muss die Ausgabe des Faltungs-Layers ausschließlich vom Batchnormalisierungs-Layer als Eingabe verwendet werden. Daraus entsteht ein Faltungs-Layer, welcher die gleichen Ergebnisse liefert wie das ursprüngliche Layer Paar. Weitere Informationen zu Layern und möglichen Modi befinden sich im „`Solution Guide on Classification`".

Es gilt zu beachten, ist diese Operation einmal durchgeführt, kann sie nicht mehr rückgängig gemacht werden. Entsprechend ist nur der Wert *'true'* setzbar. Falls das Netzwerk kein entsprechendes Layer Paar hat, wird nichts getan und die Operation als erfolgreich betrachtet.

'fuse_conv_relu': **Any außer DC**

Wird diese Operation aufgerufen, werden Layer Paare, bestehend aus einem Faltungs-Layer ohne Aktivierung und einem direkt verknüpften Activation-Layer mit Aktivierungsmodus ReLu, fusioniert. Damit dies möglich ist, muss die Ausgabe des Faltungs-Layers ausschließlich vom Activation-Layer als Eingabe verwendet werden. Daraus entsteht ein Faltungs-Layer mit ReLU-Aktivierung. Weitere Informationen zu Layern und möglichen Modi befinden sich im „`Solution Guide on Classification`".

Es gilt zu beachten, ist diese Operation einmal durchgeführt, kann sie nicht mehr rückgängig gemacht werden. Entsprechend ist nur der Wert *'true'* setzbar. Falls das Netzwerk kein entsprechendes Layer Paar hat, wird nichts getan und die Operation als erfolgreich betrachtet.

Restriktion: Nicht anwendbar auf Leaky ReLU-Layer.

'gc_anomaly_networks': **GC-AD**

'gpu': **Any**

'ignore_class_ids': **SE**

'image_dimensions': **3D-GPD AD CL MLC OCR-D OCR-R GC-AD SE**

'image_height', *'image_width'*: **3D-GPD AD CL MLC OCR-D OCR-R GC-AD SE**

'image_num_channels': **AD CL MLC OCR-D OCR-R GC-AD SE**

'image_range_max', *'image_range_min'*: **3D-GPD OCR-D OCR-R SE**

'image_size': **3D-GPD AD CL MLC OCR-D OCR-R GC-AD SE**

'input_dimensions': **AD CL MLC OCR-D OCR-R SE Gen**

'learning_rate': **3D-GPD 3D-PE CL MLC OCR-D OCR-R GC-AD OD SE Gen**

'mask_head_weight': **OD**

Dieser Parameter ist nur verfügbar für Modelle mit *'instance_segmentation'='true'*.

'max_gradient_norm': **Any**

'max_num_detections': **OD**

'max_overlap': **OD**

'max_overlap_class_agnostic': **OD**

'meta_data': **Any**

'min_character_score': **OCR-D**

'min_confidence': **MLC OD**

'min_link_score': **OCR-D**

'min_word_area': **OCR-D**

'min_word_score': **OCR-D**

'momentum': **3D-GPD 3D-PE CL MLC OCR-D OCR-R GC-AD OD SE Gen**

Momentum für den SGD Solver.

Restriktion: Nur verfügbar für *'solver_type'* = *'sgd'*.

'ood_threshold': **CL**

'optimize_for_inference': **3D-GPD 3D-PE MLC CL OCR-D OCR-R GC-AD OD SE Gen**

'orientation': **OCR-D**

'patch_size': **GC-AD**

'runtime': **Any**

'runtime_init': **Any außer DC**

Wird *'runtime_init'* auf *'immediately'* gesetzt wird der GPU-Speicher initialisiert und das entsprechende Handle erzeugt. Andernfalls passiert das sobald es notwendig ist, was zu signifikant längeren Laufzeiten beim ersten Aufruf von `apply_dl_model` oder `train_dl_model_batch` führen kann.

Wird die Netzwerkarchitektur nachträglich geändert, wird der GPU-Speicher reinitialisiert. Das kann zum Beispiel auftreten wenn *'batch_size'*, *'image_dimensions'* oder *'input_dimensions'* durch nachträgliches Aufrufen von `set_dl_model_param` geändert werden.

Zu beachten ist, dass dieser Parameter keine Auswirkungen hat, wenn:

- Eine CPU genutzt wird, also falls *'runtime'* auf *'cpu'* gesetzt ist.

- Eine AI^2-Schnittstelle genutzt wird.
- Die Hardware-Einheit vorher mit *'device'* gesetzt wurde.

'solver_type': **3D-GPD 3D-PE CL MLC OCR-D OCR-R GC-AD OD SE Gen**

'standard_deviation_factor': **AD**

'tiling': **OCR-D**

'tiling_overlap': **OCR-D**

'type': **Gen**

Dieser Parameter gibt den HALCON-spezifischen Modelltypen an.

Modelle des Typs *'generic'* können sämtliche Modell-Funktionen erfüllen. Jedoch sind mehrere Deep-Learning-Prozeduren auf einen spezifischen *'type'* angewiesen. Der *'type'* kann von *'generic'* auf folgende Werte gesetzt werden:

- *'classification'*
- *'segmentation'*
- *'detection'*

Beim Setzen des *'type'* wird überprüft, ob alle für Inferenz und Training erforderlichen Layer vorhanden sind. Für *'detection'* muss das Modell einen BoxProposals-Layer haben. Für andere Werte von *'type'* werden fehlende notwendige Layer wenn möglich hinzugefügt.

'weight_decay': **3D-GPD 3D-PE CL OCR-D OCR-R GC-AD OD SE Gen**

'weight_prior': **3D-GPD 3D-PE CL OCR-D OCR-R GC-AD OD SE Gen**

Achtung

Systemvoraussetzungen: cuDNN und cuBLAS sind notwendig, um *'gpu'* Parameter zu setzen, d.h. um den Parameter `GenParamName` *'runtime'* auf *'gpu'* zu setzen. Für weitere Details siehe „`Installation Guide`“, Abschnitt „Requirements for Deep Learning and Deep-Learning-Based Methods“.

Parameter

▷ **`DLModelHandle`** (input_control) . . . . . dl_model ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-basierten Modells.

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: 'batch_size'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'adam_beta1', 'adam_beta2', 'adam_epsilon', 'alignment', 'alphabet', 'alphabet_internal', 'alphabet_mapping', 'anchor_aspect_ratios', 'anchor_num_subscales', 'anchor_angles', 'anomaly_score_tolerance', 'backbone', 'backbone_docking_layers', 'batch_size', 'batch_size_multiplier', 'batchnorm_momentum', 'bbox_heads_weight', 'capacity', 'class_heads_weight', 'class_ids', 'class_names', 'class_weights', 'complexity', 'device', 'enable_resizing', 'extract_feature_maps', 'freeze_backbone_level', 'fuse_bn_relu', 'fuse_conv_bn', 'fuse_conv_relu', 'gc_anomaly_networks', 'gpu', 'ignore_class_ids', 'ignore_direction', 'image_dimensions', 'image_height', 'image_num_channels', 'image_range_max', 'image_range_min', 'image_size', 'image_width', 'input_dimensions', 'instance_type', 'learning_rate', 'mask_head_weight', 'max_gradient_norm', 'max_level', 'max_num_detections', 'max_overlap', 'max_overlap_class_agnostic', 'meta_data', 'min_character_score', 'min_confidence', 'min_level', 'min_link_score', 'min_word_area', 'min_word_score', 'momentum', 'num_classes', 'orientation', 'ood_threshold', 'optimize_for_inference', 'patch_size', 'runtime', 'runtime_init', 'solver_type', 'standard_deviation_factor', 'sort_by_line', 'summary', 'tiling', 'tiling_overlap', 'type', 'weight_decay', 'weight_prior'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *integer* / string / real
Wert des generischen Parameters.
Default: 1
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {1, 2, 3, 50, [80,60], 80, 60, 0.001, -127, 128, 'adam', 'cpu', 'gpu', 'immediately', 'sgd'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_dl_model_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_dl_model, get_dl_model_param

Nachfolger

get_dl_model_param, apply_dl_model, train_dl_model_batch, train_dl_model_anomaly_dataset

Siehe auch

get_dl_model_param

Modul

Foundation. Dieser Operator verwendet dynamische Lizenzierung (siehe 'Installation Guide'). Welches der folgenden Module benötigt wird hängt von der Anwendung des Operators ab:
3D Metrology, OCR/OCV, Matching, Deep Learning Enhanced, Deep Learning Professional

set_dl_pruning_param (: : DLPruningHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen der Parameter in einem Pruning Handle.

set_dl_pruning_param setzt den Parameter GenParamName im Pruning Handle DLPruningHandle auf den Wert GenParamValue.

Eine Übersicht sowie eine Beschreibung der setzbaren Parameter ist in get_dl_pruning_param gegeben.

Parameter

▷ **DLPruningHandle** (input_control) . . . . . dl_pruning ⇝ *handle*
Handle mit den Pruning-Daten.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: 'percentage'
Werteliste: GenParamName ∈ {'mode', 'percentage'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *real* / string / integer
Wert des generischen Parameters.
Default: 10
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'oracle', 10, 20, 30, 40, 50}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert set_dl_pruning_param den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_dl_pruning, get_dl_pruning_param

Siehe auch

get_dl_pruning_param

Modul

Deep Learning Professional

train_dl_model_batch (: : DLModelHandle, DLSampleBatch : DLTrainResult)

Trainieren eines Deep Learning-Modells.

Der Operator train_dl_model_batch führt einen Trainingsschritt des in DLModelHandle enthaltenen Deep Learning-Modells aus. Die aktuellen Zielfunktionswerte werden im Dictionary DLTrainResult zurückgegeben.

Für DLModelHandle sind alle Modelltypen außer *'anomaly_detection'* und *'counting'* zulässig. Zum Training von Modellen zur Anomalieerkennung siehe train_dl_model_anomaly_dataset.

Ein Trainingsschritt bedeutet hier das einmalige Aktualisieren der Gewichte, basierend auf dem Batch mit Bildern, der in DLSampleBatch gegeben ist. Die Optimierungsalgorithmen, die benutzt werden können, werden im Abschnitt „Weitere Informationen zu den Algorithmen“ weiter unten genauer erklärt. Für weitere Informationen zum Trainieren eines Netzwerks, siehe Unterkapitel „Das Netzwerk und der Trainingsprozess“ im Kapitel Deep Learning.

Um ein Modell erfolgreich zu trainieren, müssen die verwendbaren Hyperparameter gesetzt und die Trainingsdaten den Modellanforderungen entsprechend übergeben werden. Für Informationen zu den Hyperparameter wird auf das Kapitel des jeweiligen Modells sowie das allgemeine Kapitel Deep Learning verwiesen. Die Trainingsdaten bestehen aus Bildern und den zugehörigen Informationen. Dieser Operator erwartet einen Batch an Trainingsdaten, übergeben durch ein Tupel von Dictionarys DLSampleBatch. Ein solches DLSample Dictionary wird aus DLDataset für jedes einzelne Bild erzeugt, z.B. durch die Prozedur gen_dl_samples. Siehe das Kapitel Deep Learning / Modell für weitere Informationen zu den verwendeten Dictionarys und deren Schlüssel.

Die Anzahl an Bildern in einem DLSampleBatch Tupel muss einem Vielfachen der *'batch_size'* entsprechen. Insbesondere auf der GPU wird der Parameter *'batch_size'* durch die Menge vorhandenen Speichers limitiert. Um mehr Bilder in einem Trainingsschritt verarbeiten zu können, kann der Modellparameter *'batch_size_multiplier'* auf einen Wert größer 1 gesetzt werden. Die Anzahl der DLSample Dictionarys, die dem Trainings-Operator übergeben werden, beträgt *'batch_size'* mal *'batch_size_multiplier'*. Dabei sei angemerkt, dass ein Trainingsschritt auf einem Batch mit einem *'batch_size_multiplier'* größer 1 eine Approximation eines Trainingsschrittes ist, der auf dem gleichen Batch, aber mit einem *'batch_size_multiplier'* von 1 und einer entsprechend größeren *'batch_size'* berechnet wurde. Beispielsweise kann man Unterschiede erwarten zwischen Werten, die mit einer *'batch_size'* von 4 und *'batch_size_multiplier'* von 2 berechnet wurden, und Werten, die mit einer *'batch_size'* von 8 und *'batch_size_multiplier'* von 1 berechnet wurden, obwohl in beiden Fällen mit der gleichen Anzahl an DLSample Dictionarys gearbeitet wurde. Allerdings liefert diese Approximation im Allgemeinen vergleichbar gute Ergebnisse, so dass sie verwendet werden kann, wenn man mit mehr DLSample Dictionarys trainieren möchte als der Speicher der GPU erlaubt. In seltenen Fällen kann es vorkommen, dass die Approximation mit einer *'batch_size'* von 1 und einem entsprechend großen *'batch_size_multiplier'* nicht die erwartete Performance zeigt. Das Problem kann in den meisten Fällen gelöst werden, indem die *'batch_size'* auf einen Wert größer 1 gesetzt wird.

Im Ausgabe-Dictionary DLTrainResult befinden sich der aktuelle Wert der Gesamt-Zielfunktion unter dem Schlüssel total_loss sowie die Werte aller weiteren im Modell enthaltenen Zielfunktionen.

Für Modelle mit *'type'* = *'detection'* sind dies z.B. die Zielfunktionen der Heads aller ausgewählten Ebenen, namentlich der 'Huber Loss' für die Heads zur Bestimmung der Umschließenden Rechtecke und der 'Focal Loss' für die Heads zur Klassifizierung (siehe auch Deep Learning / Objektdetektion und Instanz-Segmentierung sowie *'max_level'* und *'min_level'* in get_dl_model_param).

Für Modelle, die aus einem Deep 3D Matching-Modell abgerufen wurden, mit *'type'* = *'detection'* oder *'type'* = *'3d_pose_estimation'*, werden die (typischerweise synthetisch erstellten) Trainingsdaten automatisch augmentiert.

Für Modelle mit *'type'* = *'3d_pose_estimation'* kann das Training beschleunigt werden, wenn OpenGL 2.1, GLSL 1.2, und die OpenGL Extensions GL_EXT_framebuffer_object und GL_EXT_framebuffer_blit verfügbar sind.

Weitere Informationen zu den Algorithmen

Ein nichtlinearer Optimierungsalgorithmus wird während des Trainings angewendet, mit dem Ziel den Wert der Gesamt-Zielfunktion zu minimieren. Diese wird basierend auf den Vorhersagen des Neuronalen Netzwerks zum aktuellen Batch von Bildern bestimmt.

In HALCON stehen zwei Optimierungsalgorithmen, der SGD (stochastic gradient descent) und Adam (adaptive moment estimation), zur Verfügung.

SGD: SGD aktualisiert die Gewichte der Layer vorhergehender Iterationen $t-1$, w_{t-1}, auf die neuen Werte w_t in Iteration t wie folgt:

$$\begin{aligned} v_t &= \mu v_{t-1} - \lambda \nabla_w L \\ w_t &= w_{t-1} + v_t. \end{aligned}$$

Hierbei ist λ die Lernrate, μ das Momentum, L die Gesamt-Zielfunktion und $\nabla_w L$ der Gradient der Gesamt-Zielfunktion bezüglich der Gewichte. Die Variable v_t wird genutzt um den Einfluss des Momentums μ miteinzubeziehen.

`Adam`: Wie der SGD aktualisiert Adam die Gewichte der Layer aus der vorherigen Iteration, verfügt aber über eine adaptive Moment-Schätzung, wodurch automatisch eine Skalierung für die Lernrate geschätzt wird, um zu bestimmen, wie schnell sich der Solver auf ein Minimum zubewegt. Die geschätzten Momente sind die ersten beiden Momente der Gradienten der Gewichte, d. h. der Mittelwert und die unzentrierte Varianz. Um die Momente zu schätzen nutzt Adam exponentielle laufende Durchschnitte m_t und v_t, berechnet auf dem Gradient eines Mini-Batches. Dies resultiert in folgender Formel:

$$\begin{aligned} m_t &= \beta_1 m_{t-1} + (1-\beta_1) g_t \\ v_t &= \beta_2 v_{t-1} + (1-\beta_2) g_t^2. \end{aligned}$$

g ist der Gewichts-Gradient des aktuellen Mini-Batches, β_1 ist das Moment für den linearen Term, und β_2 ist das Moment für den quadratischen Term des Adam Solvers. Außerdem hat Adam sogenannte Bias-Korrektoren $\hat{m}_t$ und $\hat{v}_t$. Diese werden wie folgt berechnet:

$$\begin{aligned} \hat{m}_t &= \frac{m_t}{1-\beta_1^t} \\ \hat{v}_t &= \frac{v_t}{1-\beta_2^t}. \end{aligned}$$

Als letzten Schritt werden die laufenden Durchschnitte benutzt um die Lernraten für jeden Parameter individuell zu berechnen. Daraus resultiert mit w_t als die Modell-Gewichte und λ als die Lernrate folgende Formel, um die Gewichte zu aktualisieren:

$$w_t = w_{t-1} - \lambda \frac{\hat{m}_t}{\sqrt{\hat{v}_t} + \epsilon}.$$

ϵ ist hierbei der Parameter, der eine numerische Stabilität sicherstellt. Für eine detailliertere Beschreibung verweisen wir auf das referenzierte Paper.

Die unterschiedlichen Modelle haben verschiedene Zielfunktionen implementiert, welche aufsummiert werden. Dazu kommt der Regularisierungsterm $E_\alpha(w)$, welcher insbesondere größere Gewichte bestraft, und zusammen ergeben sie die Gesamt-Zielfunktion.

Die verschiedenen Arten von Zielfunktionen (englisch 'loss') sind:

`Huber Loss` (Modell mit *'type'='detection'*): Der gesamte 'Huber Loss' bildet sich aus der Summe der Beiträge aller Variablen der umschließenden Rechtecke für jede gefundene Instanz des Batches. Der Beitrag einer einzelnen Variable ist wie folgt definiert:

$$L_{Huber}(x) = \begin{cases} 0.5x^2/\beta & \text{falls } |x| < \beta \\ |x| - 0.5\beta & \text{sonst} \end{cases}.$$

Dabei ist x eine Variable des umschließenden Rechtecks und β ein Parameter, der auf den Wert 0.11 festgelegt ist.

Wir verweisen für mehr Informationen auf `create_dl_layer_loss_huber`.

`Focal Loss` (Modell mit *'type'='detection'*): Der 'Focal Loss' bildet sich aus der Summe der Beiträge für jede gefundene Instanz des Batches. Der Beitrag ist für eine einzelne Instanz wie folgt definiert:

$$L_{focal}(p) = -\sum_{c=0}^{C-1} \alpha_t^c \left(1 - p_t^c\right)^\gamma \log\left(p_t^c\right),$$

wobei γ ein Parameter ist, der auf den Wert 2 festgelegt ist. α^c steht für das klassenspezifische Gewicht ('class_weights') der c-ten Klasse steht und p_t, α_t definiert sind als

$$p_t := \begin{cases} p & \text{falls } y = 1 \\ 1-p & \text{sonst} \end{cases}, \quad \text{und} \quad \alpha_t := \begin{cases} \alpha & \text{falls } y = 1 \\ 1-\alpha & \text{sonst} \end{cases}.$$

Hierbei ist $p = (p^0, \ldots, p^{C-1})$ ein Tupel der vom Modell geschätzten Wahrscheinlichkeiten für jede der C-vielen Klassen und y_c ein One-Hot-kodierter Zielvektor, der die Klasse der Annotation kodiert.

Wir verweisen für mehr Informationen auf `create_dl_layer_loss_focal`.

`Multinomial Logistic Loss` (Modell mit *'type'='classification'*, *'segmentation'*): Der 'Multinomial Logistic Loss' ist auch als 'Cross Entropy Loss' bekannt. Definiert ist der 'Multinomial Logistic Loss' wie folgt:

$$L_{mn}\big(f(x,w)\big) = -\frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} \alpha(y_n)\langle y_n, \log\big(f(x_n,w)\big)\rangle$$

Hierbei steht $f(x,w)$ für das vorhergesagte Ergebnis, welches von den Gewichten des Netzwerks w und dem Eingabe-Batch x abhängt. y_n ist ein One-Hot-kodierter Zielvektor, der das Label des n-ten Bildes x_n des Batches x mit N-vielen Bildern kodiert und $\log(f(x_n,w))$ soll als Vektor verstanden werden, sodass $\log$ auf jede Komponente von $f(x_n,w)$ angewendet wird. Der Wert $\alpha(y_n)$ ist eine Gewichtung für die durch y_n gegebene Klasse. Die Gewichtung entspricht dem durch 'class_weights' gesetzten Wert und wird zusätzlich durch die Summe der Gewichte aller Klassen normiert.

Wir verweisen für mehr Informationen auf `create_dl_layer_loss_cross_entropy`.

Der Regularisierungsterm $E_\alpha(w)$ ist eine gewichtete l^2-Norm, die alle K Gewichte, mit Ausnahme der Bias-Werte, miteinbezieht. Sein Einfluss kann durch α kontrolliert werden. Letzteres steht für den Hyperparameter *'weight_prior'*, der mit `set_dl_model_param` gesetzt werden kann.

$$E_\alpha(w) = \frac{\alpha}{2}\sum_{k=0}^{K-1} |w_k|^2$$

Der Index k läuft hierbei über alle Gewichte des Netzwerks, mit der Ausnahme von Bias-Termen. Diese werden nicht regularisiert. Der Regularisierungsterm $E_\alpha(w)$ schiebt die Gewichte gegen Null und bestraft damit insbesondere größere Gewichte, was effektiv die Komplexität des Modells verringert.

Alternativ kann ein entkoppelter Weight Decay Mechanismus verwendet werden, um den Betrag der Gewichte zu beschränken. Dieser kann über den Hyperparameter *'weight_decay'* gesteuert werden, der mit `set_dl_model_param` gesetzt werden kann. Der Weight Decay aktualisiert die Gewichte der Layer aus der vorherigen Iteration $t-1$, w_{t-1}, auf die neuen Werte w_t in Iteration t wie folgt:

$$w_t = w_{t-1} - \alpha\lambda w_{t-1}$$

Hierbei ist λ die Lernrate und α der Weight Decay Parameter. Die Aktualisierung der Gewichte durch den Weight Decay geschieht nach der Gradientenberechnung, aber vor der Aktualisierung der Gewichte durch den Solver. Weight Decay wird bei Verwendung des Adam-Optimierers typischerweise gegenüber der L2-Regularisierung bevorzugt, in diesem Fall spricht man von AdamW.

Achtung

Der Operator `train_dl_model_batch` basiert auf Algorithmen, die in manchen Fällen nicht deterministisch sind. Daher können Ergebnisse von mehreren Aufrufen von `train_dl_model_batch` trotz gleicher Eingabewerte leicht voneinander abweichen. Durch Setzen des Parameters *'cudnn_deterministic'* von `set_system` kann dies beeinflusst werden.

Systemvoraussetzungen: Die CPU-Implementierung dieses Operators unterstützt nur spezifische Plattformen. Um diesen Operator auf der GPU auszuführen, indem *'runtime'* auf *'gpu'* gesetzt ist (siehe `get_dl_model_param`), werden cuDNN und cuBLAS benötigt. Für die konkreten Systemvoraussetzungen wird auf den „`Installation Guide`", Abschnitt „Requirements for Deep Learning and Deep-Learning-Based Methods", verwiesen.

Parameter

▷ **DLModelHandle** (input_control) . . . . . dl_model ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-Modells.

▷ **DLSampleBatch** (input_control) . . . . . dict-array ⇝ *handle*
Tupel von Dictionarys mit Eingabebildern und zugehörigen Informationen.

▷ **DLTrainResult** (output_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Dictionary mit den Trainingsergebnissen.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `train_dl_model_batch` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`read_dl_model`, `set_dl_model_param`, `get_dl_model_param`

Nachfolger

`apply_dl_model`

Siehe auch

`apply_dl_model`

Literatur

D. P. Kingma, J. Ba: "Adam: A method for Stochastic Optimization", 2014, https://arxiv.org/pdf/1412.6980,

I. Loshchilov, F. Hutter: "Decoupled weight decay regularization", 2017, https://arxiv.org/abs/1711.05101

Modul

Foundation. Dieser Operator verwendet dynamische Lizenzierung (siehe 'Installation Guide'). Welches der folgenden Module benötigt wird hängt von der Anwendung des Operators ab:
3D Metrology, OCR/OCV, Deep Learning Professional

write_dl_model (: : DLModelHandle, FileName :)

Abspeichern eines Deep Learning-Modells in eine Datei.

`write_dl_model` speichert das Deep Learning-Modell `DLModelHandle` in der Datei `FileName` ab. Zu beachten ist, dass die Werte der laufzeitspezifischen Parameter *'gpu'*, *'runtime'* und *'runtime_init'* nicht abgespeichert werden.

Die HALCON Standard-Dateiendung eines Deep Learning-Modells ist `'.hdl'`.

Das Modell kann mit `read_dl_model` eingelesen werden.

Für weitere Informationen zu Deep Learning-Modellen in HALCON siehe das Kapitel Deep Learning / Modell.

Parameter

▷ **DLModelHandle** (input_control) . . . . . dl_model ⇝ *handle*
Handle des Deep Learning-Modells.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Dateiname
Dateiendung: `.hdl`

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `write_dl_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_dl_model`, `train_dl_model_batch`, `train_dl_model_anomaly_dataset`, `set_dl_model_param`

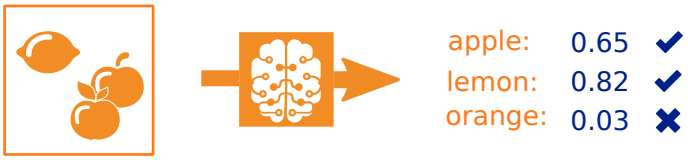
Modul

Foundation. Dieser Operator verwendet dynamische Lizenzierung (siehe 'Installation Guide'). Welches der folgenden Module benötigt wird hängt von der Anwendung des Operators ab:
3D Metrology, OCR/OCV, Matching, Deep Learning Enhanced, Deep Learning Professional

9.6 Multi-Label-Klassifikation

Dieses Kapitel beschreibt, wie Deep Learning-basierte Multi-Label-Klassifikation in der Trainings- und Inferenzphase genutzt wird.

Deep Learning-basierte Multi-Label-Klassifikation ist eine Methode, bei der einem Bild mehrere Konfidenzwerte zugeordnet werden. Diese Konfidenzwerte geben an, wie wahrscheinlich das Bild zu jeder der unterschiedlichen Klassen gehört. Folglich bedeutet Multi-Label-Klassifikation, die Zuordnung mehrerer spezifischer Klassen zu einem Bild. Dies wird im folgenden Schema dargestellt.



Ein mögliches Beispiel zur Multi-Label-Klassifikation in dem das Netzwerk drei Klassen besitzt. Für das Eingabebild werden Konfidenzwerte für jede der drei zu Klassen bestimmt: 'apple' 0.65, 'lemon' 0.82, und 'orange' 0.03. Die besten Vorhersagen sagen uns, das Bild hat die Klassen 'apple' und 'lemon'.

Um Ihre spezifische Aufgabe zu erledigen, also Ihre vorliegenden Daten in die unterschiedlichen Klassen einzuteilen, muss der Klassifikator entsprechend trainiert werden. In HALCON wird eine Technik verwendet, die Transferlernen genannt wird (siehe auch das Kapitel Deep Learning). Dabei werden vortrainierte Netzwerke (Klassifikatoren) zur Verfügung gestellt, welche mit einer riesigen Anzahl gelabelter Bilddaten trainiert wurden. Diese Klassifikatoren wurden trainiert und getestet um industrielle Bildklassifikationsaufgaben gut zu lösen. Ein solcher Klassifikator, der bereits für allgemeine Multi-Label-Klassifikation trainiert wurde, wird nun für die geforderte Aufgabe nachtrainiert. Dafür muss der Klassifikator wissen, welche Klassen unterschieden werden müssen und wie Beispiele dieser Klassen aussehen. Diese Informationen erhält er aus Ihrem Datensatz, d.h. aus Ihren Bildern und den von Ihnen vergebenen Ground Truth Labels, den Ground Truth Klassenzugehörigkeiten. Weitere Informationen zu den Anforderungen an die Daten sind im Abschnitt „Daten“ zu finden.

In HALCON wird die Multi-Label-Klassifikation mit Deep Learning im Rahmen des allgemeineren Deep-Learning-Modells implementiert. Weitere Informationen zu letzterem finden Sie im Kapitel Deep Learning / Modell. Die spezifischen Systemvoraussetzungen zur Anwendung von Deep Learning können im HALCON „`Installation Guide`“ eingesehen werden.

Die folgenden Abschnitte sind Einführungen zum generellen Ablauf einer Multi-Label-Klassifikations-Anwendung mittels Deep Learning, Informationen zu den verwendeten Daten sowie Erklärungen zu den Evaluierungsmaßen.

Genereller Ablauf

Dieser Abschnitt beschreibt den generellen Ablauf einer Multi-Label-Klassifikation mittels Deep Learning. Er ist unterteilt in die fünf Bereiche Erstellen eines Models, Vorverarbeitung des Datensatzes, Trainieren des Modells, Evaluierung des trainierten Modells und Inferenz auf neuen Bildern. Dabei wird angenommen, dass der Datensatz bereits gelabelt ist, siehe den Absatz „Daten“ unten. Das HDevelop Beispiel `dl_multi_label_classification_workflow.hdev` zeigt eine mögliche Anwendung unterteilt in die einzelnen Bereiche.

Erstellen eines Multi-Label-Klassifikationsmodells Dieser Abschnitt befasst sich mit der Erstellung eines Multi-Label-Klassifikationsmodells. Das Modell wird auf Grundlage eines Backbone-Modells erstellt. Die Erstellung kann mit der Prozedur

- `create_dl_model_multi_label_classification`

durchgeführt werden. Dabei wird ein Modell `DLModelHandle` erstellt, wobei das Backbone als Feature Extractor dient, an welchen die notwendigen Layer für das Training hinzugefügt werden. Es ist grundsätzlich möglich, jedes Deep Learning-Modell als Backbone zu verwenden, in der Praxis empfehlen wir je nach Komplexität eines der Klassifikationsmodelle zu verwenden. Für weitere Informationen über das Backbone und welches Modell zu verwenden ist, wird auf die Prozedurendokumentation von `create_dl_model_multi_label_classification` verwiesen.

`create_dl_model_multi_label_classification` verwendet einen Docking Layer, um die notwendigen Layer für die Multi-Label-Klassifikation an den Backbone-Klassifikator anzudocken. Bei vortrainierten Klassifikatoren, die von HALCON zur Verfügung gestellt werden, sind die Docking Layer bereits spezifiziert. Wird ein selbsterstellter Klassifikator als Backbone verwendet, muss der Docking Layer spezifiziert werden.

Nach Erzeugung des Modells, kann dieses mit `write_dl_model` gespeichert und anschließend mit `read_dl_model` eingelesen werden.

Vorverarbeitung des Datensatzes Dieser Abschnitt behandelt die notwendigen Anpassungen des Datensatzes. Die einzelnen Schritte sind im HDevelop Beispiel `dl_multi_label_classification_workflow.hdev` gezeigt.

1. Die Information, was auf einem Bild des Trainings-Datensatzes gefunden werden soll, muss eingelesen und konvertiert werden. Dazu kann die Prozedur

   - `read_dl_dataset_multi_label_classification`

   verwendet werden. Dabei wird ein Dictionary `DLDataset` erstellt, welches als Datenbank dient und alle notwendigen Informationen über die Daten abspeichert. Für mehr Information zu den Daten und wie sie übergeben werden, wird auf den unteren Absatz „Daten“ und das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen.
2. Die Daten von `DLDataset` sollen in drei getrennte Datensätze aufgeteilt werden. Dazu kann die Prozedur

   - `split_dl_dataset`

   verwendet werden. Die resultierende Aufteilung wird für jeden Sample Eintrag von `DLDataset` jeweils über den Schlüssel `split` gespeichert.
3. Der Datensatz kann nun vorverarbeitet werden. Dazu kann die Prozedur

   - `preprocess_dl_dataset`

   verwendet werden. Für die Implementierung einer selbst erstellten Vorverarbeitung kann man sich an dieser Prozedur orientieren.

   Um diese Prozedur zu verwenden, müssen die Vorverarbeitungsparameter wie z.B. die Bildgröße festgelegt werden. Die Parameter und ihre Werte sind im Dictionary `DLPreprocessParam` zu speichern. Zur Erzeugung dieses Dictionarys kann die Prozedur

   - `create_dl_preprocess_param`

   verwendet werden. Es wird empfohlen, dieses Dictionary `DLPreprocessParam` abzuspeichern, um während der späteren Inferenz-Phase Zugang zu den Werten zu haben.

Trainieren des Modells Dieser Abschnitt behandelt das Trainieren des Multi-Label-Klassifikators. Die einzelnen Schritte sind im HDevelop Beispiel `dl_multi_label_classification_workflow.hdev` gezeigt.

1. Setzen der Trainingsparameter und Abspeichern derselben im Dictionary `TrainParam`. Diese Parameter beinhalten:

   - die Hyperparameter. Für eine Übersicht wird auf das Kapitel Deep Learning verwiesen.
   - Parameter zur eventuellen Datenanreicherung (optional).

- Parameter zur Evaluierung während des Trainings.
- Parameter zur Visualisierung von Trainingsergebnissen.
- Parameter zur Serialisierung.

Für dies kann die Prozedur

- `create_dl_train_param`

verwendet werden.

2. Trainieren des Modells. Dafür kann die Prozedur
   - `train_dl_model`

   verwendet werden. Diese Prozedur benötigt:
   - das Handle des Modells, `DLModelHandle`
   - das Dictionary mit den Informationen über den Datensatz, `DLDataset`
   - das Dictionary mit den Trainingsparametern, `TrainParam`
   - die Angabe, über wie viele Epochen trainiert werden soll.

   Wird die Prozedur `train_dl_model` verwendet, werden die Gesamt-Zielfunktion sowie optionale Evaluierungsmaße visualisiert.

Evaluierung des trainierten Modells Dieser Abschnitt behandelt das Evaluieren eines Klassifikators. Die einzelnen Schritte sind im HDevelop Beispiel `dl_multi_label_classification_workflow.hdev` gezeigt.

1. Die Evaluierung kann bequem mit der Prozedur
   - `evaluate_dl_model`

   durchgeführt werden.
2. Das Dictionary `EvaluationResult` enthält die angefragten Evaluierungsmaße. Die Ergebnisse der Evaluierung können mit der Prozedur
   - `dev_display_multi_label_classification_evaluation`

   visualisiert werden.

Inferenz auf neuen Bildern Dieser Abschnitt behandelt die Inferenz auf neuen Bildern durch einen Multi-Label-Klassifikator. Die einzelnen Schritte sind im HDevelop Beispiel `dl_multi_label_classification_workflow.hdev` gezeigt.

1. Setzen der Parameter, wie z.B. *'batch_size'* über den Operator
   - `set_dl_model_param`.
2. Generieren des Dictionarys `DLSample` für jedes zu inferierende Bild. Dafür kann die Prozedur
   - `gen_dl_samples_from_images`

   verwendet werden.
3. Jedes Bild muss auf dieselbe Art und Weise wie die Trainingsbilder vorverarbeitet werden. Es wird empfohlen, dafür die Prozedur
   - `preprocess_dl_samples`

   zu verwenden. Wurde während der Vorverarbeitung das Dictionary `DLPreprocessParam` gespeichert, kann es direkt als Eingabe verwendet werden, um die Parameterwerte festzulegen.
4. Anwenden des Modells über den Operator
   - `apply_dl_model`.
5. Die Resultate können aus dem Dictionary `DLResultBatch` abgerufen werden.

Daten

Es wird zwischen den Daten für Training und Evaluierung versus Daten für Inferenz unterschieden. Letztere bestehen ausschließlich aus Bildern. Für Erstere ist jedoch bereits bekannt zu welchen Klassen die Bilder gehören. Die entsprechenden Informationen werden über die Labels zur Verfügung gestellt.

Ein Grundgedanke der Datenhandhabung: Das Modell interagiert mit den Daten über Dictionarys. Dies bedeutet, das Modell erhält die Eingabedaten über das Dictionary `DLSample` und gibt die Ausgabe über das Dictionary `DLResult`, bzw. `DLTrainResult` zurück. Für weitere Informationen zur Datenhandhabung wird auf das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen.

Daten für das Training und die Evaluierung Der Datensatz besteht aus Bildern und den dazugehörigen Informationen. Damit das Modell diese verarbeiten kann, müssen sie bestimmte Anforderungen erfüllen. Informationen zu den Bildanforderungen finden sich im unteren Abschnitt „Bilder“.

Die Trainingsdaten werden dazu genutzt, ein Netzwerk für eine spezifische Aufgabe zu trainieren. Mit Hilfe dieser Daten kann das Netzwerk lernen, welche Klassen es unterscheiden soll, wie deren Vertreter aussehen und wie es diese findet. Die dafür notwendigen Informationen werden dadurch gegeben, dass für jedes Bild die Klasse jedes Objekts im Bild als Label angegeben wird. Es gibt verschiedene Arten, wie diese Informationen gespeichert und abgerufen werden können. Wie die Daten in HALCON für ein DL Modell vorliegen müssen, wird im Kapitel Deep Learning / Modell erklärt. Kurz gefasst fungiert ein Dictionary `DLDataset` als Datenbank der Informationen, die von den Trainings- und Evaluierungs-Prozeduren benötigt werden.

Sind die Daten bereits für Multi-Label-Klassifikation gelabelt, kann die Prozedur `read_dl_dataset_multi_label_classification` verwendet werden. Sie formatiert die Daten und erstellt ein Dictionary `DLDataset`. Die Prozedur kann auch dazu verwendet werden, um ein `DLDataset` für Multi-Label-Klassifikation aus Objekterkennungs-, Segmentierungs- oder Klassifikationsdaten zu erstellen.

Zum Trainieren eines Multi-Label-Klassifikators wird eine Technik namens Transferlernen verwendet (siehe das Kapitel Deep Learning). Die Anzahl benötigter Bilder ist dabei geringer. Während der Multi-Label-Klassifikator generell verlässlicher ist, wenn er mit einem größeren Datensatz trainiert wurde, hängt die Anzahl benötigter Bilder auch von der Komplexität der Aufgabe ab. Es sollten außerdem genug Trainingsdaten vorliegen um diese in die drei Untermengen aufzuteilen, welche idealerweise von einander unabhängig und gleich verteilt sind (siehe Abschnitt „Daten“ im Kapitel Deep Learning).

Bilder Unabhängig von der Anwendung stellt das Netzwerk Anforderungen an die Bilder, wie z.B. die Bilddimensionen. Die spezifischen Werte hängen vom eingelesen Backbone-Netzwerk selbst ab, für die spezifischen Werte der verschiedenen Backbones siehe die Dokumentation von `read_dl_model`. Für ein eingelesenes Netzwerk können die Werte mit `get_dl_model_param` abgefragt werden. Um diese Anforderungen zu erfüllen, müssen die Bilder eventuell vorverarbeitet werden. Die Standard-Vorverarbeitung für den ganzen Datensatz und damit auch der Bilder kann mit Hilfe der Prozedur `preprocess_dl_dataset` durchgeführt werden, bzw. `preprocess_dl_samples` für ein einzelnes Sample. Für eine selbst erstellte Vorverarbeitung liefert diese Prozedur eine Anleitung für die Implementierung.

Netzwerk Ausgabe Die Netzwerk Ausgabe hängt vom Arbeitsschritt ab:

Training Als Ausgabe gibt der Operator `train_dl_model_batch` für das Modell ein Dictionary `DLTrainResult` mit dem aktuellen Wert der Gesamt-Zielfunktion sowie die Werte aller weiteren im Modell enthaltenen Zielfunktionen zurück.

Inferenz und Evaluierung Als Ausgabe gibt der Operator `apply_dl_model` für das Modell für jedes Bild ein Dictionary `DLResult` zurück. Im Falle der Multi-Label-Klassifikation beinhaltet dieses Dictionary für jedes Bild ein Tupel mit den Konfidenzwerten zu jeder unterschiedenen Klasse in absteigender Reihenfolge, sowie ein Tupel mit den dazugehörigen Klassen-IDs. Weitere Informationen zum Ausgabe-Dictionary können im Kapitel Deep Learning / Modell gefunden werden.

Interpretation der Multi-Label-Klassifikationsergebnisse

Bei der Multi-Label-Klassifikation eines Bildes wird eine Menge von Konfidenzwerten erhalten, welche die Zugehörigkeit des Bildes zu jeder Klasse angibt. Es können außerdem die folgenden Werte berechnet werden.

Precision, Recall, und F-Score Bei der Multi-Label-Klassifikation werden ganze Bilder klassifiziert. Um zu überprüfen, wie gut das trainierte Netz funktioniert, werden Precision und Recall berechnet.

Die Precision ist das Verhältnis aller korrekt vorhergesagten Positivinstanzen zu allen positiv vorhergesagten Instanzen. Es stellt ein Maß dafür dar, wie viele positive Vorhersagen tatsächlich positiv sind.

$$\text{precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}}$$

Der Recall (auch als "True-Positive-Rate"bezeichnet) ist das Verhältnis aller korrekt vorhergesagten Positivinstanzen zu allen Ground Truth Positivinstanzen. Es ist also ein Maß dafür, wie viele tatsächlich positive Instanzen korrekt vorhergesagt wurden.

$$\text{recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}}$$

Ein Klassifikator mit hohem Recall, aber geringer Precision findet die meisten Elemente der Positivinstanzen einer Klasse (also die tatsächlichen Instanzen der Klasse), klassifiziert für diese Klasse allerdings auch viele falsche Instanzen. Ein Klassifikator mit hoher Precision und geringem Recall ist genau das Gegenteil, er klassifiziert nur wenige Instanzen als positiv, die meisten dieser Vorhersagen sind aber korrekt. Ein idealer Klassifikator mit hoher Precision und hohem Recall wird viele Instanzen als positiv mit hoher Genauigkeit klassifizieren.

Um dies mit einer einzigen Zahl auszudrücken, wird der F1-Score berechnet, das harmonische Mittel von Precision und Recall. Dies ist ein Maß für die Genauigkeit des Klassifikators.

$$\text{F1-score} = 2 * \frac{\text{precision} * \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}}$$

Mean Average Precision Mean Average Precision (mAP), und Average Precision (AP) einer Klasse für einen gegebenen Threshold.

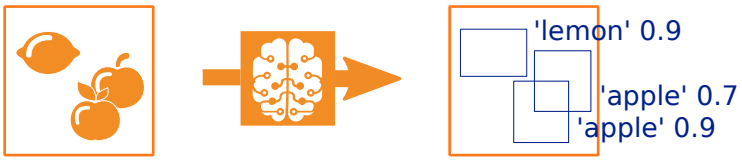
Die Größe AP ist ein Mittelwert maximaler Precision-Werte für verschiedene Recall-Werte. In einfachen Worten besagt dieses Maß, ob die für die Bilder vorhergesagten Klassen weitgehend richtige Vorhersagen sind oder nicht. Dabei erhalten Vorhersagen mit hoher Konfidenz ein höheres Gewicht. Je höher der Wert desto besser.

Als Resultate können folgenden Werte erhalten werden: Die spezifischen AP-Werte, die Mittelung über alle Klassen, die Mittelung über die Schwellenwerte sowie die Mittelung über sowohl alle Klassen als auch die Schwellenwerte. Letzteres ist die Größe mAP, ein Maß zur Bestimmung wie gut die Bilder klassifiziert wurden.

9.7 Objektdetektion und Instanz-Segmentierung

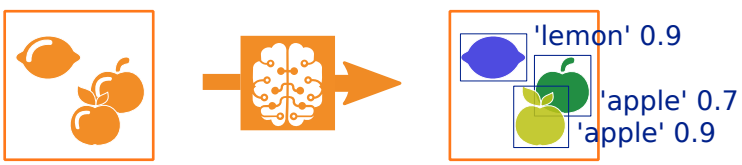
Dieses Kapitel beschreibt, wie Deep Learning-basierte Objektdetektion genutzt wird.

Mit der **Objektdetektion** will man verschiedene Instanzen auf dem Bild finden und einer Klasse zuordnen. Dabei werden auch partiell überlappende Instanzen als eigenständige Instanzen unterschieden. Dies wird im folgenden Schema illustriert.



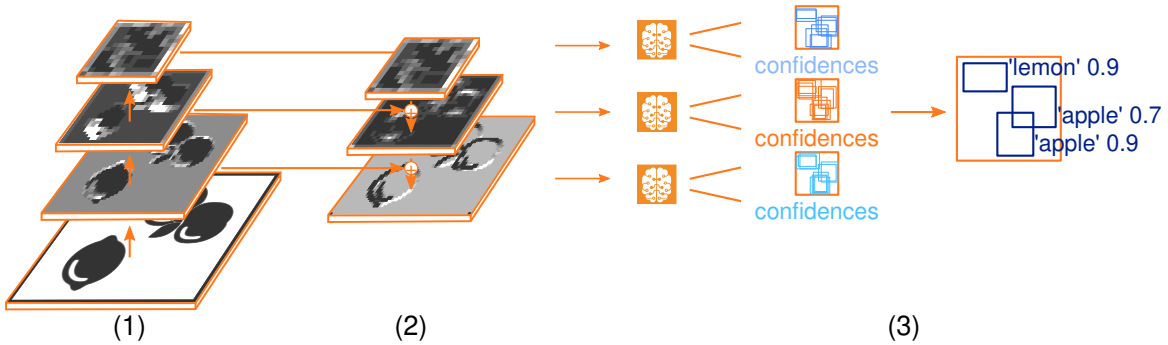
Ein mögliches Beispiel der Objektdetektion: Auf dem Eingabebild werden drei verschiedene Instanzen gefunden und ihrer entsprechenden Klasse zugeordnet.

Instanz-Segmentierung ist ein Spezialfall der Objektdetektion, bei der das Modell zusätzlich auch Masken vorhersagt. Diese Masken markieren die spezifischen Regionen jeder gefundenen Instanz innerhalb des Bildes auf Pixelebene. Dies wird im folgenden Schema illustriert. Generell treffen die Erklärungen zur Objektdetektion auch auf die Instanz-Segmentierung zu. Mögliche Unterschiede werden im entsprechenden Abschnitt erwähnt.



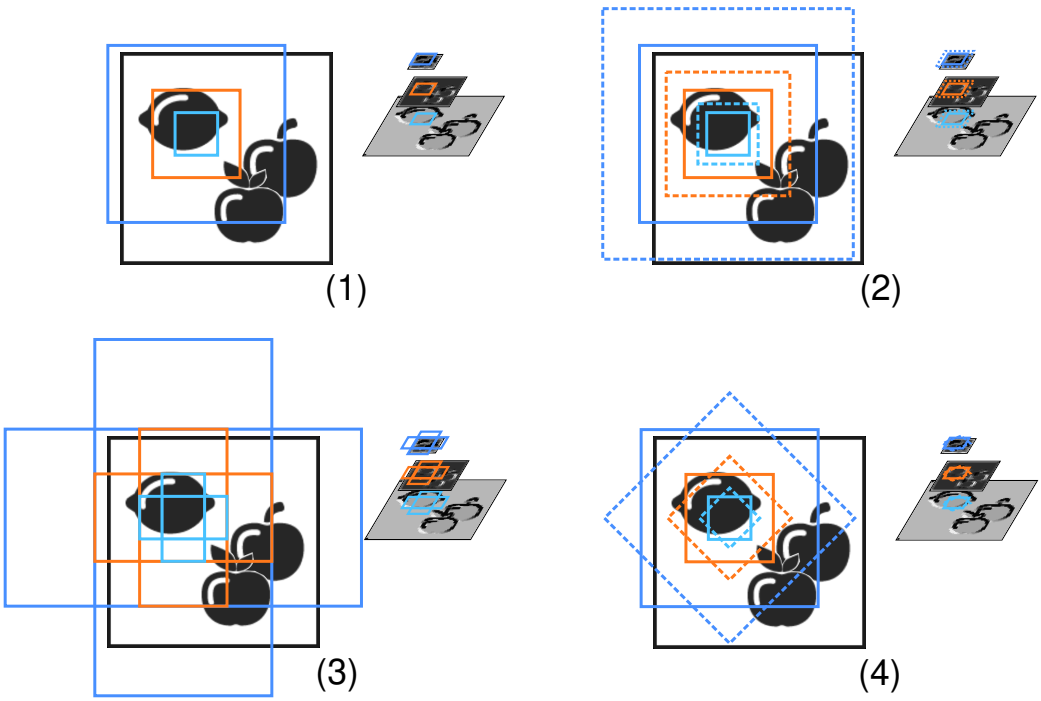
Ein mögliches Beispiel der Instanz-Segmentierung: Innerhalb des Bildes werden drei Instanzen gefunden. Jede Instanz wird einer Klasse zugeordnet und erhält eine Maske, welche die individuelle Region dieser Instanz markiert.

Objektdetektion führt zu zwei verschiedenen Aufgabenstellungen: Die Instanzen finden und sie einer Klasse zuordnen. Zu diesem Zweck wird ein kombiniertes Netzwerk verwendet, welches aus drei Hauptteilen besteht. Der erste Teil, das Backbone, besteht aus einem vortrainierten Netzwerk, welches auch zur Klassifikation verwendet werden kann. Seine Aufgabe ist das Generieren verschiedener Merkmalskarten, weshalb der Klassifikations-Layer entfernt wurde. Diese Merkmalskarten verschlüsseln verschiedenste Informationen auf verschiedenen Größenskalen, abhängig davon wie tief im Netzwerk sie sind, siehe dazu auch das Kapitel Deep Learning. Dabei ordnet man Merkmalskarten gleicher Größe (Breite und Höhe) der gleichen Ebene zu. Im zweiten Teil werden ausgewählte Merkmalskarten miteinander verbunden. Genauer, Backbone-Layers verschiedener Ebenen sind als Docking Layer festgelegt. Ihre Merkmalskarten werden miteinander verbunden. Daraus entstehen neue Merkmalskarten, die sowohl Informationen von tiefer als auch höher liegenden Ebenen beinhalten. Diese Merkmalskarten werden im dritten Teil verwendet. Den zweite Teil nennt man auch Merkmalspyramide und zusammen mit dem ersten Teil bilden sie das Merkmalspyramiden-Netzwerk. Der dritte Teil besteht aus zusätzlichen Netzwerken, den Heads, für jede ausgewählte Ebene. Diese kriegen je eine der Merkmalskarten als Eingabe und lernen, potentielle Objekte zu finden, respektive zu klassifizieren. Zusätzlich beinhaltet dieser dritte Teil auch die Reduktion sich überlappender umschließender Rechtecke. Eine Übersicht zu den drei Teilen ist im folgenden Schema gegeben.



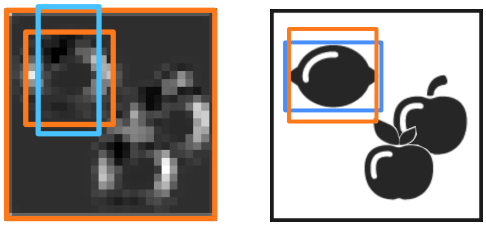
Schematische Übersicht der genannten drei Teile: (1) Das Backbone. (2) Merkmalskarten des Backbones werden miteinander kombiniert, woraus neue Merkmalskarten entstehen. (3) Zusätzliche Netzwerke, die Heads, lernen, potentielle Objekte zu erkennen und zu klassifizieren. Überlappende umschließende Rechtecke werden unterdrückt. Nicht dargestellt: Das zusätzliche Netzwerk im Falle der Instanz-Segmentierung.

Der dritte Teil soll nun genauer betrachtet werden. In der Objektdetektion wird die Stelle einer Instanz im Bild durch ein umschließendes Rechteck angegeben. Somit besteht die erste Aufgabe aus dem Finden eines passenden umschließenden Rechtecks für jede Instanz. Dafür generiert das Netzwerk umschließende Referenzrechtecke und lernt, wie diese anzupassen sind, um bestmöglich zu den Instanzen zu passen. Diese Referenzrechtecke werden Anchors genannt. Je näher die Anchors bereits an die Gestalt der verschiedenen Ground Truth umschließenden Rechtecke kommen, desto einfacher ist es für das Netzwerk die korrekten Formen zu lernen. Zu diesem Zweck generiert das Netzwerk einen Satz Anchors auf jedem Anchor-Punkt, d.h., auf jedem Pixel aller verwendeten Merkmalskarten der Merkmalspyramide. Ein solcher Satz besteht aus jeder möglichen Kombination aus Form, Größe und für den Instanztyp *'rectangle2'* auch Orientierung. Dabei wird die Form über den Parameter *'anchor_aspect_ratios'*, die Größe über den Parameter *'anchor_num_subscales'* und die Orientierung über den Parameter *'anchor_angles'* beeinflusst, siehe die unten folgende Illustration und `get_dl_model_param`. Falls die gewählten Parameter mehrere identische Anchors erzeugen, werden Duplikate vom Netzwerk intern ignoriert.



Schema der Anchors auf der Merkmalskarte (rechts) und dem Eingabebild (links). (1) Anchors werden auf den Merkmalskarten der verschiedenen Ebenen generiert, z.B. die gezeigten Referenzrechtecke (in Hellblau, in Orange und in Dunkelblau). (2) Anchors verschiedener Größen werden generiert durch Setzen von *'anchor_num_subscales'*. (3) Anchors verschiedener Seitenverhältnisse werden generiert durch Setzen von *'aspect_ratios'*. (4) Anchors verschiedener Orientierungen werden generiert durch das Setzen von *'anchor_angles'* (nur für den Instanztyp *'rectangle2'*).

Das Netzwerk sagt die Anpassungen voraus, um aus den Anchors angepasste umschließende Referenzrechtecke zu erhalten, welche besser zu möglichen Instanzen passen. Es lernt dies über seine Heads für die umschließenden Rechtecke, welche die vorgeschlagenen umschließenden Rechtecke mit den Ground Truth umschließenden Rechtecken vergleichen, d.h. mit der Information, wo im Bild sich einzelne Objekte befinden. Eine Illustration ist unten gegeben.



(1) (2)

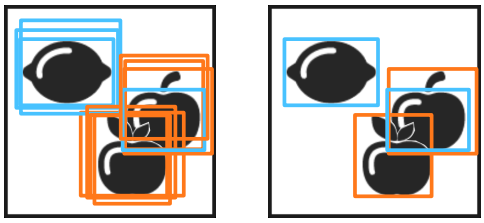
Darstellung der Vergleiche von umschließenden Rechtecke, illustriert für den Instanztyp *'rectangle1'*. (1) Das Netzwerk passt das umschließenden Referenzrechteck (in Hellblau) an, um ein besser geeignetes umschließendes Rechteck (in Orange) vorauszusagen. (2) Während des Trainings vergleicht das Netzwerk das vorhergesagte umschließende Rechteck (in Orange) mit dem Ground Truth umschließenden Rechteck, mit dem es sich am meisten überlagert, und lernt daraus die Anpassungen.

Wie zuvor erwähnt werden Merkmalskarten verschiedener Ebenen verwendet. Ob sehr frühe Merkmalskarten (die noch nicht sehr komprimiert sind und somit auch kleine Merkmale aufzeigen) und sehr tiefe Merkmalskarten (die sehr komprimiert sind und somit nur große Merkmale aufzeigen) benutzt werden sollen oder nicht, hängt vom Größenverhältnis der gesuchten Instanzen zum Gesamtbild ab. Welche Ebenen berücksichtigt werden, kann über die Parameter *'min_level'* und *'max_level'* bestimmt werden.

Mit diesen umschließenden Rechtecken sind potentielle Instanzen auf dem Bild geortet, aber noch keiner Klasse zugeordnet. Folglich besteht die zweite Aufgabe aus dem Klassifizieren des Bildteils innerhalb des umschließenden Rechtecks. Dies geschieht über die Heads für die Klassen. Für weitere Informationen zur Klassifika-

tion im Allgemeinen wird auf das Kapitel Deep Learning / Klassifikation und den „`Solution Guide on Classification`" verwiesen.

Höchstwahrscheinlich findet das Netzwerk verschiedene vielversprechende Instanzen für ein einzelnes Objekt. Solche sich überlappende, vorhergesagte umschließenden Rechtecke werden über die 'non-maximum suppression' unterdrückt. Letztere kann über die Parameter *'max_overlap'* und *'max_overlap_class_agnostic'* eingestellt werden, entweder direkt beim Erstellen des Modells oder über `set_dl_model_param`. Eine Illustration ist unten gegeben.



(1) (2)

Unterdrückung signifikant überlappender umschließender Rechtecke, illustriert für den Instanztyp *'rectangle1'*. (1) Das Netzwerk findet mehrere vielversprechende Instanzen. (2) Die Unterdrückung sich überlappender Instanzen wird über den Parameter *'max_overlap'* gesetzt. Sich überlappende Instanzen verschiedener Klassen werden nicht unterdrückt. (3) Über den Parameter *'max_overlap_class_agnostic'* werden auch sich stark überlappende Instanzen verschiedener Klassen unterdrückt.

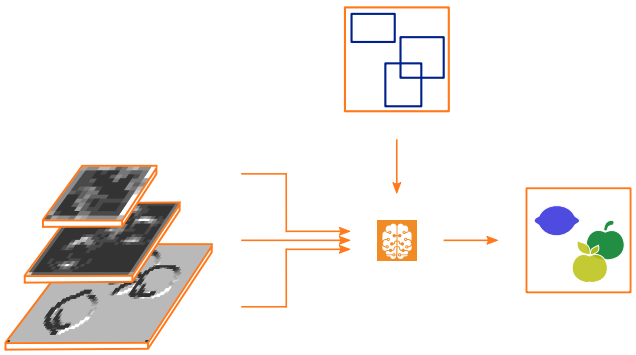
Als Ausgabe werden die umschließenden Rechtecke und die Konfidenzwerte zurück gegeben. Erstere schlagen mögliche Orte für Objekte vor während letztere die Zugehörigkeit des darin enthaltenen Bildinhaltes zu einer der Klassen angibt.

In HALCON ist die Objektdetektion mittels DL als Teil des allgemeinen DL Modells implementiert. Für weitere Information zu letzterem wird auf das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen. Es sind zwei verschiedene Instanztypen implementiert, welche sich in den möglichen Orientierungen der umschließenden Rechtecke unterscheiden:

Instanztyp *'rectangle1'* Die umschließenden Rechtecke sind achsenparallel.

Instanztyp *'rectangle2'* Die umschließenden Rechtecke können beliebig orientiert sein.

Im Falle der Instanz-Segmentierung folgt ein weiterer Teil. Ein zusätzlicher Head erhält als Eingabe jeweils die Teile der Merkmalskarten, die den vorhergesagten umschließenden Rechtecken entsprechen. Daraus sagt es eine (klassenagnostische) binäre Bildmaske voraus. Diese Maske markiert die Bildregion der vorhergesagten Instanz. Eine Übersicht ist im folgenden Schema gegeben.



Schematische Übersicht der Maskenvorhersage: Das Schema verwendet die Teile, die in der Übersicht zu den drei Teilen des Objektdetektions-Modells weiter oben gezeigt ist.

Die folgenden Abschnitte behandeln den generellen Ablauf der Objektdetektion, Informationen zu den involvierten Daten und Parameter sowie Erklärungen zu den Evaluierungsmaßen.

Genereller Ablauf

Dieser Abschnitt beschreibt den generellen Ablauf einer Objektdetektion mittels Deep Learning. Er ist unterteilt in die vier Bereiche Erstellen eines Modells und Vorverarbeitung des Datensatzes, Trainieren des Modells, Evaluierung des trainierten Modells und Inferenz auf neuen Bildern. Dabei wird angenommen, dass der Datensatz bereits gelabelt ist, siehe den Absatz „Daten“ unten. Die HDevelop Beispiels-Reihe `detect_pills_deep_learning` zeigt eine mögliche Anwendung unterteilt in die einzelnen Bereiche. Für die Instanz-Segmentierung zeigt das Beispiel `dl_instance_segmentation_workflow.hdev` den gesamten Ablauf.

Erstellen eines Modells und Vorbereiten des Datensatzes Dieser Abschnitt behandelt das Erstellen eines DL Modells für Objektdetektion und die notwendigen Anpassungen des Datensatzes an die Anforderungen des Modells. Die einzelnen Schritte sind im HDevelop Beispiel `detect_pills_deep_learning_1_prepare.hdev` gezeigt.

1. Erstellen eines Modells mit dem Operator

   - `create_dl_model_detection`.

   Dabei müssen zumindest das Backbone und die Anzahl zu unterscheidender Klassen angegeben werden. Falls ein Modell zur Instanz-Segmentierung erstellt werden soll, ist der Parameter *'instance_segmentation'* zu setzen.

   Weitere Parameter können über das Dictionary `DLModelDetectionParam` angegeben werden. Diese Parameterwerte sollten gut für die spezifische Aufgabe gewählt werden, nicht zuletzt um möglicherweise Speicherbedarf und Laufzeit zu reduzieren. Für weitere Informationen wird auf die Dokumentation des Operators verwiesen. Dem Datensatz entsprechende Anchorparameter können mit Hilfe der Prozedur

   - `determine_dl_model_detection_param`

   geschätzt werden. Falls der Datensatz jedoch nicht repräsentativ ist, was die möglichen Orientierungen während des Trainings betrifft (z.B. aufgrund möglicher Augmentation), müssen die vorgeschlagenen Werte noch entsprechend angepasst werden.

   Es gilt zu beachten, dass nach dem Erstellen eines Modells seine zugrunde liegende Architektur auf die entsprechenden Eingabewerte festgelegt ist. Als Resultat gibt der Operator das Handle *'DLModelHandle'* zurück.

   Alternativ kann auch mit dem Operator

   - `read_dl_model`.

   ein Modell eingelesen werden, welches zuvor mit `write_dl_model` gespeichert wurde.

2. Die Information, was auf welchem Bild des Trainings-Datensatzes gefunden werden soll, muss eingelesen werden. Dies kann geschehen durch Einlesen

   - eines `DLDataset` durch den Operator `read_dict`
   - einer Datei im COCO Format durch die Prozedur `read_dl_dataset_from_coco`, wobei ein Dictionary `DLDataset` erstellt wird.

   Das Dictionary `DLDataset` dient als Datenbank, in welchem alle notwendigen Informationen über die Daten abgespeichert werden. Für mehr Information zu den Daten und die Art und Weise, wie sie übergeben werden, wird auf den unteren Absatz „Daten“ und das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen.

3. Die Daten von `DLDataset` sollen in drei getrennten Datensätze geteilt werden. Dazu kann die Prozedur

   - `split_dl_dataset`.

   verwendet werden. Die resultierende Aufteilung wird für jeden Sample Eintrag von `DLDataset` jeweils über den Schlüssel `split` gespeichert.

4. Das Netzwerk stellt mehrere Anforderungen an die Bilder, wie die Bilddimensionen und den Grauwertbereich. Jeder einzelne Wert kann über den Operator

   - `get_dl_model_param`.

   abgefragt werden. Alternativ können alle Werte auf einmal über die Prozedur

- `create_dl_preprocess_param_from_model`.

abgefragt werden. Die umschließenden Rechtecke der unter *'class_ids_no_orientation'* angegeben Klassen müssen bei der Vorverarbeitung anders behandelt werden. Deshalb sollten diese Klassen spätestens zu diesem Zeitpunkt gesetzt sein.

Der Datensatz kann nun vorverarbeitet werden. Dafür kann die Prozedur

- `preprocess_dl_dataset`

verwendet werden. Für die Implementierung einer selbst erstellten Vorverarbeitung kann man sich an dieser Prozedur orientieren. Es wird empfohlen, alle für das Training benötigten Bilder vor dem Training vorzuverarbeiten und abzuspeichern, was das Trainieren signifikant beschleunigt.

Die vorverarbeiteten Daten können mit der Prozedur

- `dev_display_dl_data`

visualisiert werden.

Trainieren des Modells Dieser Abschnitt behandelt das Trainieren des DL Modells für Objektdetektion. Die einzelnen Schritte sind im HDevelop Beispiel `detect_pills_deep_learning_2_train.hdev` gezeigt.

1. Setzen der Trainingsparameter und Abspeichern derselben im Dictionary `TrainParam`. Diese Parameter beinhalten:
   - die Hyperparameter, für eine Übersicht wird auf den unteren Abschnitt „Modellparameter und Hyperparameter“ sowie das Kapitel Deep Learning verwiesen.
   - Parameter zur eventuellen Datenanreicherung.
2. Trainieren des Modells. Dafür kann die Prozedur
   - `train_dl_model`.

   verwendet werden. Diese Prozedur benötigt:
   - das Handle des Modells, `DLModelHandle`
   - das Dictionary mit den Informationen über den Datensatz, `DLDataset`
   - das Dictionary mit den Trainingsparametern, `TrainParam`
   - die Angabe, über wie viele Epochen trainiert werden soll.

   Während des Trainings sollte sich der Wert der Gesamt-Zielfunktion verringern.

Evaluierung des trainierten Modells Dieser Abschnitt behandelt das Evaluieren eines DL Modells für Objektdetektion. Die einzelnen Schritte sind im HDevelop Beispiel `detect_pills_deep_learning_3_evaluate.hdev` gezeigt.

1. Setzen der Modellparameter, welche die Evaluierung beeinflussen.
2. Die Evaluierung kann bequem mit der Prozedur
   - `evaluate_dl_model`.

   durchgeführt werden. Diese Prozedur erwartet ein Dictionary `GenParamEval` mit den Evaluierungsparametern. Um die Resultate danach zu visualisieren, muss der Parameter `detailed_evaluation` auf *'true'* gesetzt sein.
3. Die Ergebnisse der Evaluierung können mit der Prozedur
   - `dev_display_detection_detailed_evaluation`

   visualisiert werden.

Inferenz auf neuen Bildern Dieser Abschnitt behandelt die Inferenz auf neuen Bildern durch ein DL Modell für Objektdetektion. Die einzelnen Schritte sind im HDevelop Beispiel `detect_pills_deep_learning_4_infer.hdev` gezeigt.

1. Anfragen der Bildanforderungen des Netzwerks über den Operator
   - `get_dl_model_param`

   oder die Prozedur

- `create_dl_preprocess_param_from_model`.

2. Setzen der Modellparameter die im unteren Abschnitt „Modellparameter und Hyperparameter“ erwähnt sind, über den Operator
   - `set_dl_model_param`.

   Dabei kann die *'batch_size'* im Allgemeinen unabhängig von der Anzahl der gleichzeitig zu inferierenden Bilder gesetzt werden. Siehe `apply_dl_model` für weitere Informationen, wie man diesen Parameter setzt, um eine größere Effizienz zu erzielen.
3. Generieren des Dictionarys `DLSample` für jedes Bild. Dies kann über die Prozedur
   - `gen_dl_samples_from_images`

   getan werden.
4. Jedes Bild muss auf dieselbe Art und Weise wie für das Training vorverarbeitet werden. Dies kann mit der Prozedur
   - `preprocess_dl_samples`

   getan werden.
5. Anwenden des Modells über den Operator
   - `apply_dl_model`.
6. Die Resultate können aus dem Dictionary *'DLResultBatch'* abgerufen werden.

Daten

Es wird zwischen den Daten für Training und Evaluierung versus Daten für Inferenz unterschieden. Letztere bestehen ausschließlich aus Bildern. Für Erstere wird jedoch für jedes einzelne Objekt die Information benötigt, zu welcher Klasse es gehört und wo im Bild es sich befindet (gegeben über das umschließende Rechteck). Im Falle der Instanz-Segmentierung werden zusätzlich die pixelgenauen Regionen der Objekte benötigt (gegeben über die Masken).

Ein Grundgedanke der Datenhandhabung: Das Modell interagiert mit den Daten über Dictionarys. Dies bedeutet, das Modell erhält die Eingabedaten über das Dictionary `DLSample` und gibt die Ausgabe über das Dictionary `DLResult`, bzw. `DLTrainResult` zurück. Für weitere Informationen zur Datenhandhabung wird auf das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen.

Daten für das Training und die Evaluierung Der Datensatz besteht aus Bildern und den dazugehörigen Informationen. Damit das Modell diese verarbeiten kann, müssen sie bestimmte Anforderungen erfüllen. Informationen zu den Bildanforderungen finden sich im unteren Abschnitt „Bilder“.

Die Trainingsdaten werden dazu genutzt, ein Netzwerk für eine spezifische Aufgabe zu trainieren. Mit Hilfe dieser Daten kann das Netzwerk lernen, welche Klassen es unterscheiden soll, wie deren Vertreter aussehen und wie es diese findet. Die dafür notwendigen Informationen werden dadurch gegeben, dass für jedes Objekt eines jeden Bildes gesagt wird, zu welcher Klasse es gehört und wo auf dem Bild es sich befindet. Im Falle der Instanz-Segmentierung wird zudem für jede Instanz eine Maske benötigt. Getan wird dies über das Klassenlabel und das umschließende Rechteck. Es gibt verschiedene Arten, wie diese Informationen gespeichert und abgerufen werden können. Wie die Daten in HALCON für ein DL Modell vorliegen müssen, wird im Kapitel Deep Learning / Modell erklärt. Kurz gefasst fungiert ein Dictionary `DLDataset` als Datenbank der Informationen, die von den Trainings- und Evaluierungs-Prozeduren benötigt werden. Die Daten können direkt mit Hilfe des MVTec Deep Learning Tools gelabelt werden, erhältlich auf der MVTec Webseite. Dabei wird das Dictionary `DLDataset` direkt erzeugt. Sind die Daten bereits im Standard COCO-Format gelabelt, kann die Prozedur `read_dl_dataset_from_coco` verwendet werden (nur für *'instance_type'* = *'rectangle1'*). Diese formatiert die Daten und erstellt das Dictionary `DLDataset`. Für weitere Informationen zum benötigten Part des COCO-Formats wird auf die Dokumentation der Prozedur verwiesen.

Es sollten genügend Trainingsdaten vorliegen um diese in die drei Untermengen aufzuteilen, welche für das Training, die Evaluierung und das Testen des Netzwerks verwendet werden. Diese Untermengen sind idealerweise unabhängig und gleich verteilt, siehe den Abschnitt „Daten“ im Kapitel Deep Learning.

Es gilt zu beachten, dass das Netzwerk lernen muss, wie es mögliche Positionen und Größen von Instanzen finden soll. Deshalb ist es wichtig, dass auch alle später wichtigen Größen und Positionen im Datensatz repräsentativ vorhanden sind.

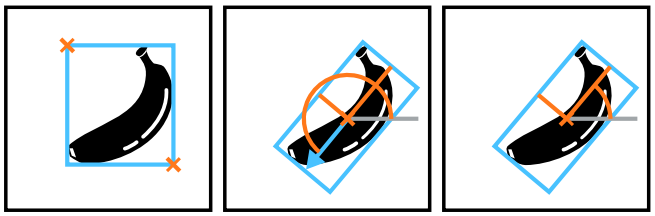
Bilder Unabhängig von der Anwendung stellt das Netzwerk Anforderungen an die Bilder wie z.B. die Bilddimensionen. Die spezifischen Werte hängen vom Netzwerk selbst ab und können mit `get_dl_model_param` abgefragt werden. Um diese Anforderungen zu erfüllen, müssen die Bilder eventuell vorverarbeitet werden. Die Standard-Vorverarbeitung für den ganzen Datensatz und damit auch der Bilder kann mit Hilfe der Prozedur `preprocess_dl_dataset` durchgeführt werden, bzw. `preprocess_dl_samples` für ein einzelnes Sample. Für eine selbst erstellte Vorverarbeitung liefern diese Prozeduren eine Anleitung für die Implementierung.

Umschließende Rechtecke Abhängig vom Instanztyp, werden die umschließenden Rechtecke unterschiedlich parametrisiert:

Instanztyp *'rectangle1'* Die umschließenden Rechtecke werden über das linke obere Eck (*'bbox_row1'*, *'bbox_col1'*) und das rechte untere Eck (*'bbox_row2'*, *'bbox_col2'*) beschrieben. Dies ist konsistent zu `gen_rectangle1`.

Instanztyp *'rectangle2'* Die umschließenden Rechtecke werden über den Schwerpunkt (*'bbox_row'*, *'bbox_col'*), der Orientierung *'bbox_phi'* und den halben Kantenlängen *'bbox_length1'* und *'bbox_length2'* beschrieben. Die Orientierung wird in Bogenmaß angegeben und gibt den Winkel zwischen der horizontalen Achse und *'bbox_length1'* an (mathematisch positiv). Dies ist konsistent zu `gen_rectangle2`.

Ist im Falle von *'rectangle2'* das orientierte umschließende Rechteck von Interesse ohne die Ausrichtung des Objekts innerhalb dieses umschließenden Rechtecks zu berücksichtigen, so kann der Parameter *'ignore_direction'* auf *'true'* gesetzt werden. Die verschiedenen Typen sind in der folgenden Abbildung illustriert.

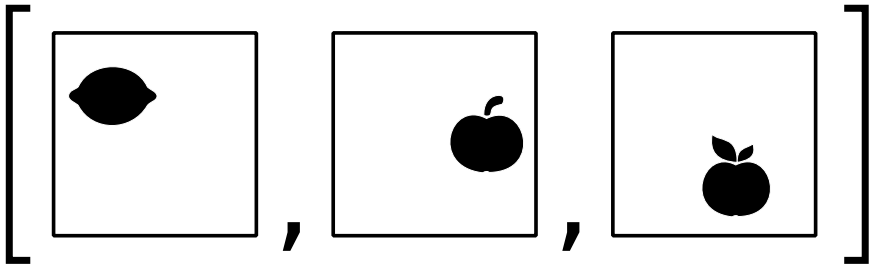


(1) (2) (3)

Darstellung der umschließenden Rechtecke der verschiedenen Instanztypen: (1) Instanztyp *'rectangle1'*. (2) Instanztyp *'rectangle2'*, wobei das umschließende Rechteck in Richtung Bananenspitze orientiert ist. (3) Instanztyp *'rectangle2'*, wobei das orientierte umschließende Rechteck von Interesse ist, jedoch ohne Berücksichtigung der Ausrichtung der Bananenspitze innerhalb des umschließenden Rechtecks.

Maske Instanz-Segmentierung benötigt, zusätzlich zu engen umschließenden Rechtecken, eine Maske für jedes zu lernende Objekt. Solche Masken sind als Regionen gegeben. Dabei ist zu beachten, dass sich die Regionen stets auf das Bild beziehen.

Die Masken für ein einzelnes Bild werden als Tupel von Regionen gegeben, siehe dazu die folgende Abbildung. Dabei sind die Masken in der gleichen Reihenfolge anzuordnen wie die Ground Truth Annotationen der umschließenden Rechtecke.



Darstellung der Masken eines Bildes: Für jedes zu lernende Objekt enthält das Tupel eine eigenständige Region.

Netzwerk Ausgabe Die Netzwerk Ausgabe hängt vom Arbeitsschritt ab:

Training Als Ausgabe gibt der Operator `train_dl_model_batch` für das Modell ein Dictionary `DLTrainResult` mit dem aktuellen Wert der Gesamt-Zielfunktion sowie die Werte aller weiteren im Modell enthaltenen Zielfunktionen zurück.

Inferenz und Evaluierung Als Ausgabe gibt der Operator `apply_dl_model` für das Modell für jedes Bild ein Dictionary `DLResult` zurück. Im Falle der Objektdetektion beinhaltet dieses Dictionary für jede gefundene Instanz das umschließende Rechteck, den Konfidenzwert der zugeordneten Klasse sowie der Maske im Falle der Instanz-Segmentierung. Dabei können für ein Objekt des Bildes mehrere Instanzen gefunden werden, siehe die obere Erklärung zur 'non-maximum suppression'. Die umschließenden Rechtecke werden entsprechend dem Instanztyp (über *'instance_type'* bestimmt) parametrisiert und in pixel-zentrierten, subpixel-genauen Koordinaten angegeben. Für weitere Informationen zu den dabei verwendeten Bildkoordinaten wird auf das Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen verwiesen. Weitere Informationen zum Ausgabe-Dictionary können im Kapitel Deep Learning / Modell gefunden werden.

Modellparameter und Hyperparameter

Nebst den allgemeinen DL Hyperparametern aus dem Kapitel Deep Learning gibt es für die Objektdetektion noch weitere Hyperparameter:

- *'bbox_heads_weight'*
- *'class_heads_weight'*
- *'mask_head_weight'* (im Falle der Instanz-Segmentierung)

Diese Hyperparameter können über den Operator `create_dl_model_detection` gesetzt werden. Für weitere Informationen wird auf die Dokumentation des Operators `get_dl_model_param` verwiesen.

Für die Objektdetektion gibt es zwei Arten von Modellparametern:

- Parameter, welche die Architektur beeinflussen. Diese können für ein erstelltes Modell nicht mehr geändert werden. Diese Parameter werden beim Erstellen des Modells über den Operator `create_dl_model_detection` gesetzt.
- Parameter, welche die Vorhersage und somit auch die Evaluierung beeinflussen. Dabei sind folgende Parameter nur für die Objektdetektion relevant:
  - *'max_num_detections'*
  - *'max_overlap'*
  - *'max_overlap_class_agnostic'*
  - *'min_confidence'*

  Weitere Erklärungen dazu finden sich in `get_dl_model_param`. Diese Parameter können beim Erstellen des Modells mit `create_dl_model_detection` gesetzt werden oder danach mit `set_dl_model_param`.

Evaluierungsmaße für die Daten der Objektdetektion

Für die Objektdetektion werden in HALCON folgende Evaluierungsmaße unterstützt. Es gilt zu beachten, dass zur Berechnung eines solchen Maßes die zugehörige Ground Truth Annotation notwendig ist.

- Mean average precision, `mAP` und average precision (AP) einer Klasse für eine gegebene IoU, `ap_iou_classname`

  Die Größe AP ist ein Mittelwert maximaler Precision-Werte für verschiedene Recall-Werte. In einfachen Worten besagt dieses Maß, ob die vorhergesagten Objekte dieser Klasse weitgehend richtige Vorhersagen sind oder nicht. Dabei erhalten Vorhersagen mit hoher Konfidenz ein höheres Gewicht. Je höher der Wert desto besser.

  Damit eine Vorhersage als richtig zählt, muss beides stimmen, die top-1 Klassenzuordnung sowie auch die Lokalisierung im Bild. Die Lokalisierung wird über die Intersection over Union (IoU) gemessen: Eine Instanz zählt als korrekt geortet, wenn die IoU höher als der geforderte Schwellenwert ist. Die IoU wird unten ausführlicher erklärt. Somit ist die Größe AP sowohl von der Klasse als auch dem IoU-Schwellenwert abhängig.

Als Resultate können folgenden Werte erhalten werden: Die spezifischen AP-Werte, die Mittelung über alle Klassen, die Mittelung über die IoU-Schwellenwerte sowie die Mittelung über sowohl alle Klassen als auch die Schwellenwerte. Letzteres ist die Größe mean average precision, `mAP`, ein Maß zur Bestimmung wie gut die Instanzen gefunden und klassifiziert wurden.

- 'True Positives', 'False Positives' und 'False Negatives'

  Das Konzept von 'True Positives', 'False Positives' und 'False Negatives' wird im Kapitel Deep Learning erklärt. Es trifft auch bei der Objektdetektion zu, mit der Ausnahme dass es verschiedene Arten von 'False Positives' gibt wie z.B.:

  - Eine Instanz wurde falsch klassifiziert.
  - Eine Instanz wurde auf dem Hintergrund gefunden
  - Die Position einer Instanz wurde ungenügend präzise gefunden, d.h. die IoU zwischen der Instanz und dem Ground Truth Objekt ist kleiner als der bei der Evaluierung verwendete IoU-Schwellenwert.
  - Duplikate, d.h. mindestens zwei Instanzen überlappen hauptsächlich mit dem selben Ground Truth Objekt aber überlappen miteinander weniger als durch *'max_overlap'* erlaubt, weshalb keine der Instanzen unterdrückt wird.

  Es gilt zu beachten, dass diese Werte nur aus der detaillierten Evaluierung erhältlich sind. Dies bedeutet, in `evaluate_dl_model` muss der Parameter `detailed_evaluation` auf *'true'* gesetzt sein.

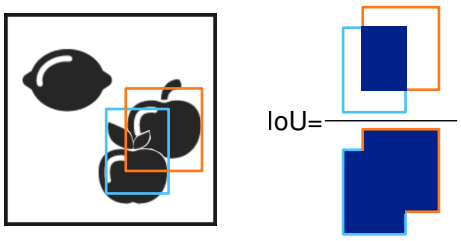
- Score of Angle Precision (SoAP)

  Die Größe SoAP ist ein Maß für die Präzision der inferierten Orientierungswinkel. Dieses Maß bestimmt sich aus der Winkeldifferenzen zwischen den inferierten Instanzen (I) und den zugehörigen Ground Truth Annotationen (GT):

  $\text{SoAP} = 1.0 - \frac{1}{\pi}\frac{1}{k} \cdot \sum_k \left|\varphi_k^{\text{I}} - \varphi_k^{\text{GT}}\right|,$

  wobei der Index k über alle inferierten Instanzen läuft. Diese Größe ist nur für Modelle mit Instanztyp *'instance_type' 'rectangle2'* definiert.

Vorher erklärte Maße verwenden die Intersection over Union (IoU). Die IoU ist ein Maß zur Genauigkeit der Lokalisierung. Für ein vorgeschlagenes umschließendes Rechteck wird das Verhältnis folgenden beiden Flächen betrachtet: Die Fläche der Schnittmenge und die Fläche der Vereinigungsmenge des vorgeschlagenen umschließenden Rechtecks und des Ground Truth umschließenden Rechtecks. Die folgende Abbildung zeigt ein visuelles Beispiel.



(1) (2)

Visuelles Beispiel der IoU, illustriert für den Instanztyp *'rectangle1'*. (1) Im Eingabebild sieht man das Ground Truth umschließende Rechteck (in Orange) und das vorhergesagte umschließende Rechteck (in Hellblau). (2) Die IoU ist das Verhältnis zwischen den beiden Flächen Schnittmenge und Vereinigungsmenge.

Im Falle der Instanz-Segmentierung wird die IoU standardmäßig auf Basis der Masken berechnet. Es ist möglich dies zu ändern und stattdessen die umschließenden Rechtecke dafür zu verwenden.

```
create_dl_model_detection ( : : Backbone, NumClasses,
    DLModelDetectionParam : DLModelHandle )
```

Erstellen eines Deep Learning-Netzwerks zur Objektdetektion oder Instanz-Segmentierung.

Mit dem Operator `create_dl_model_detection` wird ein Deep Learning-Netzwerk zur Objektdetektion oder Instanz-Segmentierung erzeugt. Für weitere Informationen zu Deep Learning-basierter Objektdetektion und

Instanz-Segmentierung siehe das Kapitel Deep Learning / Objektdetektion und Instanz-Segmentierung. Das Handle dieses Netzwerks wird in `DLModelHandle` zurückgegeben.

Mit den unten aufgelisteten Parametern können das Modell und dessen Architektur spezifiziert werden. Um erfolgreich ein Modell zu erzeugen müssen dessen Backbone und die Anzahl an Klassen, die das Modell unterscheiden können soll, festgelegt werden. Ersteres wird durch den Parameter `Backbone` übergeben, welcher im Abschnitt „Mögliche Backbones“ genauer erläutert wird. Letzteres ist durch den Parameter `NumClasses` gegeben. Dieser Parameter legt die Anzahl Klassen fest, welche das Netzwerk unterscheiden können soll und damit auch die Anzahl der Einträge in *'class_ids'* und *'class_names'*.

Die Werte aller verwendbaren Parameter können über das Dictionary `DLModelDetectionParam` spezifiziert werden. Ein solcher Parameter ist z.B. *'instance_type'*, der die Art der im Modell verwendeten umschließenden Rechtecke bestimmt. Um ein Netzwerk für Instanz-Segmentierung zu erzeugen, muss der Parameter *'instance_segmentation'* auf *'true'* gesetzt werden. Die Liste mit den setzbaren Parametern findet sich im Abschnitt „Setzbare Parameter“. Einige Parameter sind nur für Instanz-Segmentierung anwendbar. Für den Fall, dass ein Parameter nicht spezifiziert ist, wird dessen Standardwert zur Erzeugung des Modells verwendet. Zu beachten ist, dass Parameter, welche die Netzwerkarchitektur beeinflussen, nicht mehr änderbar sind sobald das Netzwerk erzeugt wurde. Alle weiteren Parameter können mit dem Operator `set_dl_model_param` weiterhin gesetzt oder geändert werden. Ein Überblick wie die Parameter gesetzt werden können und ihre Bedeutung findet sich in `get_dl_model_param`. Nach Erzeugung des Objektdetektions-Modells, wird *'type'* automatisch auf *'detection'* gesetzt.

Mögliche Backbones

Der Parameter `Backbone` bestimmt das Backbone, das vom Netzwerk benutzt wird. Detailliertere Informationen zum Backbone sind im Kapitel Deep Learning / Objektdetektion und Instanz-Segmentierung zu finden. Kurz zusammengefasst besteht das Backbone aus einem vortrainierten Klassifikator, von dem nur die Layer zur Generierung der Merkmalskarten behalten werden. Daher gibt es in dem Netzwerk keine Fully Connected Layer. Daraus ergibt sich, dass ein Klassifikator als Merkmalsextraktor für das angeschlossene Erkennungsnetzwerk eingelesen wird. Hierfür kann ein Modell im HALCON Format oder im ONNX Format eingelesen werden, siehe `read_dl_model` für weitere Informationen.

`create_dl_model_detection` hängt eine Merkmalspyramide an verschiedene Ebenen des Backbones an. Genauer, im Backbone ist für verschiedene Ebenen ein Layer als Docking Layer spezifiziert. Wird ein Detektions-Modell erstellt, so wird die Merkmalspyramide an den entsprechenden Docking Layern angedockt. Bei vortrainierten Klassifikatoren, die von HALCON zur Verfügung gestellt werden, sind die Docking Layers bereits spezifiziert. Wird ein selbsterstellter Klassifikator als Backbone verwendet, müssen die Docking Layer jedoch spezifiziert werden. `backbone_docking_layers` kann als Eigenschaft des Klassifikators über `set_dl_model_param` oder als Eigenschaft des Backbones über diesen Operator gesetzt werden.

Die Docking Layer gehören zu verschiedenen Ebenen und entsprechend haben ihre Merkmalskarten in der Merkmalspyramide verschiedene Größen. Genauer, in der Merkmalspyramide werden die Längen der Merkmalskarten von Ebene zu Ebene halbiert. Dies bedeutet, dass auch die Längen der Eingabebilder für jede weitere Ebene halbiert werden. Die Netzwerkarchitekturen erlauben Änderungen bezüglich der Bilddimensionen, aber die Dimensionen *'image_width'* und *'image_height'* müssen ein ganzzahliges Mehrfaches von 2^{level} sein. Dabei steht $level$ für die höchste Ebene, an welche die Merkmalspyramide anbaut. Dies hängt sowohl von den zusätzlichen Netzwerken als auch den Docking Layern ab. Für die zur Verfügung gestellten Klassifikatoren wird in der unten stehenden Liste erwähnt, bis zu welcher Ebene die Merkmalspyramide standardmäßig geht.

Folgende vortrainierte Klassifikatoren werden von HALCON zur Verfügung gestellt und können als Backbone eingelesen werden:

'pretrained_dl_classifier_alexnet.hdl':
: Dieses Neuronale Netzwerk ist geeignet für einfache Klassifikationsaufgaben. Es zeichnet sich durch die Faltungskerne der ersten Faltungs-Layer aus, welche größer sind als bei Netzwerken vergleichbarer Klassifikationsleistung (z.B. *'pretrained_dl_classifier_compact.hdl'*). Dies kann für das Extrahieren von Merkmalskarten von Vorteil sein.

  Dieses Backbone erwartet Bilder des Typs `real`. Zusätzlich ist das Backbone auf gewisse Bildeigenschaften ausgelegt. Die entsprechenden Werte können mit `get_dl_model_param` abgerufen werden. Hier sind die Standardwerte, mit denen der Klassifikator trainiert wurde, aufgelistet:

  'image_width': 224

  'image_height': 224

  'image_num_channels': 3

'image_range_min': -127.0

'image_range_max': 128.0

Die Standardmerkmalspyramide geht bei diesem Backbone bis zur 4. Ebene.

'pretrained_dl_classifier_compact.hdl':

Dieses Neuronale Netzwerk ist dafür entworfen speicher- und laufzeiteffizient zu sein. Dieses Backbone erwartet Bilder des Typs `real`. Zusätzlich ist das Backbone auf gewisse Bildeigenschaften ausgelegt. Die entsprechenden Werte können mit `get_dl_model_param` abgerufen werden. Hier sind die Standardwerte, mit denen der Klassifikator trainiert wurde, aufgelistet:

'image_width': 224

'image_height': 224

'image_num_channels': 3

'image_range_min': -127.0

'image_range_max': 128.0

Die Standardmerkmalspyramide geht bei diesem Backbone bis zur 4. Ebene.

'pretrained_dl_classifier_enhanced.hdl':

Dieses Neuronale Netzwerk hat mehr verborgene Layer als *'pretrained_dl_classifier_compact.hdl'* und es kann daher angenommen werden, dass es sich besser für komplexe Aufgaben eignet. Allerdings werden dadurch mehr Laufzeit und Speicherplatz benötigt.

Dieses Backbone erwartet Bilder des Typs `real`. Zusätzlich ist das Backbone auf gewisse Bildeigenschaften ausgelegt. Die entsprechenden Werte können mit `get_dl_model_param` abgerufen werden. Hier sind die Standardwerte, mit denen der Klassifikator trainiert wurde, aufgelistet:

'image_width': 224

'image_height': 224

'image_num_channels': 3

'image_range_min': -127.0

'image_range_max': 128.0

Die Standardmerkmalspyramide geht bei diesem Backbone bis zur 5. Ebene.

'pretrained_dl_classifier_mobilenet_v2.hdl':

Dieser Klassifikator ist ein kleines, energieeffizientes Modell und daher besser für mobile und embedded Bildverarbeitungsanwendungen geeignet.

Dieses Backbone erwartet Bilder des Typs `real`. Zusätzlich ist das Backbone auf gewisse Bildeigenschaften ausgelegt. Die entsprechenden Werte können mit `get_dl_model_param` abgerufen werden. Hier sind die Standardwerte, mit denen der Klassifikator trainiert wurde, aufgelistet:

'image_width': 224

'image_height': 224

'image_num_channels': 3

'image_range_min': -127.0

'image_range_max': 128.0

Die Standardmerkmalspyramide geht bei diesem Backbone bis zur 4. Ebene.

'pretrained_dl_classifier_mobilenet_v4_small.hdl', *'pretrained_dl_classifier_mobilenet_v4_medium.hdl'*, *'pretrained_dl_classifier*

Eine Auswahl von effizienten Modellen, die auf einer breiten Palette von Hardwareplattformen hohe Genauigkeiten bei geringen Laufzeiten erreichen können (siehe Referenz unten). Alle Modelle wurde mit folgenden Standardparametern vortrainiert:

'image_width': 224

'image_height': 224

'image_num_channels': 3

'image_range_min': -127.0

'image_range_max': 128.0

Die Standardmerkmalspyramide geht bei diesem Backbone bis zur 4. Ebene.

'pretrained_dl_classifier_resnet18.hdl':
Wie das Neuronale Netzwerk *'pretrained_dl_classifier_enhanced.hdl'* ist dieses Neuronale Netzwerk für komplexere Aufgaben ausgelegt. Da sich die Struktur aber unterscheidet, entsteht hier der Vorteil, dass das Training stabiler und das Netzwerk intern robuster ist. Gegenüber dem Neuronalen Netzwerk *'pretrained_dl_classifier_resnet50.hdl'*, ist es etwas weniger komplex dafür in der Ausführung schneller.

Dieses Backbone erwartet Bilder des Typs `real`. Zusätzlich ist das Backbone auf gewisse Bildeigenschaften ausgelegt. Die entsprechenden Werte können mit `get_dl_model_param` abgerufen werden. Hier sind die Standardwerte, mit denen der Klassifikator trainiert wurde, aufgelistet:

'image_width': 224
'image_height': 224
'image_num_channels': 3
'image_range_min': -127.0
'image_range_max': 128.0

Die Standardmerkmalspyramide geht bei diesem Backbone bis zur 5. Ebene.

'pretrained_dl_classifier_resnet50.hdl':
Wie das Neuronale Netzwerk *'pretrained_dl_classifier_enhanced.hdl'* ist dieses Neuronale Netzwerk für komplexere Aufgaben ausgelegt. Da sich die Struktur aber unterscheidet, entsteht hier der Vorteil, dass das Training stabiler und das Netzwerk intern robuster ist.

Dieses Backbone erwartet Bilder des Typs `real`. Zusätzlich ist das Backbone auf gewisse Bildeigenschaften ausgelegt. Die entsprechenden Werte können mit `get_dl_model_param` abgerufen werden. Hier sind die Standardwerte, mit denen der Klassifikator trainiert wurde, aufgelistet:

'image_width': 224
'image_height': 224
'image_num_channels': 3
'image_range_min': -127.0
'image_range_max': 128.0

Die Standardmerkmalspyramide geht bei diesem Backbone bis zur 5. Ebene.

Setzbare Parameter

Parameter, die bei der Erzeugung eines Modells mit `create_dl_model_detection` gesetzt werden können (siehe `get_dl_model_param` für Erklärungen):

- *'anchor_angles'*
- *'anchor_aspect_ratios'* (veraltet: *'aspect_ratios'*)
- *'anchor_num_subscales'* (veraltet: *'num_subscales'*)
- *'backbone_docking_layers'*
- *'bbox_heads_weight'*, *'class_heads_weight'*
- *'capacity'*
- *'class_ids'*
- *'class_ids_no_orientation'*
- *'class_names'*
- *'class_weights'*
- *'freeze_backbone_level'*
- *'ignore_direction'*
- *'image_dimensions'*
- *'image_height'*, *'image_width'*
- *'image_num_channels'*
- *'instance_segmentation'*
- *'instance_type'*
- *'mask_head_weight'*
  Restriktion: nur für Instanz-Segmentierung

- *'max_level'*, *'min_level'*
- *'max_num_detections'*
- *'max_overlap'*
- *'max_overlap_class_agnostic'*
- *'min_confidence'*
- *'optimize_for_inference'*

Achtung

Systemvoraussetzungen: Zum erfolgreichen Setzen von *'gpu'* Parametern werden cuDNN und cuBLAS benötigt, d.h. zum Setzen des Parameters `GenParamName` *'runtime'* auf *'gpu'*. Für weitere Details wird auf den „`Installation Guide`", Abschnitt „Requirements for Deep Learning and Deep-Learning-Based Methods", verwiesen.

Parameter

▷ **`Backbone`** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Deep Learning Klassifikator, genutzt als Backbone-Netzwerk.
Default: 'pretrained_dl_classifier_compact.hdl'
Werteliste: `Backbone` ∈ {'pretrained_dl_classifier_alexnet.hdl', 'pretrained_dl_classifier_compact.hdl', 'pretrained_dl_classifier_enhanced.hdl', 'pretrained_dl_classifier_mobilenet_v2.hdl', 'pretrained_dl_classifier_mobilenet_v4_small.hdl', 'pretrained_dl_classifier_mobilenet_v4_medium.hdl', 'pretrained_dl_classifier_mobilenet_v4_large.hdl', 'pretrained_dl_classifier_resnet18.hdl', 'pretrained_dl_classifier_resnet50.hdl'}
Dateiendung: `.hdl`

▷ **`NumClasses`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl von Klassen.
Default: 3

▷ **`DLModelDetectionParam`** (input_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Parameter für das Objektdetektion-Modell.
Default: []

▷ **`DLModelHandle`** (output_control) . . . . . dl_model ⇝ *handle*
Deep Learning-Modell für die Objektdetektion.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_dl_model_detection` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`set_dl_model_param`, `get_dl_model_param`, `apply_dl_model`, `train_dl_model_batch`

Alternativen

`read_dl_model`

Literatur

D. Qin et al., "MobileNetV4: Universal Models for the Mobile Ecosystem". In European Conference on Machine Vision, pp. 78-96, Sept. 2024, https://doi.org/10.1007/978-3-031-73661-2_5

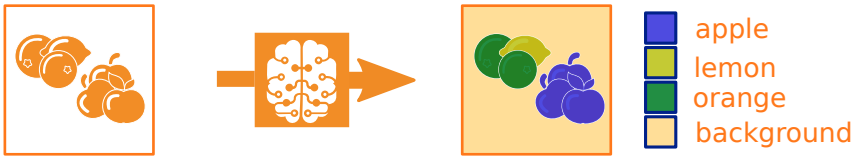
Modul

Deep Learning Professional

9.8 Semantische Segmentierung und Kantenextraktion

Dieses Kapitel beschreibt, wie Deep Learning-basierte Semantische Segmentierung in der Trainings- und Inferenzphase genutzt wird.

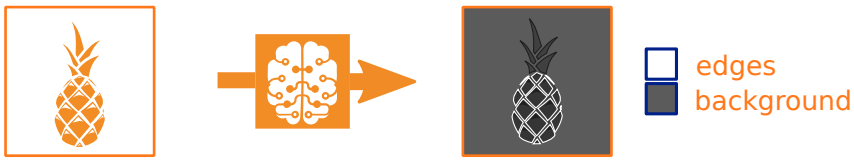
In der **Semantischen Segmentierung** ordnet ein Deep Learning (DL) Netzwerk jedem Pixel des Eingabebildes eine Klasse zu.



Ein mögliches Beispiel der Semantischen Segmentierung: Jedem Pixel des Eingabebildes wird eine Klasse zugeordnet, dabei sind weder die drei Instanzen der Klasse 'apple' noch die zwei Instanzen der Klasse 'orange' unterschiedene Objekte.

Das Resultat der Semantischen Segmentierung ist ein Bild, in welchem die Pixelwerte für die zugeordnete Klasse des entsprechenden Pixels auf dem Eingabebild stehen. Somit hat das Ausgabebild in HALCON die gleiche Größe wie das Eingabebild. Im Allgemeinen sind im Netzwerk die Merkmalskarten, die komplexere Merkmale verkörpern, kleiner als das Eingabebild (siehe den Abschnitt „Das Netzwerk und der Trainingsprozess“ im Kapitel Deep Learning). Damit das Ausgabebild die gleiche Größe wie das Eingabebild hat, werden in HALCON Netzwerke mit den folgenden beiden Komponenten verwendet: Einem Encoder und einem Decoder. Der Encoder bestimmt die Merkmale des Eingabebildes, wie dies z.B. in der DL-basierten Klassifikation getan wird. Da diese Information in einem komprimierten Format 'kodiert' ist, braucht es einen Decoder, welcher das gewünschte Ergebnis rekonstruiert. Bei der Semantischen Segmentierung ist dies die Zuordnung jedes Pixels zu einer Klasse. Da das Netzwerk die einzelnen Pixel klassifiziert, werden sich überlappende Instanzen der gleichen Klasse nicht als eigenständig unterschieden.

Die **Kantenextraktion** ist ein Spezialfall der Semantischen Segmentierung. Das Modell ist trainiert zwei Klassen zu unterscheiden: Kanten ('edge') und Hintergrund ('background'). Für weitere Informationen siehe „`Solution Guide I - Basics`“.



Ein mögliches Beispiel der Kantenextraktion: Ein Spezialfall der Semantischen Segmentierung, bei dem jedem Pixel des Eingabebildes eine der Klassen 'edge' und 'background' zugeordnet wird.

In HALCON ist die Semantische Segmentierung mittels DL als Teil des allgemeinen DL Modells implementiert. Für weitere Informationen zum DL Modell wird auf das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen.

Die folgenden Abschnitte behandeln den generellen Ablauf der Semantischen Segmentierung, Informationen zu den involvierten Daten und Parametern, sowie Erklärungen zu den Evaluierungsmaßen.

Genereller Ablauf

Dieser Abschnitt beschreibt den generellen Ablauf einer Semantischen Segmentierung mittels Deep Learning. Er ist unterteilt in die vier Bereiche Vorverarbeitung des Datensatzes, Trainieren des Modells, Evaluierung des trainierten Modells und Inferenz auf neuen Bildern. Dabei wird angenommen, dass der Datensatz bereits gelabelt ist, siehe den Absatz „Daten“ unten. Die HDevelop Beispiels-Reihe `segment_pill_defects_deep_learning` zeigt eine mögliche Anwendung unterteilt in die einzelnen Bereiche. Für die Kantenextraktion zeigt das Beispiel `segment_edges_deep_learning_with_retraining` den gesamten Ablauf.

Vorverarbeitung des Datensatzes Dieser Abschnitt behandelt die notwendigen Anpassungen des Datensatzes an die Anforderungen eines Modells der Semantischen Segmentierung. Die einzelnen Schritte werden im HDevelop Beispiel `segment_pill_defects_deep_learning_1_preprocess.hdev` dargestellt.

1. Die Information, was auf welchem Bild des Trainings-Datensatzes gefunden werden soll, muss eingelesen und konvertiert werden. Dazu kann die Prozedur

   - `read_dl_dataset_segmentation`

   verwendet werden. Dabei wird ein Dictionary `DLDataset` erstellt, welches als Datenbank dient und alle notwendigen Informationen über die Daten abspeichert. Für mehr Information zu den Daten und wie sie übergeben werden, wird auf den unteren Absatz „Daten“ und das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen.

2. Die Daten von `DLDataset` sollen in drei getrennten Datensätze geteilt werden. Dazu kann die Prozedur

   - `split_dl_dataset`

   verwendet werden. Die resultierende Aufteilung wird für jeden Sample Eintrag von `DLDataset` jeweils über den Schlüssel `split` gespeichert.

3. Der Datensatz kann nun vorverarbeitet werden. Dazu kann die Prozedur

   - `preprocess_dl_dataset`

   verwendet werden. Für die Implementierung einer selbst erstellten Vorverarbeitung kann man sich an dieser Prozedur orientieren.

   Um diese Prozedur zu verwenden, müssen die Vorverarbeitungsparameter wie z.B. die Bildgröße festgelegt werden. Für letztere sollte die kleinstmögliche Bildgröße gewählt werden, mit der die einzelnen Regionen noch gut erkennbar sind. Die Parameter und ihre Werte sind im Dictionary `DLPreprocessParam` zu speichern, wofür die Prozedur

   - `create_dl_preprocess_param`

   verwendet werden kann. Es wird empfohlen, dieses Dictionary `DLPreprocessParam` abzuspeichern, um während der späteren Inferenz-Phase Zugang zu den Werten zu haben.

   Während der Vorverarbeitung werden von der Prozedur `preprocess_dl_dataset` auch die Bilder `weight_image` für den Trainings-Datensatz erstellt. Diese ordnen jeder Klasse das Gewicht (’class weights’) zu, welche ihre Pixel während des Trainings erhalten (siehe den unteren Abschnitt „Modellparameter und Hyperparameter“).

Trainieren des Modells Dieser Abschnitt behandelt das Trainieren des DL Modells für Semantische Segmentierung. Die einzelnen Schritte werden im HDevelop Beispiel `segment_pill_defects_deep_learning_2_train.hdev` dargestellt.

1. Einlesen eines Modells mit dem Operator

   - `read_dl_model`.

2. Die Modellparameter müssen mit dem Operator

   - `set_dl_model_param`

   gesetzt werden. Solche Parameter sind z.B. *’image_dimensions’* und *’class_ids’*, siehe die Dokumentation von `get_dl_model_param`.

   Die aktuellen Werte können jederzeit über den Operator

   - `get_dl_model_param`

   abgefragt werden.

3. Setzen der Trainingsparameter und Abspeichern derselben im Dictionary `TrainParam`. Diese Parameter beinhalten:

   - die Hyperparameter. Für eine Übersicht wird auf den unteren Abschnitt „Modellparameter und Hyperparameter“ sowie das Kapitel Deep Learning verwiesen.
   - Parameter zur eventuellen Datenanreicherung (optional).
   - Parameter zur Evaluierung während des Trainings.
   - Parameter zur Visualisierung von Trainingsergebnissen.
   - Parameter zur Serialisierung.

   Für dies kann die Prozedur

   - `create_dl_train_param`

verwendet werden.

4. Trainieren des Modells. Dafür kann die Prozedur
   - `train_dl_model`

   verwendet werden. Diese Prozedur benötigt:
   - das Handle des Modells, `DLModelHandle`
   - das Dictionary mit den Informationen über den Datensatz, `DLDataset`
   - das Dictionary mit den Trainingsparametern, `TrainParam`
   - die Angabe, über wie viele Epochen trainiert werden soll.

   Wird die Prozedur `train_dl_model` verwendet, werden die Gesamt-Zielfunktion sowie optionale Evaluierungsmaße visualisiert.

Evaluierung des trainierten Modells Dieser Abschnitt behandelt das Evaluieren eines DL Modells für Semantische Segmentierung. Die einzelnen Schritte werden im HDevelop Beispiel `segment_pill_defects_deep_learning_3_evaluate.hdev` dargestellt.

1. Setzen der Modellparameter, welche die Evaluierung beeinflussen, wie z.B. *'batch_size'*, über den Operator
   - `set_dl_model_param`.
2. Die Evaluierung kann bequem mit der Prozedur
   - `evaluate_dl_model`

   durchgeführt werden.
3. Das Dictionary `EvaluationResult` enthält die angefragten Evaluierungsmaße. Die Ergebnisse der Evaluierung können mit der Prozedur
   - `dev_display_segmentation_evaluation`

   visualisiert werden.

Inferenz auf neuen Bildern Dieser Abschnitt behandelt die Inferenz auf neuen Bildern durch ein DL Modell für Semantische Segmentierung. Die einzelnen Schritte werden im HDevelop Beispiel `segment_pill_defects_deep_learning_4_infer.hdev` dargestellt.

1. Setzen der Parameter, wie z.B. *'batch_size'* über den Operator
   - `set_dl_model_param`.
2. Generieren des Dictionarys `DLSample` für jedes Bild. Dafür kann die Prozedur
   - `gen_dl_samples_from_images`

   verwendet werden.
3. Jedes Bild muss auf dieselbe Art und Weise wie für die Trainingsbilder vorverarbeitet werden. Es wird empfohlen, dafür die Prozedur
   - `preprocess_dl_samples`

   zu verwenden. Wurde während der Vorverarbeitung das Dictionary `DLPreprocessParam` gespeichert, kann es direkt als Eingabe verwendet werden, um die Parameterwerte festzulegen.
4. Anwenden des Modells über den Operator
   - `apply_dl_model`.
5. Die Resultate können aus dem Dictionary *'DLResultBatch'* abgerufen werden. Die Regionen der einzelnen Klassen kann man z.B. über den Operator `threshold` selektieren.

Daten

Es wird zwischen den Daten für Training und Evaluierung versus Daten für Inferenz unterschieden. Letztere bestehen ausschließlich aus Bildern. Für Erstere wird jedoch die Information benötigt, zu welcher Klasse jeder einzelne Pixel gehört (über `segmentation_image`, siehe die Erklärungen weiter unten).

Ein Grundgedanke der Datenhandhabung: Das Modell interagiert mit den Daten über Dictionarys. Dies bedeutet, das Modell erhält die Eingabedaten über das Dictionary `DLSample` und gibt die Ausgabe über das Dictionary `DLResult`, bzw. `DLTrainResult` zurück. Für weitere Informationen zur Datenhandhabung wird auf das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen.

Daten für das Training und die Evaluierung Die Trainingsdaten werden benötigt, um das Netzwerk für Ihre spezifische Aufgabe zu trainieren. Der Datensatz besteht aus Bildern und den dazugehörigen Informationen. Damit das Modell diese verarbeiten kann, müssen sie bestimmte Anforderungen erfüllen. Informationen zu den Bildanforderungen finden sich im unteren Abschnitt „Bilder“. Die Information über die Bilder und ihre Ground Truth Annotationen wird über das Dictionary `DLDataset` und für jedes Sample das entsprechende Bild `segmentation_image` gegeben, welches für jedes Pixel die Klasse definiert.

Klassen Die verschiedenen Klassen bilden die vom Netzwerk unterschiedene Sets oder die unterschiedenen Kategorien. Diese Klassen werden im Dictionary `DLDataset` gesetzt und dem Modell über den Operator `set_dl_model_param` gegeben.

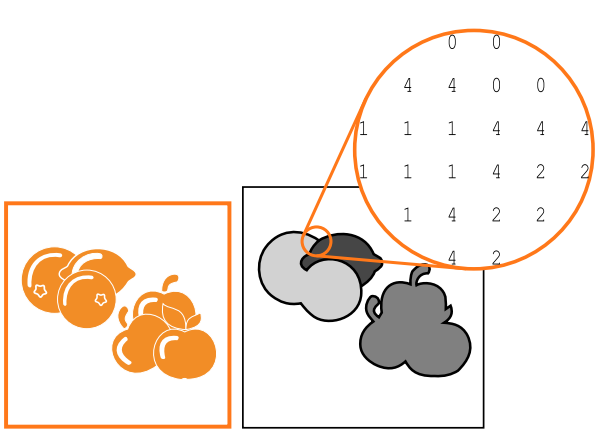
Bei der **Semantischen Segmentierung** gibt es zwei Besonderheiten: Die Hintergrund-Klasse ’background’ und Klassen, die ignoriert werden sollen und deshalb auf ’ignore’ gesetzt werden:

- ’background’ Klasse: Das Netzwerk behandelt die Hintergrund-Klasse ’background’ wie jede andere Klasse auch. Ebenso ist es nicht notwendig, eine Hintergrund-Klasse zu haben. Aber falls im Datensatz verschiedene Klassen vorkommen, deren Ergebnis nicht von Interesse ist, die aber trotzdem vom Netzwerk gelernt werden sollen, können diese alle als Hintergrund deklariert werden. Als Resultat davon wird die Hintergrund-Klasse diverser. Für weitere Informationen wird auf die Prozedur `preprocess_dl_samples` verwiesen.
- ’ignore’ Klassen: Eine oder mehrere Klassen können als ’ignore’ deklariert werden. Pixel, die einer solchen Klasse zugehören, werden bei der Berechnung der Zielfunktion sowie allen Evaluierungsmaßen ignoriert. Für weitere Informationen zur Zielfunktion wird auf den Abschnitt „Das Netzwerk und der Trainingsprozess“ im Kapitel Deep Learning verwiesen. Das Netzwerk ordnet kein Pixel einer als ’ignore’ deklarierte Klasse zu. Die Pixel die mit einer solchen ’ignore’-Klasse gelabelt wurden, werden vom Netzwerk wie alle anderen Pixel auch einer nicht als ’ignore’ deklarierten Klasse zugeordnet. Im unten folgenden Beispiel bedeutet dies, dass das Netzwerk auch die Pixel der Klasse ’Rand’ klassifiziert, aber es wird kein Pixel des Eingabebildes der Klasse ’Rand’ zuordnen. Eine Klasse kann über den Parameter *’ignore_class_ids’* im Operator `set_dl_model_param` als ’ignore’ deklariert werden.

Bei der **Kantenextraktion** werden nur zwei Klassen unterschieden: Kanten (’edge’) und Hintergrund (’background’). Die Kanten werden wie eine normale Klasse gelabelt. Somit wird nur eine Klasse gelabelt und diese heißt ’edge’.

`DLDataset` Dieses Dictionary dient als Datenbank. Dies bedeutet, dass darin alle für das Netzwerk notwendigen Informationen über den Datensatz gespeichert werden, z.B. den Namen und Pfad zu den Bildern, die Klassen, etc. Für Informationen zum Konzept und den einzelnen Einträgen wird auf das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen. Nur auf die Semantische Segmentierung anwendbare Schlüssel betreffen die Bilder `segmentation_image` (siehe den unteren Eintrag). Über die Schlüssel `segmentation_dir` und `segmentation_file_name` werden die Informationen zur Verfügung gestellt, wie die Bilder heißen und wo sie gespeichert sind.

`segmentation_image` Damit das Netzwerk lernen kann, wie die Angehörigen der verschiedenen Klassen aussehen, muss für jedes Pixel jedes Bildes des Trainings-Datensatzes mitgeteilt werden, zu welcher Klasse er gehört. Um dies zu tun wird für jedes Pixel eines Eingabebildes die Klasse im Bild `segmentation_image` als Pixelwert gespeichert. Diese Annotationen sind die Ground Truth Annotationen.



(1) (2)

Schema des Bildes `segmentation_image`. Zur besseren Darstellung werden Grauwerte für die verschiedenen Nummern verwendet. (1) Eingabebild. (2) Das entsprechende Bild `segmentation_image`, welches die Klassenannotationen zur Verfügung stellt, 0: Hintergrund (weiß), 1: Orange, 2: Zitrone, 3: Apfel und 4: Rand (schwarz) als separate Klasse, damit diese als 'ignore' deklariert werden kann.

Es sollten genügend Trainingsdaten vorliegen, um diese in die drei Untermengen aufzuteilen, welche für das Training, die Evaluierung und das Testen des Netzwerks verwendet werden. Diese Untermengen sind idealerweise unabhängig und gleich verteilt, siehe den Abschnitt „Daten" im Kapitel Deep Learning. Zur Aufteilung kann die Prozedur `split_dl_data_set` verwendet werden.

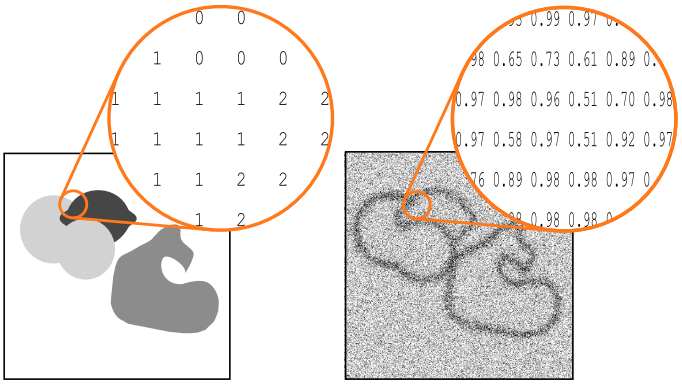
Bilder Unabhängig von der Anwendung stellt das Netzwerk Anforderungen an die Bilder wie z.B. die Bilddimensionen. Die spezifischen Werte hängen vom Netzwerk selbst ab, für die spezifischen Werte der verschiedenen Netzwerke siehe die Dokumentation von `read_dl_model`. Für ein eingelesenes Netzwerk können die Werte mit `get_dl_model_param` abgefragt werden. Um diese Anforderungen zu erfüllen, müssen die Bilder eventuell vorverarbeitet werden. Die Standard-Vorverarbeitung für das ganze Sample und damit auch für das Bild kann mit Hilfe der Prozedur `preprocess_dl_samples` durchgeführt werden. Für eine selbst erstellte Vorverarbeitung liefert diese Prozedur eine Anleitung für die Implementierung.

Netzwerk Ausgabe Die Netzwerk Ausgabe hängt vom Arbeitsschritt ab:

Training Als Ausgabe gibt das Modell ein Dictionary `DLTrainResult` mit dem aktuellen Wert der Gesamt-Zielfunktion sowie den Werten aller weiteren im Modell enthaltenen Zielfunktionen zurück.

Inferenz und Evaluierung Als Ausgabe gibt das Netzwerk für jedes Bild ein Dictionary `DLResult` zurück. Im Falle der Semantischen Segmentierung beinhaltet dieses Dictionary für jedes Eingabebild das Handle der folgenden beiden Bildern:

- `segmentation_image`: In diesem Bild hat jedes Pixel den Wert der Klasse, in welche das entsprechende Pixel des Eingabebildes klassifiziert wurde (siehe die untere Darstellung).
- `segmentation_confidence`: In diesem Bild hat jedes Pixel den Konfidenzwert der Klassifikation des entsprechenden Pixels im Eingabebild (siehe die untere Darstellung).



(1) (2)

Schema zu verschiedenen Daten-Bilder. Zur besseren Darstellung werden Grauwerte für die verschiedenen Nummern und Zahlen verwendet. (1) `segmentation_image`: Auch die Pixel von Klassen die als 'ignore' deklariert wurden, werden klassifiziert (siehe auch die obere Darstellung). (2) `segmentation_confidence`.

Modellparameter und Hyperparameter

Nebst den allgemeinen DL Hyperparametern aus dem Kapitel Deep Learning gibt es für die Semantische Segmentierung noch einen weiteren Hyperparameter:

- 'class weights', siehe die unten folgende Erklärung.

Für DL Modelle der Semantischen Segmentierung werden die Modellparameter und Hyperparameter (mit Ausnahme der 'class weights') über den Operator `set_dl_model_param` gesetzt. Für Informationen zu den Modellparametern wird auf die Dokumentation von `get_dl_model_param` verwiesen.

Es gilt zu beachten, dass aufgrund hohen Speicherbedarfs normalerweise für das Training nur kleine Batchgrößen verwendet werden können. Deshalb ist das Training eher langsam und es wird empfohlen, ein größeres Momentum als z.B. bei der Klassifikation zu verwenden. Das HDevelop Beispiel `segment_pill_defects_deep_learning_2_train.hdev` liefert gute initiale Parameterwerte für das Training eines Modells der Semantischen Segmentierung in HALCON.

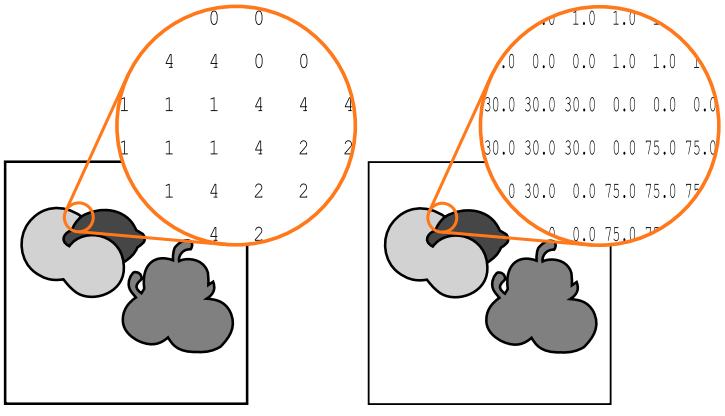
'class weights' Mit dem Hyperparameter 'class_weights' kann jeder Klasse ein Wert zugeordnet werden, mit welchem die jeweiligen Pixel während des Trainings gewichtet werden. Erhalten die verschiedenen Klassen unterschiedliche Gewichte, so wird das Netzwerk forciert, den Klassen beim Lernen eine unterschiedliche Bedeutung zu geben. Dies ist nützlich, wenn eine Klasse die Bildanteile dominiert, wie z.B. bei der Defekterkennung, wo die Defekte nur einen kleinen Teil des Bildes einnehmen. In solchen Fällen würde ein Netzwerk einen guten Wert für die Zielfunktion erzielen, indem es das gesamte Bild als Hintergrund (und somit als 'nicht defekt') klassifiziert. Den Klassen verschiedene Gewichte zuzuordnen hilft, die Verteilung besser auszubalancieren. Kurz, die Zielfunktion wird darauf fokussiert, insbesondere die Pixel zu lernen, die von Ihnen als wichtig bestimmt wurden.

Das Netzwerk erhält diese Gewichte über das Bild `weight_image`, welches für jedes Trainingsbild erstellt wird. In `weight_image` entspricht jeder Pixelwert dem Gewicht, welches das entsprechende Pixel des Eingabebildes während des Trainings erhält. Ein solches Bild `weight_image` kann durch Verwendung der folgenden beiden Prozeduren erstellt werden:

- `calculate_dl_segmentation_class_weights` bestimmt die verschiedenen Klassen-Gewichte. Die Prozedur verwendet das Konzept der Gewichte nach inverser Klassenhäufigkeit.
- `gen_dl_segmentation_weight_images` verwendet die Klassen-Gewichte und generiert die Bilder `weight_image`.

Dies muss vor dem Training getan werden. Normalerweise werden die Bilder während der Vorverarbeitung generiert und dies ist Teil der Prozedur `preprocess_dl_samples`. Es gilt zu beachten, dass dieser Hyperparameter in den verschiedenen Prozeduren `class_weights` oder `ClassWeights` genannt wird. Eine Darstellung, wie solche Bilder mit unterschiedlichen Gewichten aussehen können, ist in der Abbildung weiter unten gegeben.

Es gilt zu beachten, wird einem bestimmten Part eines Bildes das Gewicht von 0.0 gegeben, tragen diese Pixel nicht zur Zielfunktion bei (siehe „Das Netzwerk und der Trainingsprozess“ für mehr Informationen zur Zielfunktion).



(1) (2)

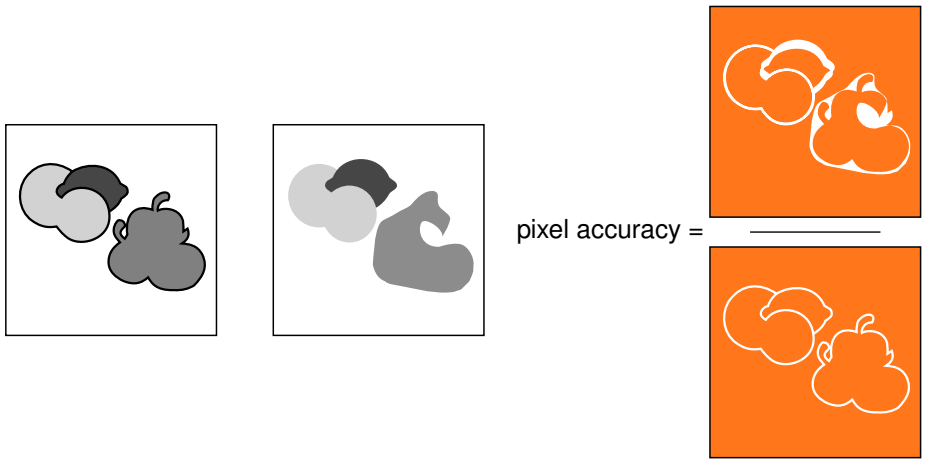
Schema zu den Bildern `weight_image`. Zur besseren Darstellung werden Grauwerte für die verschiedenen Nummern und Zahlen verwendet. (1) Das Bild `segmentation_image` definiert für jedes Pixel des Bildes seine Klasse, 0: Hintergrund (weiß), 1: Orange, 2: Zitrone, 3: Apfel und 4: Rand (schwarz), welche als 'ignore' deklariert wurde. (2) Das zugehörige Bild `weight_image`, welches die Klassen-Gewichte `class_weights` 0 liefert, Hintergrund: 1.0, Orange: 30.0, Zitrone: 75.0. Pixel von Klassen, die als 'ignore' deklariert wurden, erhalten das Gewicht 0.0. Dies betrifft hier die Klasse Rand.

Evaluierungsmaße für die Daten der Semantischen Segmentierung

Für die Semantische Segmentierung werden in HALCON folgende Evaluierungsmaße unterstützt. Es gilt zu beachten, dass zur Berechnung eines solchen Maßes die zugehörige Ground Truth Annotation notwendig ist. Die

verschiedenen Evaluierungsmaße die unten für ein einzelnes Bild erklärt werden (wie z.B. `mean_iou`), können auch für eine beliebige Anzahl Bilder berechnet werden. Dafür kann man sich ein einzelnes, großes Bild vorstellen, gebildet aus dem Ensemble an Einzelbildern. Es gilt zu beachten, dass die Pixel aller Klassen, die als 'ignore' deklariert wurden, für die Berechnung der Maße ignoriert werden.

`pixel_accuracy` Die Pixel Genauigkeit ist das Verhältnis aller korrekt klassifizierten Pixel zur Gesamtzahl Pixel.



(1) (2) (3)

Darstellungsbeispiel zur Pixel Genauigkeit `pixel_accuracy`: (1) Das Bild `segmentation_image` definiert die Ground Truth Klassenzuordnungen aller Pixel (siehe den obere Abschnitt „Daten"). (2) Das Ausgabebild, in welchem auch alle Pixel einer als 'ignore' deklarierten Klasse klassifiziert werden. (3) Die Pixel Genauigkeit ist das Verhältnis der beiden orangen Flächen. Es gilt zu beachten, dass die Pixel jeder Klasse, die als 'ignore' deklariert wurde, ignoriert werden.

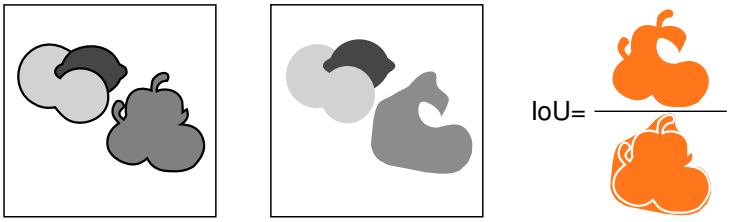
`class_pixel_accuracy` Die klassenweise Pixel Genauigkeit berücksichtigt nur die Pixel einer Klasse. Dieses Maß ist definiert als das Verhältnis aller korrekt dieser Klasse zugeordneten Pixel zur Gesamtzahl Pixel dieser Klasse.

Falls eine Klasse nicht vertreten ist, wird ihr für `class_pixel_accuracy` ein Wert *-1* zugewiesen und sie trägt nicht zum Mittelwert `mean_accuracy` bei.

`mean_accuracy` Die durchschnittliche Genauigkeit ist der Mittelwert der klassenweisen Pixel Genauigkeiten `class_pixel_accuracy` über alle vertretenen Klassen.

`class_iou` Die klassenweise Intersection over Union (IoU) gibt für eine Klasse das Verhältnis von korrekt zugeordneten Pixeln zur Anzahl an Pixeln, die entweder tatsächlich zu dieser Klasse gehören oder dieser zugeordnet wurden. Bildlich entspricht dies dem Verhältnis zwischen der Schnittmenge und der Vereinigungsmenge der Flächen, siehe auch die untere Darstellung.

Falls eine Klasse nicht vertreten ist, wird ihr für `class_iou` ein Wert *-1* zugewiesen und sie trägt nicht zum Mittelwert `mean_iou` bei.



(1) (2) (3)

Bildliches Beispiel der klassenweisen IoU, `class_iou`, anhand der Klasse Apfel. (1) Das Bild `segmentation_image` definiert die Ground Truth Klassenzuordnungen aller Pixel (siehe den obere Abschnitt „Daten"). (2) Das Ausgabebild, in welchem auch alle Pixel einer als 'ignore' deklarierten Klasse klassifiziert werden. (3) Die IoU ist das Verhältnis zwischen der Schnittmenge und der Vereinigungsmenge der beiden Flächen aus Pixel der Klasse Apfel. Es gilt zu beachten, dass die Pixel jeder Klasse, die als 'ignore' deklariert wurde, ignoriert werden.

mean_iou Die durchschnittliche IoU ist der Mittelwert der klassenweisen IoU `class_iou` über alle vertretenen Klassen. Es gilt zu beachten, dass alle vertretenen Klassen den gleichen Einfluss auf dieses Maß haben, unabhängig von ihrer Anzahl an Pixel.

frequency_weighted_iou Wie für die durchschnittliche IoU werden erst die klassenweisen IoU berechnet. Der Beitrag einer jeden Klasse zu diesem Maß ist abhängig von der Anzahl Pixel dieser Klasse. Dadurch können Klassen mit einer großen Anzahl an Pixeln dieses Maß dominieren.

pixel_confusion_matrix Das Konzept der Konfusionsmatrix wird im Abschnitt „Das Training beaufsichtigen“ des Kapitels Deep Learning erklärt. Dieses ist auch für die Semantische Segmentierung anwendbar, wo die Instanzen einzelne Pixel sind.

Kapitel 10

Develop

dev_clear_obj (Objects : : :)

Löschen von Bildobjekten aus der HALCON-Datenbank.

dev_clear_obj löscht ikonische Objekte, die nicht mehr benötigt werden, aus der Datenbank.

Achtung

In HDevelop dürfen ikonische Objekte nicht mit clear_obj gelöscht werden. Soll ein Objekt freigegeben werden, muss dev_clear_obj verwendet werden.

Parameter

▷ **Objects** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Zu löschende Objekte.

Ergebnis

dev_clear_obj liefert immer 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Siehe auch

clear_obj, dev_set_check, reset_obj_db

Modul

Foundation

dev_clear_window (: : :)

Löscht den Inhalt des aktiven Grafikfensters.

dev_clear_window löscht den Inhalt des aktiven Grafikfensters einschließlich der Historie der ausgegebenen Objekte. Die im Kontextmenü, über den Visualisierungsparameterdialog oder die entsprechenden Operatoren (z.B. dev_set_color, dev_set_draw, usw.) vorgenommenen Einstellungen der Ausgabeparameter bleiben dabei erhalten.

Der Operator ist äquivalent zur Löschen-Aktion in der Aktionsleiste des aktiven Grafikfensters oder im Visualisierungsmenü.

Ein Grafikfenster kann mit Hilfe von dev_set_window oder über den Aktivierungsknopf in der Aktionsleiste des Grafikfensters aktiviert werden.

Achtung

Beim Export von HDevelop-Programmen ist zu beachten, dass der für diesen Operator generierte Code sich anders verhalten kann, als der entsprechende HALCON-Operator. Eine detaillierte Beschreibung der Besonderheiten, die beim Export von grafischen HDevelop-Operatoren zu beachten sind, findet sich im „HDevelop User's Guide" im Kapitel Code Export ▷ General Aspects of Code Generation ▷ Graphics Windows.

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
regiongrowing (Image, Regions, 3, 3, 6, 100)
Number := |Regions|
dev_update_window ('off')
for i := 1 to Number by 1
  select_obj (Regions, RegionSelected, i)
  dev_clear_window ()
  dev_display (RegionSelected)
  * stop ()
endfor
```

Ergebnis

`dev_clear_window` liefert immer `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Vorgänger

`dev_set_window`, `dev_open_window`, `dev_display`

Nachfolger

`dev_display`

Siehe auch

`clear_window`

Modul

Foundation

dev_close_inspect_ctrl (: : Variable :)

Schließen von Inspektionsfenstern für eine oder mehrere Steuervariablen.

`dev_close_inspect_ctrl` ist das Gegenstück zum Operator `dev_inspect_ctrl`. Er schließt entsprechend der im Parameter `Variable` angegebenen Variablen ein oder mehrere Inspektionsfenster. Der Parameter `Variable` kann einen Ausdruck (z.B. ein Tupel) mit mehreren Variablennamen enthalten. Zuerst versucht `dev_close_inspect_ctrl` ein Inspektionsfenster zu finden, das genau die angegebenen Variablen enthält. Wird ein solches Fenster gefunden, wird es geschlossen. Ist kein Inspektionsfenster offen, das genau die spezifizierten Variablen enthält, wird für jede Variable das erste Inspektionsfenster, das diese Variable enthält, gesucht, und die entsprechende Spalte aus der Tabelle entfernt. Wird auf diese Art die letzte Spalte einer Inspektionstabelle entfernt, dann wird das Inspektionsfenster geschlossen.

Alternativ zum Operator `dev_close_inspect_ctrl` lassen sich die Inspektionsfenster auch über den `Schließen`-Knopf in der Titelzeile schließen.

Achtung

Dieser Operator funktioniert nur für einzelne schwebende Inspektionsfenster, d.h. Inspektionsfenster, die weder angedockt noch mit Registerkarten versehen sind.

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Parameter

▷ **`Variable`** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real* / integer / string
Name der Variablen, deren Inspektionsfenster geschlossen werden soll.

Beispiel

```
Var := 1
dev_inspect_ctrl (Var)
Var := [1,2,3,9,5,6,7,8]
Var[3] := 4
stop ()
dev_close_inspect_ctrl (Var)
```

Ergebnis

`dev_close_inspect_ctrl` liefert immer `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Vorgänger

dev_inspect_ctrl

Modul

Foundation

dev_close_tool (: : ToolId :)

Schließt das angegebene schwebende Tool-Fenster.

dev_close_tool schließt das Tool mit der ID ToolId.

Anstatt der ToolId kann auch der Name verwendet werden, der beim Öffnen mit dev_open_tool angeben werden muss. Allerdings wird dann ein beliebiges Fenster, zu dem der Parameter ToolId passt, verwendet.

Achtung

Dieser Operator funktioniert nur für einzelne schwebende Tools, d.h. Tools, die weder angedockt noch mit Registerkarten versehen sind.

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Parameter

▷ **ToolId** (input_control) . . . . . dev_tool ⇝ *string*
Tool-Identifikator.

Beispiel

```
dev_open_tool ('matching_assistant', 0, 0, 'default','default', ToolId)
dev_close_tool (ToolId)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_set_window den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Vorgänger

dev_set_tool_geometry, dev_open_tool

Nachfolger

dev_open_tool

Siehe auch

dev_show_tool

Modul

Foundation

dev_close_window (: : :)

Schließen des aktiven schwebenden Grafikfensters.

dev_close_window schließt das aktive schwebende Grafikfenster.

Der Operator ist äquivalent zum Drücken des Schließen-Knopfes in der Titelzeile des aktiven Grafikfensters oder dem Betätigen des entsprechenden Menüeintrages im Visualisierungsmenü.

Ein Grafikfenster kann mit Hilfe von dev_set_window oder über den Aktivierungsknopf in der Aktionsleiste des Grafikfensters aktiviert werden.

Achtung

Dieser Operator funktioniert nur für einzelne schwebende Grafikfenster, d.h. Grafikfenster, die weder angedockt noch mit Registerkarten versehen sind.

Beim Export von HDevelop-Programmen ist zu beachten, dass der für diesen Operator generierte Code sich anders verhalten kann, als der entsprechende HALCON-Operator. Eine detaillierte Beschreibung der Besonderheiten, die beim Export von grafischen HDevelop-Operatoren zu beachten sind, findet sich im „HDevelop User's Guide“ im Kapitel Code Export ▷ General Aspects of Code Generation ▷ Graphics Windows.

Beispiel

```
* close all windows
for i := 1 to 10 by 1
  dev_close_window ()
endfor
read_image (For5, 'for5')
get_image_size (For5, Width, Height)
dev_open_window (0, 0, Width, Height, 'black', WindowHandle)
dev_display (For5)
```

Ergebnis

`dev_close_window` liefert immer `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Vorgänger

`dev_set_window`, `dev_open_window`

Nachfolger

`dev_open_window`, `dev_get_window`

Siehe auch

`close_window`

Modul

Foundation

dev_disp_text (: : String, CoordSystem, Row, Column, Color, GenParamName, GenParamValue :)

Ausgabe von Text in einem Grafikfenster.

`dev_disp_text` gibt Text im aktiven Grafikfenster an der Position (`Row`,`Column`) aus.

Wird nur eine Position übergeben, wird für jedes Element in `String` eine Textzeile ausgegeben. Außerdem wird auch *'\n'* als Zeilenumbruch interpretiert.

Werden mehrere Positionen übergeben, ist nur ein einzelner String oder ein String für jede Position zulässig. In diesem Fall kann ein Zeilenumbruch nur über *'\n'* erreicht werden.

Zeilenumbrüche (*'\n'*) am Ende von `String` werden ignoriert.

Die Position des Texts kann in Fensterkoordinaten (`CoordSystem` = *'window'*) oder in Bildkoordinaten (`CoordSystem` = *'image'*), was für gezoomte Bilder nützlich ist, angegeben werden.

Zusätzlich zu (`Row`,`Column`) Koordinaten können auch vordefinierte Werte an `Row` und `Column` übergeben werden um Text an festen Positionen im Fenster anzuzeigen (nur für `CoordSystem` = *'window'*).:

'top', *'left'*	*'top'*, *'center'*	*'top'*, *'right'*
'center', *'left'*	*'center'*, *'center'*	*'center'*, *'right'*
'bottom', *'left'*	*'bottom'*, *'center'*	*'bottom'*, *'right'*

Der Parameter `Color` akzeptiert auch Farben-Tupel. In diesem Fall werden die Farben zyklisch für jede neue Textposition (oder für jede Textzeile wenn nur eine Position angegeben wurde) verwendet.

Generische Parameter

`dev_disp_text` kann den `String` innerhalb einer Box anzeigen. Dieses Verhalten und das Aussehen der Box wird mit den generischen Parametern in `GenParamName` und `GenParamValue` beeinflusst.

'box' Ist *'box'* auf *'true'* gesetzt, wird der Text innerhalb einer Box angezeigt. Die folgenden Parameter beeinflussen das Aussehen dieser Box und des optionalen Schattens der Box.

Werteliste: *'true'* und *'false'*

Default: *'true'*

'box_color' Setzt die Farbe der Box.

Werteliste: Ein String mit dem Namen der Farbe (z.B. *'white'*, *'red'* oder *'#aa00bba0'*)

Default: *'#fce9d4'* (ein helles Orange)

'shadow' Wird *'shadow'* auf *'true'* gesetzt, wird zusätzlich ein Schatten zu der Box angezeigt.

Werteliste: *'true'* und *'false'*

Default: *'true'* wenn *'box_color'* auf eine Farbe ohne Alphawert gesetzt wurde, ansonsten *'false'*

'shadow_color' Setzt die Farbe des Schattens.

Werteliste: Ein String mit dem Namen der Farbe (z.B. *'black'*, *'red'* oder *'#aa00bba0'*)

Default: *'#f28d26'* (ein dunkleres Orange) wenn *'box_color'* nicht gesetzt wurde, ansonsten *'white'*

'border_radius' Setzt die Abrundung der Ecken der Box. Für scharfe Ecken muss dieser Parameter auf *0*, für abgerundete Ecken auf höhere Werte gesetzt werden.

Werteliste: positive reelle Zahl oder 0

Default: 2

'box_padding' Bestimmt, wie stark die Box über den Text hinaus geht.

Werteliste: positive reelle Zahl

Default: 0

'shadow_sigma' Bestimmt, wie stark der Schatten hinter der Box weichgezeichnet wird. Für scharfe Schatten muss dieser Parameter auf 0 gesetzt werden.

Werteliste: positive reelle Zahl oder 0

Default: 1.5

'shadow_dx' und 'shadow_dy' Der Offset des Schattens in Spalten- (*'shadow_dx'*) und Zeilenrichtung (*'shadow_dy'*) in Pixeln.

Werteliste: reelle Zahlen

Default: 2

'backdrop_blur_sigma' Bestimmt, wie stark der Hintergrund der Box weichgezeichnet wird. Hat nur dann eine Auswirkung wenn *'box'* auf *'true'* gesetzt ist und *'box_color'* nicht opak ist (d.h. der Alpha-Anteil ist kleiner als 255). Es wird empfohlen, *'backdrop_blur_sigma'* mit *'shadow'* auf *'false'* gesetzt zu verwenden.

Werteliste: positive reelle Zahl oder 0

Default: 0

'rotate_phi' Winkel in Grad um den der Text rotiert wird.

Werteliste: reelle Zahlen

Default: 0

'rotate_col' Spaltenkoordinate des Rotationszentrums falls *'rotate_phi'* nicht Null ist. Entweder kann durch das Setzen einer reellen Zahl eine Spaltenkoordinate für das Rotationszentrum bestimmt werden, oder das Rotationszentrum wird an die linke Kante (*'text_left'*), rechte Kante (*'text_right'*), oder in das Zentrum (*'text_center'*) der Textbox gesetzt.

Werteliste: reelle Zahlen oder *'text_left'*, *'text_center'*, *'text_right'*

Default: *'text_center'*

'rotate_row' Zeilenkoordinate des Rotationszentrums falls *'rotate_phi'* nicht Null ist. Entweder kann durch das Setzen einer reellen Zahl eine Zeilenkoordinate für das Rotationszentrum bestimmt werden, oder das Rotationszentrum wird an die obere Kante (*'text_top'*), untere Kante (*'text_bottom'*), oder in das Zentrum (*'text_center'*) der Textbox gesetzt.

Werteliste: reelle Zahlen oder *'text_top'*, *'text_center'*, *'text_bottom'*

Default: *'text_center'*

'border_color' Bestimmt die Farbe des Randes um die Textbox.

Werteliste: Ein String mit dem Namen der Farbe (z.B. *'black'*, *'red'* oder *'#aa00bba0'*)

Default: *'#ffffff'*

'border_width' Bestimmt die Breite des Randes um die Textbox.

Werteliste: positive reelle Zahl oder 0

Default: 0

Achtung

Beim Export von HDevelop-Programmen ist zu beachten, dass der für diesen Operator generierte Code sich anders verhalten kann, als der entsprechende HALCON-Operator. Eine detaillierte Beschreibung der Besonderheiten, die beim Export von grafischen HDevelop-Operatoren zu beachten sind, findet sich im „HDevelop User's Guide" im Kapitel Code Export ▷ General Aspects of Code Generation ▷ Graphics Windows.

Parameter

- ▷ **String** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Ein Tupel von Strings mit den anzuzeigenden Texten. Jeder String wird in einer Zeile ausgegeben.
  Default: 'hello'
- ▷ **CoordSystem** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Koordinatensystem für die Textposition. 'window' steht für das Fensterkoordinatensystem, 'image' für das Bildkoordinatensystem.
  Default: 'window'
  Werteliste: CoordSystem ∈ {'window', 'image'}
- ▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Vertikale Textausrichtung oder Zeilenkoordinate der Textposition.
  Default: 12
  Werteliste: Row ∈ {12, 'bottom', 'center', 'top'}
- ▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Horizontale Textausrichtung oder Spaltenkoordinate der Textposition.
  Default: 12
  Werteliste: Column ∈ {12, 'center', 'left', 'right'}
- ▷ **Color** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Ein Tupel von Strings für die Farben der Texte.
  Default: 'black'
  Werteliste: Color ∈ {'black', 'blue', 'yellow', 'red', 'green', 'cyan', 'magenta', 'forest green', 'lime green', 'coral', 'slate blue'}
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: GenParamName ∈ {'backdrop_blur_sigma', 'box', 'shadow', 'box_color', 'shadow_color', 'border_radius', 'box_padding', 'shadow_sigma', 'shadow_dx', 'shadow_dy', 'rotate_phi', 'rotate_col', 'rotate_row', 'border_color', 'border_width'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Werte der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: GenParamValue ∈ {'true', 'false', 'white', 'red', 'forest green', 'black', 'blue', 5.0}

Beispiel

```
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle)
dev_disp_text ('Display some text in a box', 'window', 12, 12, \
               'black', [], [])
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_disp_text den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Vorgänger

dev_open_window, set_font, get_string_extents

Alternativen

disp_text, write_string

Siehe auch

get_string_extents, set_font

Modul

Foundation

dev_display (Object : : :)

Ausgabe von Bildobjekten in einem Grafikfenster.

dev_display gibt ein Bildobjekt (Bild, Region oder XLD) im aktiven Grafikfenster aus. Dies ist äquivalent zu einem Doppelklick auf das entsprechende Icon im Variablenfenster.

Achtung

Beim Export von HDevelop-Programmen ist zu beachten, dass der für diesen Operator generierte Code sich anders verhalten kann, als der entsprechende HALCON-Operator. Eine detaillierte Beschreibung der Besonderheiten, die beim Export von grafischen HDevelop-Operatoren zu beachten sind, findet sich im „HDevelop User's Guide" im Kapitel Code Export ▷ General Aspects of Code Generation ▷ Graphics Windows.

Parameter

▷ **Object** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Auszugebende Bildobjekte.

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
regiongrowing (Image, Regions, 3, 3, 6, 100)
dev_clear_window ()
dev_display (Image)
dev_set_colored (12)
dev_set_draw ('margin')
dev_display (Regions)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_display den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Alternativen

disp_obj, disp_image, disp_region, disp_xld

Siehe auch

dev_set_color, dev_set_colored, dev_set_draw, dev_set_line_width

Modul

Foundation

dev_error_var (: : ErrorVar, Mode :)

Fehlervariable festlegen.

dev_error_var legt eine Fehlervariable fest, die den Rückgabewert des letzten Operatoraufrufs enthält. ErrorVar enthält 2 (H_MSG_TRUE), wenn kein Fehler aufgetreten ist. Der Parameter Mode legt fest, ob die Fehlervariable benutzt werden soll (*1*) oder nicht (*0*). Ist eine Fehlervariable aktiv, wird sie nach jeder Operatorausführung aktualisiert. Aus diesem Grunde ist ein Wert nur bis zum nächsten Operatoraufruf gültig. Der Wert kann gespeichert werden, indem er einer anderen Variablen zugewiesen wird (siehe Beispiel) oder durch Aufruf von dev_error_var(ErrorVar,0).

Parameter

▷ **ErrorVar** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Name der Variablen, die den Status enthalten soll.
Default: 'ErrorVar'

▷ **Mode** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Ein- oder Ausschalten der Fehlervariablen.
Default: 1
Werteliste: Mode ∈ {0, 1}

Beispiel

```
dev_close_window ()
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle)
dev_error_var (Error, 1)
dev_set_check ('~give_error')
FileName := 'wrong_name'
read_image (Image, FileName)
ReadError := Error
if (ReadError != H_MSG_TRUE)
  write_string (WindowHandle, 'wrong file name: '+FileName)
endif
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `dev_error_var` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Vorgänger

`dev_set_check`

Nachfolger

`dev_set_check`, `if`, `elseif`, `else`, `assign`

Siehe auch

`dev_set_check`, `set_check`

Modul

Foundation

dev_get_exception_data (: : Exception, Name : Value)

Ermöglicht den Zugriff auf definierte Elemente eines Exception-Tupels.

Der Operator `dev_get_exception_data` erlaubt den Zugriff auf definierte Elemente eines mit `catch` gefangenen Exception-Tupels. Bis auf den Fehlercode, der immer an der ersten Stelle des Exception-Tupels steht, müssen alle anderen Daten des Exception-Tupels mittels `dev_get_exception_data` abgefragt werden, da sich die Reihenfolge und der Umfang der bereitgestellten Informationen unter Umständen in zukünftigen Versionen ändern und sich beim exportierten Code von Sprache zu Sprache unterscheiden kann.

In HDevelop und HDevEngine enthält das Exception-Tupel, das an den Parameter `Exception` übergeben wird, bei einem Operatorfehler die nachfolgend aufgelisteten Daten. Dabei ist der Slot-Name an den Parameter `Name` zu übergeben, die gewünschte Information wird in `Value` zurückgeliefert. Es können auch mehrere Slots gleichzeitig abgefragt werden. In diesem Fall ist ein Tupel mit den Slotnamen zu übergeben, in `Value` wird ein entsprechendes Tupel mit den angeforderten Daten zurückgeliefert. Ist eine gewünschte Information nicht verfügbar, wird als Ergebnis für diesen Wert ein leerer String (”) zurückgeliefert.

Der Operator `dev_get_exception_data` ist nur für die Verwendung in HDevelop und HDevEngine gedacht. Manche Informationen sind nicht verfügbar, wenn der Operator exportiert wird.

'error_code': HALCON- oder benutzerdefinierter Fehlercode. Die HALCON-Fehlercodes (Codes < 10000) werden im Anhang des „Extension Package Programmer's Manual“ aufgelistet.

'add_error_code': Zusätzlicher HDevelop-spezifischer Fehlercode, der darüber informiert, ob der Fehler innerhalb des HALCON-Operators generiert wurde (Fehlercode = 21000), oder ob er bereits bei der Übergabe der Parameter, d.h. bei der Auswertung der Parameterausdrücke aufgetreten ist. Im zweiten Fall wird mit diesem Fehlercode die Art des Fehlers genauer spezifiziert. Die relevanten HDevelop-Fehlercodes sind unten aufgelistet.

'error_message': HALCON-Fehlertext.

'add_error_message': Fehlertext, der HDevelop-spezifischen Fehler beschreibt.

'program_line': Zeilennummer, in der der Fehler aufgetreten ist.

'operator': Name des Operators (tritt der Fehler in einer geschützten Prozedur auf, wird `'--protected--'` zurückgeliefert).

'call_stack_depth': Aufruftiefe ('main' hat die Tiefe 1).

'procedure': Name der Prozedur.

'user_data': Benutzerdefiniertes Exception-Tupel - das sind die Daten, die beim Weitergeben einer Operatorfehler-Exception an das Exception-Tupel hinten angehängt wurden, bzw. die Daten, die bei einer benutzerdefinierten Exception hinter dem Fehlercode ($\geq$ 30000) folgen. Enthält das Exception-Tupel keine benutzerdefinierten Daten, wird ein leeres Tupel zurückgeliefert. Achtung: Diese Daten können nicht zusammen mit anderen Informationen in einem `dev_get_exception_data`-Aufruf abgefragt werden.

Parameter

▷ **`Exception`** (input_control) ..... exception-array ⇝ *integer* / string
Tupel mit den Fehlerdaten oder eigenen Fehlercodes.

▷ **`Name`** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der gewünschten Fehlerdaten.
Default: 'error_code'
Werteliste: `Name` ∈ {'error_code', 'add_error_code', 'error_message', 'add_error_message', 'operator', 'procedure', 'program_line', 'call_stack_depth', 'user_data'}

▷ **`Value`** (output_control) ..... attribute.value-array ⇝ *integer* / string
Angeforderte Fehlerdaten.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `dev_get_exception_data` (als Operator) den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Vorgänger

`catch`

Siehe auch

`try`, `catch`, `endtry`, `throw`, `dev_set_check`

Modul

Foundation

`dev_get_preferences` (: : PreferenceNames : PreferenceValues)

Abfragen von HDevelop-Einstellungen innerhalb eines Programms.

`dev_get_preferences` ermöglicht die Abfrage ausgewählter HDevelop-Einstellungen aus einem Programm heraus. Folgende Einstellungen werden unterstützt:

'graphics_window_context_menu': Fragt ab, ob ein Rechtsklick im Grafikfenster das Kontextmenü öffnet oder nicht. Standardmäßig ist das Kontextmenü aktiviert.

'graphics_window_mouse_wheel': Fragt ab, ob das Mausrad im Grafikfenster zum Zoomen verwendet wird oder nicht. Standardmäßig ist das Mausrad aktiviert.

'graphics_window_tool_tip': Fragt ab, ob im Grafikfenster beim Drücken der Ctrl-Taste ein Tooltipp mit der Mausposition und dem Grauwert unter der Maus erscheinen soll oder nicht. Standardmäßig ist der Tooltipp aktiviert.

'suppress_handled_exceptions_dlg': Fragt ab, ob bei einer Exception, die innerhalb eines `try-catch` Blocks geworfen wird, der Fehler-Dialog unterdrückt werden soll oder nicht. Diese Option ist persistent in der HDevelop.ini Datei gespeichert und kann auch über den Einstellungen Dialog / Allgemeine Optionen / Erfahrene Anwender konfiguriert werden.

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Parameter

▷ **PreferenceNames** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Auswahl der abzufragenden Präferenzen.
Default: 'graphics_window_context_menu'
Werteliste: PreferenceNames ∈ {'graphics_window_context_menu', 'graphics_window_mouse_wheel', 'graphics_window_tool_tip', 'suppress_handled_exception_dlg'}

▷ **PreferenceValues** (output_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string*
Werte der ausgewählten Präferenzen.

Siehe auch

dev_set_preferences

Modul

Foundation

dev_get_system (: : SystemQueries : SystemInformations)

Informationen über die aktuellen HDevelop-Systemparameter.

dev_get_system liefert Informationen über die aktuellen HDevelop Systemparameter zurück.

Nur lesbare Parameter

Es können folgende Systemparameter abgefragt werden:

'call_stack': Gibt den Aufrufstapel zurück, d. h. die Prozedurnamen und Zeilen der Aufrufe. Siehe auch „Thread View / Call Stack“ im HDevelop User's Guide.
Achtung: Diese Option funktioniert nur, wenn die Ausführung ohne JIT-Kompilierung erfolgt.

'engine_environment': Liefert *'HDevelop'* wenn er aus HDevelop abgefragt wird, ansonsten *'HDevEngine'*.

'jit_enabled': Liefert den Wert *'true'* wenn der JIT Compiler angeschaltet ist, sonst *'false'*. Nicht alle Prozeduren können JIT kompiliert werden.

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Parameter

▷ **SystemQueries** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Auswahl der abzufragenden Systemparameter.
Default: 'engine_environment'
Werteliste: SystemQueries ∈ {'call_stack', 'engine_environment', 'jit_enabled'}

▷ **SystemInformations** (output_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string*
Werte der ausgewählten Systemparameter.

Modul

Foundation

dev_get_window (: : : WindowHandle)

Abfragen des Fensterhandles des aktiven Grafikfensters.

dev_get_window liefert den Fensterhandle das aktiven Grafikfenster zurück. Ist kein Grafikfenster offen, ist der Rückgabewert *-1*.

Achtung

Beim Export von HDevelop-Programmen ist zu beachten, dass der für diesen Operator generierte Code sich anders verhalten kann, als der entsprechende HALCON-Operator. Eine detaillierte Beschreibung der Besonderheiten, die beim Export von grafischen HDevelop-Operatoren zu beachten sind, findet sich im „HDevelop User's Guide“ im Kapitel Code Export ▷ General Aspects of Code Generation ▷ Graphics Windows.

Parameter

▷ **WindowHandle** (output_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

Beispiel

```
read_image (Image,'mreut')
threshold (Image, Region, 100, 200)
dev_open_window (1, 1, 200, 200, 'black', WindowID1)
dev_open_window (1, 220, 200, 200, 'black', WindowID2)
dev_get_window (CurrentWindowID)
dev_set_window (WindowID1)
dev_set_color ('blue')
dev_display (Image)
dev_display (Region)
dev_set_window(CurrentWindowID)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `dev_get_window` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Vorgänger

`dev_close_window`

Nachfolger

`dev_set_window`

Modul

Foundation

dev_inspect_ctrl (: : Variable :)

Öffnet ein Fenster zur Inspektion einer oder mehrerer Steuervariablen.

`dev_inspect_ctrl` öffnet ein Inspektionsfenster, in dem die Werte einer oder mehrerer Steuervariablen angezeigt werden.

Das Standard-Inspektionsfenster zeigt die Variablenwerte mit einigen optionalen Statistiken in einer Tabelle an. Der Titel des Fensters wird aus den Namen der angegebenen Parameternamen generiert. Für einige semantische Typen existiert eine spezielle Darstellung. Beispielsweise werden Funktionen standardmäßig als Funktionsplot angezeigt. Weitere Informationen finden Sie im Kapitel „`Inspecting Variables`“ im „`HDevelop User's Guide`“.

Durch die Übergabe eines Tupels von Variablen in `Variable` kann ein Inspektionsfenster für mehrere Variablen geöffnet werden. Es ist weiter möglich, den Inspektionsmodus explizit zu bestimmen, indem man als erstes Element eine entsprechende Zeichenkette als Literal einfügt:

'tuple': Zeigt die Werte im normalen Inspektionsfenster an, selbst wenn für den semantischen Type der Variable eine spezielle Repräsentation existiert.

'plot': Stellt die Werte numerischer Variablen grafisch gegen den Tupelindex dar.

'plot_xy': Stellt die Werte numerischer Variablen grafisch als X-Y Paare dar. Hierzu übergibt man eine gerade Anzahl an Variablen, die jeweils paarweise dieselbe Länge haben müssen.

Es ist zu beachten, dass in einem Aufruf von `dev_inspect_ctrl` keine Ausdrücke ausgewertet werden, sondern nur die enthaltenen Parameternamen geparst werden. Operationen wie beispielsweise der Zugriff auf einen bestimmten Indexbereich von Tupeln oder arithmetische Operationen müssen daher vorab ausgeführt werden.

Normalerweise wird der Fensterinhalt aktualisiert, sobald sich die Werte der Variablen ändern. Dieses Verhalten kann jedoch durch den Operator `dev_update_var` oder die Einstellung `Variablen aktualisieren` beeinflusst werden.

Das Fenster kann durch Drücken des Schließen-Knopfes oder den Aufruf von dev_close_inspect_ctrl geschlossen werden.

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Parameter

▷ **Variable** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer* / real / string
Name der Variablen, deren Inhalt untersucht werden soll.

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
regiongrowing (Image, Regions, 3, 3, 6, 100)
area_center (Regions, Area, Row, Column)
dev_inspect_ctrl (Area)
dev_inspect_ctrl (['plot_xy', Row, Column])
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_inspect_ctrl den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Siehe auch

dev_update_var

Modul

Foundation

dev_open_dialog (: : DialogName :)

Öffnen eines modalen HDevelop-Dialogs.

dev_open_dialog öffnet einen modalen HDevelop-Dialog vom Typ DialogName. DialogName gibt an welcher Dialog geöffnet werden soll.

Folgende Dialoge werden unterstützt:

DialogName	Dialog
'about_dialog'	Über Dialog
'duplicate_procedure_dialog'	Prozedur duplizieren Dialog
'export_dialog'	Exportieren Dialog
'open_graphics_windows_dialog'	Grafikfenster öffnen Dialog
'insert_visualization_code_dialog'	Visualisierungscode einfügen Dialog
'read_image_dialog'	Read Image dialog
'print_dialog'	Drücken Dialog
'properties_dialog'	Eigenschaften Dialog
'save_window_dialog'	Grafikfenster als Bild speichern Dialog

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Parameter

▷ **DialogName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des zu öffnenden Dialogs.

Beispiel

```
dev_open_dialog ('print_dialog')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `dev_set_window` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Modul

Foundation

dev_open_file_dialog (: : Filter, Mode, Path : Selection)

Öffnet den Dateiauswahldialog.

`dev_open_file_dialog` öffnet den Dateiauswahldialog zum Lesen von einer Datei (`Mode` = *'read'*), zum Lesen von einer oder mehrerer Dateien (`Mode` = *'read_multi'*), zum Schreiben (`Mode` = *'write'*) einer Datei oder zur Auswahl eines Verzeichnisses (`Mode` = *'dir'*). Wird `Mode` auf *'default'* gesetzt und für den `Filter` ein HALCON Operator eingesetzt, dann wird die Auswahldialog passend zum Operator verwendet.

Der `Filter` kann verwendet werden um die Dateitypen zu selektieren, welche zum Lesen oder Schreiben ausgewählt werden sollten. `Filter` kann auf einen HALCON Operator gesetzt werden, zum Beispiel `read_image`, welcher die ausgewählte Datei dann zum Lesen oder Schreiben verwenden sollte. Wird ein HALCON Operator verwendet, dann wird der Filter passend für diesen Operator gesetzt. Um Bilder vom Typ JPG und TIFF auszuwählen, könnte der Filter so aussehen *'Bilder (*.jpg *.tiff *.tif)'* oder so *'JPEG Files (*.jpg);;TIFF Files (*.tiff *.tif)'*. Im ersten Fall werden alle unterstützten Bilder gleichzeitig aufgelistet, im zweiten Fall ist es möglich zwischen JPEG Files und TIFF Files zu wählen. Beim Filter wird nicht zwischen Groß- und Kleinschreibung unterschieden, somit liefert *'JPEG Files (*.jpg)'* und *'JPEG Files (*.JPG)'* das gleiche Ergebnis. Der Filter wird mit dem Eintrag *'All Files (*)'* ergänzt. Mehrer Filter müssen mit *';;'* kombiniert werden.

Beispiele:

Der Filter *'Bilder (*.jpg *.tiff *.tif)'* listet alle Dateien mit der Endung jpg,tiff und tif.

Der Filter *'JPEG Files (*.jpg)'* listet alle Dateien mit der Endung jpg

Kombination von 3 Filtern: *'Bilder (*.jpg *.tiff *.tif);;JPEG Files (*.jpg);; TIFF Files (*.tiff *.tif)'*

Der Parameter `Path` kann verwendet werden um das Arbeitsverzeichnis zu wählen. Falls `Path` auf *'default'* gesetzt wird, verwendet der Dialog das für diesen `Mode` zuletzt verwendete Arbeitsverzeichnis.

Nach der erfolgreichen Ausführung enthält `Selection` die selektierte Datei, bzw. das Verzeichnis, oder die selektierten Dateien.

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Parameter

- ▷ **`Filter`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Auswahl der Dateitypen.
- ▷ **`Mode`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Modus der Dateiauswahldialogs.
  Default: 'default'
  Werteliste: `Mode` ∈ {'default', 'read', 'read_multi', 'write', 'dir'}
- ▷ **`Path`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Arbeitsverzeichnis.
  Default: 'default'
- ▷ **`Selection`** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Selektierte Dateinamen oder Verzeichnis.
  Default: 'default'

Beispiel

```
dev_open_file_dialog ('read_image', 'default','c:/',Selection)
read_image(ToolId, Selection)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `dev_update_pc` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Alternativen

dev_open_dialog

Siehe auch

dev_open_dialog

Modul

Foundation

dev_open_tool (: : ToolName, Row, Column, Width, Height, GenParamName, GenParamValue : ToolId)

Öffnen eines HDevelop Tools, eines nicht-modalen Dialogs oder eines Assistenten.

dev_open_tool öffnet ein HDevelop Tool, einen nicht-modalen Dialog oder einen Assistenten. Der Parameter ToolName enthält den Namen des zu öffnenden Tools. Als Rückgabewert liefert der Operator im Parameter ToolId die Tool-ID. Diese kann dann in Operatoren, wie dev_set_tool_geometry, dev_show_tool und dev_close_tool verwendet werden um ein bestimmtes HDevelop Tool anzusprechen. Das geöffnete Fenster wird automatisch aktiv.

Mithilfe des Schließen-Knopfes im Fensterrahmen, oder durch Aufruf von dev_close_tool kann das Tool geschlossen werden.

Die Parameter GenParamName und GenParamValue sind optional. Sie können verwendet werden um eine bestimmte Seite des Tools ToolName anzuzeigen, siehe weiter unten. Werden sie auf *[]* gesetzt, so wird das Tool mit den Standardeinstellungen geöffnet.

Folgend werden die unterstützten Tools thematisch sortiert gelistet.

Das **Hauptfenster** betreffende unterstützte Werte für ToolName:

- *'graphics_window'*: Grafikfenster
- *'operator_window'*: Operatorfenster
- *'program_window'*: Programmfenster
- *'variable_window'*: Variablenfenster

Die **Assistenten** betreffende unterstützte Werte für ToolName:

- *'calibration_assistant'*: Calibration Assistent
  Unterstützte Werte für GenParamName:
  - *'page'*: Legt die anzuzeigende Seite fest. Unterstützte Werte für GenParamValue:
    - *'setup'*: Aufbau
    - *'calibration'*: Kalibrierung
    - *'result'*: Ergebnisse
    - *'code_generation'*: Codegenerierung

    Beispiel: dev_open_tool('calibration_assistant', ..., 'page', 'result', ...) öffnet den Calibration Assistenten mit der Tab-Karte Ergebnisse.
- *'image_acquisition_assistant'*: Image Acquisition Assistent
  Unterstützte Werte für GenParamName:
  - *'page'*: Legt die anzuzeigende Seite fest. Unterstützte Werte für GenParamValue:
    - *'source'*: Quelle
    - *'connection'*: Verbindung
    - *'parameters'*: Parameter
    - *'code_generation'*: Codegenerierung

    Beispiel: dev_open_tool('image_acquisition', ...,'page', 'source', ...) öffnet den Image Acquisition Assistenten mit der Tab-Karte Quelle.
- *'matching_assistant'*: Matching Assistent
  Unterstützte Werte für GenParamName:

  - *'page'*: Legt die anzuzeigende Seite fest. Unterstützte Werte für `GenParamValue`:
    - *'model_creation'*: Modellerzeugung
    - *'model_parameter'*: Modellparametrierung
    - *'model_use'*: Modellanwendung
    - *'inspect'*: Inspektion
    - *'code_generation'*: Codegenerierung

    Beispiel: `dev_open_tool('matching_assistant', ..., 'page', 'inspect', ...)` öffnet den Matching Assistenten mit der Tab-Karte `Inspektion`.

- *'measure1d_assistant'*: Measure Assistent
  Unterstützte Werte für `GenParamName`:
  - *'page'*: Legt die anzuzeigende Seite fest. Unterstützte Werte für `GenParamValue`:
    - *'input'*: Eingabe
    - *'edges'*: Kanten
    - *'fuzzy'*: Fuzzy
    - *'result'*: Ergebnisse
    - *'code_generation'*: Codegenerierung

    Beispiel: `dev_open_tool('measure1d_assistant', ..., 'page', 'edges', ...)` öffnet den Measure Assistenten mit der Tab-Karte `Kanten`.
- *'ocr_assistant'*: OCR Assistent

Die **Tools** betreffende unterstützte Werte für `ToolName`:

- *'call_stack'*: Aufrufliste
- *'canvas'*: Canvas-Fenster
- *'feature_histogram'*: Merkmalshistogramm
- *'feature_inspection'*: Merkmalsinspektion
- *'gray_histogram'*: Grauwerthistogramm
- *'line_profile'*: Linienprofile
- *'zoom_window'*: Zoomfenster
- *'ocr_training_file_browser'*: OCR Trainingsdateien Browser

Die **Dialoge** betreffende unterstützte Werte für `ToolName`:

- *'browse_examples_dialog'*: Beispiele durchsuchen
- *'create_procedure_dialog'*: Prozedur erstellen
- *'edit_procedure_interface_dialog'*: Prozedurschnittstellen bearbeiten
- *'find_replace_dialog'*: Suchen Ersetzen
- *'output_console'*: Ausgabekonsole
- *'quick_navigation'*: Schnellzugriff
  Unterstützte Werte für `GenParamName`:
  - *'page'*: Legt die anzuzeigende Seite fest. Unterstützte Werte für `GenParamValue`:
    - *'invalid_lines'*: Ungültige Zeilen
    - *'find_results'*: Suchergebnisse
    - *'breakpoints'*: Haltepunkte
    - *'bookmarks'*: Lesezeichen

    Beispiel: `dev_open_tool('quick_navigation', ..., 'page', 'breakpoints', ...)` öffnet die Programmzeilenansicht mit der Tab-Karte `Haltepunkte`.
- *'breakpoints_dialog'*: Schnellzugriff / Haltepunkte
- *'bookmarks_dialog'*: Schnellzugriff / Lesezeichen
- *'invalid_lines_dialog'*: Schnellzugriff / Ungültige Zeilen

- *'visualization_parameters_dialog'*: Visualisierungs-Parameter
- *'help'*: Hilfefenster
  Unterstützte Werte für `GenParamName`:
  - *'page'*: Legt die anzuzeigende Seite fest. Unterstützte Werte für `GenParamValue`:
    * *'contents'*: Inhalt
    * *'operator'*: Operator
    * *'search'*: Suche
    * *'index'*: Index
    * *'bookmarks'*: Lesezeichen

    Beispiel: `dev_open_tool('help', ..., 'page', 'search', ...)` öffnet die Hilfe und zeigt die Tab-Karte `Suche` an.
  - *'operator'*: Legt fest welche Operatorbeschreibung angezeigt werden soll.
    Unterstützte Werte für `GenParamName`: Operatorennamen (in „snake case"-Notation).
    Beispiel: `dev_open_tool('help', ..., ['page','operator'], ['search','read_image'] ...)` öffnet die Hilfe, wählt die Tab-Karte `Suche` und zeigt die Beschreibung des Operators `read_image`.
  - *'manual'*: Legt das anzuzeigende Manual fest.
    Unterstützte Werte für `GenParamName`: Manualname (inklusive deren Pfad, beide in „snake case"-Notation).
    Beispiel: `dev_open_tool('help', 'default', 'default', 'default', 'default', 'manual', 'hdevelop_users_guide/hdevelop_users_guide_0000', ToolId)` öffnet das Manual „`HDevelop User's Guide`".
- *'preferences'*: Einstellungen
  Unterstützte Werte für `GenParamName`:
  - *'page'*: Legt die anzuzeigende Seite fest. Unterstützte Werte für `GenParamValue` werden als anhand der Menüzugehörigkeit gelistet.
    Für das Menü `Benutzerschnittstelle` unterstützte Werte für `GenParamValue`:
    * *'user_interface/program_window'*: Programmfenster
    * *'user_interface/fonts'*: Schriftarten
    * *'user_interface/language'*: Sprache
    * *'user_interface/themes'*: Themes

    Für das Menü `Prozeduren` unterstützte Werte für `GenParamValue`:
    * *'procedures/directories'*: Verzeichnisse
    * *'procedures/external_procedures'*: Externe Prozeduren
    * *'procedures/manage_procedure_libraries'*: Prozedurbibliothek verwalten
    * *'procedures/manage_passwords'*: Passwörter verwalten
    * *'procedures/procedure_use'*: Prozedurverwendung
    * *'procedures/unresolved_procedure_calls'*: Nicht aufgelöste Prozeduraufrufe

    Für das Menü `Allgemeine Optionen` unterstützte Werte für `GenParamValue`:
    * *'general_options/general_options'*: Allgemeine Optionen
    * *'general_options/experienced_user'* & Erfahrener Anwender

    Für das Menü `Visualisierung` unterstützte Werte für `GenParamValue`:
    * *'visualization_settings/pen'*: Stift
    * *'visualization_settings/lut'*: LUT
    * *'visualization_settings/paint'*: Darstellung

    Für das Menü `Laufzeiteinstellungen` unterstützte Werte für `GenParamValue`:
    * *'runtime_settings/runtime_settings'*: Laufzeiteinstellung
    * *'runtime_settings/override_operator_behavior'*: Operatorverhalten aufheben

    Für das Menü `Telemetrieeinstellungen` unterstützte Werte für `GenParamValue`:
    * *'telemetry_settings'*: Telemetrieeinstellungen

Beispiel: `dev_open_tool('preferences', ..., 'page', 'user_interface/language', ...)` öffnet die Tab-Karte `Sprache` der Gruppe `Benutzerschnittstelle`.

- *'halcon_news'*: HALCON News Webseite - für `ToolId` wird nur ein leeres Tupel zurückgegeben, da diese Aktion nur zum Öffnen der News-Seite dient.

Mit den Parametern `Row` und `Column` kann das HDevelop Tool an einer bestimmten Position geöffnet werden. Beachten Sie, dass die unter `Bearbeiten` ▷ `Einstellungen` ▷ `Allgemeine Optionen` ▷ `Allgemeine Optionen` ▷ `Window open offset` angegebenen Versatzwerte zum Zeilenindex bzw. zum Spaltenindex addiert werden. Weitere Informationen finden Sie im Kapitel „Menu `Edit`“ im „`HDevelop User's Guide`“. Zum Verwenden des Standardverhalten, also das Tool an der zuletzt geöffneten Position zu positionieren, sollte *'default'* übergeben werden.

Die Parameter `Width` und `Height` können verwendet werden um das Tool mit einer bestimmten Größe zu öffnen. Um die zuletzt verwendete Größe zu verwenden, sollte der Wert *'default'* übergeben werden.

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Parameter

▷ **`ToolName`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Toolname.
Werteliste: `ToolName` ∈ {'graphics_window', 'operator_window', 'program_window', 'variable_window', 'calibration_assistant', 'image_acquisition_assistant', 'matching_assistant', 'measure1d_assistant', 'ocr_assistant', 'call_stack', 'canvas', 'feature_histogram', 'feature_inspection', 'gray_histogram', 'line_profile', 'zoom_window', 'ocr_training_file_browser', 'browse_examples_dialog', 'create_procedure_dialog', 'edit_procedure_interface_dialog', 'find_replace_dialog', 'output_console', 'quick_navigation', 'breakpoints_dialog', 'bookmarks_dialog', 'invalid_lines_dialog', 'visualization_parameters_dialog', 'help', 'preferences', 'halcon_news'}

▷ **`Row`** (input_control) . . . . . rectangle.origin.y ⇝ *integer* / string
Zeile der oberen linken Ecke.
Default: 'default'
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **`Column`** (input_control) . . . . . rectangle.origin.x ⇝ *integer* / string
Spalte der oberen linken Ecke.
Default: 'default'
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **`Width`** (input_control) . . . . . rectangle.extent.x ⇝ *integer* / string
Breite des Tools.
Default: 'default'
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: Width > 0

▷ **`Height`** (input_control) . . . . . rectangle.extent.y ⇝ *integer* / string
Höhe des Tools.
Default: 'default'
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: Height > 0

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: []

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string*
Werte der generischen Parameter.
Default: []

▷ **`ToolId`** (output_control) . . . . . dev_tool ⇝ *string*
Tool-Identifikator.

Beispiel

```
dev_open_tool ('zoom_window',0, 0, Width, Height, [], [], ToolId)
dev_close_tool (ToolId)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_set_window den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Nachfolger

dev_set_tool_geometry, dev_show_tool, dev_close_tool

Modul

Foundation

dev_open_window (: : Row, Column, Width, Height, Background : WindowHandle)

Öffnen eines neuen Grafikfensters.

dev_open_window öffnet ein neues Grafikfenster, in dem ikonische Objekte wie Bilder, Regionen und Linien sowie Text und geometrische Objekte ausgegeben werden können. Nach dem Öffnen ist automatisch das neue Grafikfenster aktiv, d.h. dass alle HDevelop-Ausgabeoperatoren sich auf dieses Grafikfenster beziehen. Das aktive Grafikfenster erkennt man an der leuchtenden Lampe im Aktivierungsknopf.

Jedes Grafikfenster wird durch sein WindowHandle identifiziert. Diese logische Nummer wird in der Titelleiste des Grafikfensters angezeigt und wird als Eingabeparameter für einige Operatoren wie disp_image, disp_region, draw_circle, get_mbutton, write_string und set_rgb benötigt.

Mithilfe des Schließen-Knopfes im Fensterrahmen, über das Visualisierungsmenü oder durch Aufruf von dev_close_window kann das Grafikfenster geschlossen werden.

Grafikfenster-Position

Das Grafikfenster wird standardmäßig innerhalb des Canvas-Fensters geöffnet. Ist dies nicht gewünscht, wählen Sie Wiederherstellen des Default Layouts ▷ Angedocktes Grafikfenster im Fenster-Menu von HDevelop. Siehe auch „Canvas Window“ im „HDevelop User's Guide“.

Mit den Parametern Row und Column wird die Grafikfenster-Position übergeben. Ihr Bezugspunkt (0, 0) im Canvas-Fenster wird durch ein Kreuz visualisiert.

Bei frei beweglichen Grafikfenstern ist der Bezugspunkt standardmäßig die linke obere Ecke des HDevelop-Hauptfensters. Diesen Bezugspunkt können Sie auch ändern, sodass sich die Grafikfenster-Position z.B. an der linken oberen Ecke des Bildschirms ausrichtet. Dazu öffnen Sie die HDevelop-Einstellungen und wählen unter Allgemeine Optionen den gewünschten Koordinatenursprung aus.

Des Weiteren können Sie die Fensterposition über die Einstellung Versatz beim Fenster öffnen justieren. Die dort angegebenen Versatzwerte für den Zeilen- und den Spaltenindex werden zu den Werten Row und Column addiert. Siehe auch „Window open offset“ im „HDevelop User's Guide“.

Grafikfenster-Visualisierung

Die Hintergrundfarbe des Grafikfensters wird über den Parameter Background gesetzt. Dieser Parameter ist beim HALCON-Operator open_window nicht verfügbar. Um das gleiche Verhalten zu erreichen wie mit dev_open_window muss vor dem Öffnen des Fensters set_window_attr(:: 'background_color',Background:) aufgerufen werden.

Der sichtbare Bildausschnitt im Grafikfenster (viewport) wird per Default so eingestellt, dass das aktuelle Bild vollständig ausgegeben wird und das Fenster dabei vollständig ausgefüllt wird. Dabei wird der Bildausschnitt entsprechend dieser Vorgabe automatisch immer dann angepasst, wenn zum ersten Mal nach einem Programmreset bzw. dem Laden eines neuen Programms ein Bild ausgegeben wird oder wenn das aktuelle Bild eine andere Bildgröße als das zuletzt Ausgegebene besitzt. Die Fenstergröße wird dabei nicht automatisch angepasst, so dass bei unterschiedlichen Seitenverhältnissen von Bild und Fenster das Bild verzerrt ausgegeben wird. Dies kann über das Menü Fenstergröße behoben werden.

Der sichtbare Bildausschnitt kann interaktiv verändert werden. Entweder durch Drehen des Mausrades, durch Verschieben und Zoomen in den entsprechenden Modi, über das Menü `Bildgröße` und die `Zoom` Tabkarte des `Visualisierungsparameter` Dialogs, oder mit Hilfe des Operators `dev_set_part`.

Zum Setzen der Ausgabeparameter des Grafikfensters stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung: das Kontextmenü des Grafikfensters, das `Visualisierungsmenü` im Hauptmenü, der `Visualisierungsparameter`-Dialog und die entsprechenden HDevelop-Operatoren wie `dev_set_color`, `dev_set_line_width`, `dev_set_draw`, usw. In Abhängigkeit von der Auswahlbox `Sofort anwenden` werden die Änderungen unmittelbar auf das zuletzt ausgegebene Bildobjekt angewendet oder sie gelten erst für alle zukünftigen Objekte. Im Gegensatz zu den Standard-HALCON-Fensteroperatoren gelten diese Einstellungen auch für alle Grafikfenster, die danach geöffnet werden.

Grafikfenster-Historie

Jedes Grafikfenster verwaltet eine Historie mit den

- Bildobjekten und
- Ausgabeparametern

die ausgegeben bzw. eingestellt wurden nach dem letzten Löschen des Fensterinhalts oder der Ausgabe eines Bildes mit voller Domäne. Diese Historie wird beim Neuzeichnen des Grafikfensters genutzt, um beispielsweise bei einer Änderung der Größe des Grafikfensters den kompletten Fensterinhalt rekonstruieren zu können. Andere Bildobjekte, die mit Hilfe von HALCON-Operatoren, wie `disp_image` oder `disp_region`, ausgegeben wurden, Texte (`write_string`) und geometrische Objekte (`disp_line`, `disp_circle`, usw.) sind **nicht** Bestandteil der Historie und können daher beim Neuaufbau des Grafikfensters nicht wieder hergestellt werden. Nur die Bildobjekte (Bilder, Regionen und XLDs), die mit Hilfe des HDevelop-Operators `dev_display` oder durch HDevelop-Aktionen wie Doppelklick auf das entsprechende Icon im Variablenfenster ausgegeben wurden, sind Teil der Historie.

Durch Drücken des `Löschen`-Knopfes in der Werkzeugleiste kann der gesamte Inhalt des Grafikfensters einschließlich der Historie der ausgegebenen Objekte gelöscht werden. Die Ausgabeparameter werden dadurch nicht verändert.

Weitere Informationen

Weitere Informationen über das dem HDevelop-Grafikfenster zugrundeliegende HALCON-Fenster finden sich beim HALCON-Operator `open_window`. Für eine detaillierte Beschreibung des HDevelop-Grafikfensters sei auf den „`HDevelop User's Guide`" verwiesen.

Achtung

Beim Export von HDevelop-Programmen ist zu beachten, dass der für diesen Operator generierte Code sich anders verhalten kann, als der entsprechende HALCON-Operator. Eine detaillierte Beschreibung der Besonderheiten, die beim Export von grafischen HDevelop-Operatoren zu beachten sind, findet sich im „`HDevelop User's Guide`" im Kapitel `Code Export ▷ General Aspects of Code Generation ▷ Graphics Windows`.

Parameter

▷ **`Row`** (input_control) . . . . . rectangle.origin.y ⇝ *integer*
Zeilenindex der linken oberen Ecke.
Default: 0
Wertebereich: 0 ≤ Row
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **`Column`** (input_control) . . . . . rectangle.origin.x ⇝ *integer*
Spaltenindex der linken oberen Ecke.
Default: 0
Wertebereich: 0 ≤ Column
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **`Width`** (input_control) . . . . . rectangle.extent.x ⇝ *integer*
Breite des Fensters.
Default: 512
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: Width > 0 || Width == -1

▷ **Height** (input_control) . . . . . rectangle.extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Fensters.
Default: 512
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: Height > 0 || Height == -1

▷ **Background** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Hintergrundfarbe des neuen Fensters.
Default: 'black'

▷ **WindowHandle** (output_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

Beispiel

```
dev_close_window ()
read_image (For5, 'for5')
get_image_size (For5, Width, Height)
dev_open_window (0, 0, Width, Height, 'black', WindowHandle)
dev_display (For5)
dev_set_lut ('rainbow')
dev_display (For5)
stop ()
dev_set_lut ('default')
dev_display (For5)
stop ()
dev_set_part (100, 100, 300, 300)
dev_display (For5)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `dev_open_window` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Nachfolger

`dev_display`, `dev_set_lut`, `dev_set_color`, `dev_set_draw`, `dev_set_part`

Alternativen

`open_window`

Siehe auch

`query_color`

Modul

Foundation

dev_set_check (: : Mode :)

Festlegen des Fehlerverhaltens in HDevelop.

`dev_set_check` legt fest, wie HDevelop im Falle eines Fehlers reagieren soll, also dann, wenn der Rückgabewert eines Operators nicht `2` (`H_MSG_TRUE`) ist.

Hat `Mode` den Wert *'give_error'* – was der Standardeinstellung entspricht – so wird im Fehlerfall eine Exception geworfen, die innerhalb des HDevelop-Programms von einer `catch`-Anweisung gefangen werden kann. Befindet sich jedoch kein umgebender `try`-`catch`-Block im HDevelop-Programm, wird die Programmausführung beim fehlerverursachenden Operator angehalten und ein Fehlerdialog mit der entsprechenden Fehlermeldung angezeigt. Darüber hinaus wird der entsprechende Operatoraufruf im *Operatorfenster* angezeigt, damit der Fehler möglichst gleich behoben werden kann. Wenn die Prozedur aus der HDevEngine aufgerufen und die Exception nicht innerhalb des HDevelop-Programms abgefangen wurde, wird eine `HDevEngineException` geworfen, sowie die Prozedur verlassen.

Hat `Mode` den Wert *'~give_error'*, wird der Fehler ignoriert und die Programmausführung mit dem nächsten Operator fortgesetzt. `dev_set_check('~give_error')` sollte in Verbindung mit `dev_error_var` verwendet werden, was die Auswertung der Rückgabewerte der Operatoraufrufe ermöglicht.

Achtung

Beim Export von HDevelop-Programmen ist zu beachten, dass der für diesen Operator generierte Code sich anders verhalten kann, als der entsprechende HALCON-Operator. Eine detaillierte Beschreibung der Besonderheiten, die beim Export von grafischen HDevelop-Operatoren zu beachten sind, findet sich im „HDevelop User's Guide" im Kapitel Code Export ▷ General Aspects of Code Generation ▷ Graphics Windows.

Parameter

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art des Fehlerverhaltens.
Default: 'give_error'

Beispiel

```
dev_close_window ()
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle)
dev_error_var (Error, 1)
dev_set_check ('~give_error')
FileName := 'wrong_name'
read_image (Image, FileName)
ReadError := Error
if (ReadError != H_MSG_TRUE)
  write_string (WindowHandle, 'wrong file name: '+FileName)
endif
* Now the program will stop with an exception
dev_set_check ('give_error')
read_image (Image, FileName)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_set_check den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Nachfolger

dev_error_var

Siehe auch

set_check, try, catch, endtry

Modul

Foundation

dev_set_color (: : ColorName :)

Setzen einer oder mehrerer Ausgabefarben.

dev_set_color legt eine oder mehrere Farben fest, die zur Darstellung von Regionen, XLDs und anderen geometrischen Objekten im Grafikfenster verwendet werden. Die verfügbaren Farben können mit dem Operator query_color erfragt werden. Darüber hinaus kann ColorName auch über ein RGB-Tripel oder RGBA-Quadrupel in der Form *'#rrggbb'* bzw. *'#rrggbbaa'* gesetzt werden, wobei 'rr', 'gg', 'bb' und 'aa' jeweils hexadezimale Zahlen zwischen '00' und 'ff' sind. 'aa' ist der Alpha Wert der Farbe und kann genutzt werden, um transparente Regionen anzuzeigen.

Weitere Informationen finden sich in der Beschreibung des Operators set_color. Im Gegensatz zu jenem Operator gelten die Farbeinstellungen jedoch auch für alle nachträglich geöffneten Grafikfenster.

Die Farbeinstellungen bleiben bis zum nächsten Aufruf von dev_set_color oder dev_set_colored gültig, sofern sie nicht interaktiv modifiziert werden.

Color name	75% alpha	50% alpha	25% alpha
'black'	'#000000c0'	'#00000080'	'#00000040'
'white'	'#ffffffc0'	'#ffffff80'	'#ffffff40'
'red'	'#ff0000c0'	'#ff000080'	'#ff000040'
'green'	'#00ff00c0'	'#00ff0080'	'#00ff0040'
'blue'	'#0000ffc0'	'#0000ff80'	'#0000ff40'
'dim gray'	'#696969c0'	'#69696980'	'#69696940'
'gray'	'#bebebec0'	'#bebebe80'	'#bebebe40'
'light gray'	'#d3d3d3c0'	'#d3d3d380'	'#d3d3d340'
'cyan'	'#00ffffc0'	'#00ffff80'	'#00ffff40'
'magenta'	'#ff00ffc0'	'#ff00ff80'	'#ff00ff40'
'yellow'	'#ffff00c0'	'#ffff0080'	'#ffff0040'
'medium slate blue'	'#7b68eec0'	'#7b68ee80'	'#7b68ee40'
'coral'	'#ff7f50c0'	'#ff7f5080'	'#ff7f5040'
'slate blue'	'#6a5acdc0'	'#6a5acd80'	'#6a5acd40'
'spring green'	'#00ff7fc0'	'#00ff7f80'	'#00ff7f40'
'orange red'	'#ff4500c0'	'#ff450080'	'#ff450040'
'dark olive green'	'#556b2fc0'	'#556b2f80'	'#556b2f40'
'pink'	'#ffc0cbc0'	'#ffc0cb80'	'#ffc0cb40'
'cadet blue'	'#5f9ea0c0'	'#5f9ea080'	'#5f9ea040'
'goldenrod'	'#daa520c0'	'#daa52080'	'#daa52040'
'orange'	'#ffa500c0'	'#ffa50080'	'#ffa50040'
'gold'	'#ffd700c0'	'#ffd70080'	'#ffd70040'
'forest green'	'#228b22c0'	'#228b2280'	'#228b2240'
'cornflower blue'	'#6495edc0'	'#6495ed80'	'#6495ed40'
'navy'	'#000080c0'	'#00008080'	'#00008040'
'turquoise'	'#40e0d0c0'	'#40e0d080'	'#40e0d040'
'dark slate blue'	'#483d8bc0'	'#483d8b80'	'#483d8b40'
'light blue'	'#add8e6c0'	'#add8e680'	'#add8e640'
'indian red'	'#cd5c5cc0'	'#cd5c5c80'	'#cd5c5c40'
'violet red'	'#d02090c0'	'#d0209080'	'#d0209040'
'light steel blue'	'#b0c4dec0'	'#b0c4de80'	'#b0c4de40'
'medium blue'	'#0000cdc0'	'#0000cd80'	'#0000cd40'
'khaki'	'#f0e68cc0'	'#f0e68c80'	'#f0e68c40'
'violet'	'#ee82eec0'	'#ee82ee80'	'#ee82ee40'
'firebrick'	'#b22222c0'	'#b2222280'	'#b2222240'
'midnight blue'	'#191970c0'	'#19197080'	'#19197040'

Beispiele für mögliche Farbstrings

Achtung

Beim Export von HDevelop-Programmen ist zu beachten, dass der für diesen Operator generierte Code sich anders verhalten kann, als der entsprechende HALCON-Operator. Eine detaillierte Beschreibung der Besonderheiten, die beim Export von grafischen HDevelop-Operatoren zu beachten sind, findet sich im „HDevelop User's Guide" im Kapitel Code Export ▷ General Aspects of Code Generation ▷ Graphics Windows.

Parameter

▷ **ColorName** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Namen der Ausgabefarben.
Default: 'white'
Wertevorschläge: ColorName ∈ {'white', 'black', 'gray', 'red', 'green', 'blue', '#003075', '#e53019', '#ffb529'}

Beispiel

```
read_image(Image,'mreut')
dev_set_draw('fill')
dev_set_color('red')
threshold(Image,Region,180,255)
dev_set_color('green')
threshold(Image,Region,0,179)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_set_color den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Vorgänger

dev_open_window, query_color, query_all_colors

Nachfolger

dev_display

Alternativen

dev_set_colored

Siehe auch

dev_set_draw, dev_set_line_width, set_color

Modul

Foundation

dev_set_colored (: : NumColors :)

Setzen einer bunten Ausgabe.

dev_set_colored legt fest, dass Tupel von Regionen, XLDs und anderen geometrischen Objekten im Grafikfenster in einer Auswahl von NumColors vordefinierten Farben dargestellt werden. Gültige Werte für NumColors können mit dem Operator query_colored erfragt werden.

Weitere Informationen finden sich in der Beschreibung des Operators set_colored. Im Gegensatz zu jenem Operator gelten die Farbeinstellungen jedoch auch für alle nachträglich geöffneten Grafikfenster.

Die Farbeinstellungen bleiben bis zum nächsten Aufruf von dev_set_color oder dev_set_colored gültig, sofern sie nicht interaktiv modifiziert werden.

Achtung

Beim Export von HDevelop-Programmen ist zu beachten, dass der für diesen Operator generierte Code sich anders verhalten kann, als der entsprechende HALCON-Operator. Eine detaillierte Beschreibung der Besonderheiten, die beim Export von grafischen HDevelop-Operatoren zu beachten sind, findet sich im „HDevelop User's Guide" im Kapitel Code Export ▷ General Aspects of Code Generation ▷ Graphics Windows.

Parameter

▷ **NumColors** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Ausgabefarben.
Default: 6
Werteliste: NumColors ∈ {3, 6, 12}

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
threshold(Image,Region,128,255)
dev_set_colored(6)
connection(Region,Regions)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_set_colored den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Vorgänger

dev_open_window

Nachfolger

dev_display

Alternativen

dev_set_color

Siehe auch

dev_set_draw, dev_set_line_width, set_colored

Modul

Foundation

dev_set_contour_style (: : Style :)

Setzen des Füllstils der Konturanzeige.

dev_set_contour_style setzt den Füllstil der Konturanzeige. Dabei werden folgende Werte für Style unterstützt:

- *'stroke'*: Nur die Linie der Kontur wird gezeichnet
- *'fill'*: Die von der Kontur eingeschlossene Fläche wird ausgefüllt.
- *'stroke_and_fill'*: Die Linie der Kontur wird gezeichnet und die von ihr eingeschlossene Fläche ausgefüllt. Dies macht insbesondere bei größeren Liniendicken einen Unterschied, siehe set_line_width.

Bei allen Stilen wird die aktuelle Zeichenfarbe verwendet.

Achtung

Beim Export von HDevelop-Programmen ist zu beachten, dass der für diesen Operator generierte Code sich anders verhalten kann, als der entsprechende HALCON-Operator. Eine detaillierte Beschreibung der Besonderheiten, die beim Export von grafischen HDevelop-Operatoren zu beachten sind, findet sich im „HDevelop User's Guide" im Kapitel Code Export ▷ General Aspects of Code Generation ▷ Graphics Windows.

Parameter

▷ **Style** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Füllstil der Konturanzeige.
Default: 'stroke'
Werteliste: Style ∈ {'stroke', 'fill', 'stroke_and_fill'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_set_contour_style den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Nachfolger

dev_display

Siehe auch

set_contour_style

Modul

Foundation

dev_set_draw (: : DrawMode :)

Ausfüllmodus für Regionen setzen.

dev_set_draw legt den Ausfüllmodus für Regionen fest. Ist DrawMode auf *'fill'* gesetzt, werden Regionen ausgefüllt dargestellt. In der Einstellung *'margin'* werden nur Konturen gezeichnet, deren Darstellung von dev_set_line_width sowie set_line_style beeinflusst wird.

Weitere Informationen finden sich in der Beschreibung des Operators set_draw. Im Gegensatz zu jenem Operator gelten die Zeicheneinstellungen jedoch auch für alle nachträglich geöffneten Grafikfenster.

Achtung

Beim Export von HDevelop-Programmen ist zu beachten, dass der für diesen Operator generierte Code sich anders verhalten kann, als der entsprechende HALCON-Operator. Eine detaillierte Beschreibung der Besonderheiten, die beim Export von grafischen HDevelop-Operatoren zu beachten sind, findet sich im „HDevelop User's Guide" im Kapitel Code Export ▷ General Aspects of Code Generation ▷ Graphics Windows.

Parameter

▷ **DrawMode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Ausfüllmodus für Regionen.
Default: 'fill'
Werteliste: DrawMode ∈ {'fill', 'margin'}

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
threshold(Image,Region,128,255)
dev_clear_window ()
dev_set_color('red')
dev_set_draw('fill')
dev_display(Region)
dev_set_color('white')
dev_set_draw('margin')
dev_display(Region)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_set_draw den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Nachfolger

dev_set_line_width, dev_display

Siehe auch

set_draw

Modul

Foundation

dev_set_line_width (: : LineWidth :)

Festlegen der Strichstärke für die Konturdarstellung.

dev_set_line_width legt die Strichstärke in Pixeln fest, die zur Darstellung von Regionenkonturen (im Modus *'margin'*), von XLDs und anderen geometrischen Ausgaben (z.B. mit disp_region, disp_line usw.) verwendet wird.

Weitere Informationen finden sich in der Beschreibung des Operators set_line_width. Im Gegensatz zu jenem Operator gilt die neue Strichstärke jedoch auch für alle nachträglich geöffneten Grafikfenster.

Achtung

Beim Export von HDevelop-Programmen ist zu beachten, dass der für diesen Operator generierte Code sich anders verhalten kann, als der entsprechende HALCON-Operator. Eine detaillierte Beschreibung der Besonderheiten, die beim Export von grafischen HDevelop-Operatoren zu beachten sind, findet sich im „HDevelop User's Guide" im Kapitel Code Export ▷ General Aspects of Code Generation ▷ Graphics Windows.

Parameter

▷ **LineWidth** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Strichstärke für Konturdarstellung.
Default: 1
Restriktion: LineWidth >= 1

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
threshold(Image,Region,128,255)
dev_set_draw('margin')
dev_set_line_width(5)
dev_clear_window ()
dev_display(Region)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_set_line_width den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Nachfolger

dev_display

Siehe auch

set_line_width, query_line_width

Modul

Foundation

dev_set_lut (: : LutName :)

Setzen einer Farbtabelle.

dev_set_lut legt die Farbtabelle des aktiven Grafikfensters fest. Mithilfe einer Farbtabelle wird die Transformation eines Grauwertes eines einkanaligen Bildes auf einen Grauwert oder eine Farbe für die Darstellung festgelegt. query_lut liefert die Namen aller Farbtabellen.

Weitere Informationen finden sich in der Beschreibung des Operators set_lut. Im Gegensatz zu jenem Operator gilt die neue Farbtabelle jedoch auch für alle nachträglich geöffneten Grafikfenster.

Achtung

Beim Export von HDevelop-Programmen ist zu beachten, dass der für diesen Operator generierte Code sich anders verhalten kann, als der entsprechende HALCON-Operator. Eine detaillierte Beschreibung der Besonderheiten, die beim Export von grafischen HDevelop-Operatoren zu beachten sind, findet sich im „HDevelop User's Guide" im Kapitel Code Export ▷ General Aspects of Code Generation ▷ Graphics Windows.

Parameter

▷ **LutName** (input_control) . . . . . filename.read(-array) ⇝ *string* / real / integer
Name der Farbtabelle, Werte der Farbtabelle (RGB) oder der Name der Datei.
Default: 'default'
Wertevorschläge: `LutName` ∈ {'default', 'linear', 'inverse', 'sqr', 'inv_sqr', 'cube', 'inv_cube', 'sqrt', 'inv_sqrt', 'cubic_root', 'inv_cubic_root', 'color1', 'color2', 'color3', 'color4', 'three', 'six', 'twelve', 'twenty_four', 'rainbow', 'temperature', 'cyclic_gray', 'cyclic_temperature', 'hsi', 'change1', 'change2', 'change3', 'jet', 'inverse_jet', 'batlow', 'inverse_batlow'}
Dateiendung: `.lut`

Beispiel

```
read_image(Image,'mreut')
dev_set_lut('inverse')
* For true color only:
dev_display(Image)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `dev_set_lut` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Nachfolger

`dev_display`

Siehe auch

`set_lut`

Modul

Foundation

dev_set_paint (: : Mode :)

Modus für die Darstellung von Grauwerten festlegen.

`dev_set_paint` legt den Modus für die Darstellung von Bildobjekten im Grafikfenster fest.

Weitere Informationen finden sich in der Beschreibung des Operators `set_paint`. Im Gegensatz zu jenem Operator gilt der neue Ausgabemodus jedoch auch für alle nachträglich geöffneten Grafikfenster.

Achtung

Beim Export von HDevelop-Programmen ist zu beachten, dass der für diesen Operator generierte Code sich anders verhalten kann, als der entsprechende HALCON-Operator. Eine detaillierte Beschreibung der Besonderheiten, die beim Export von grafischen HDevelop-Operatoren zu beachten sind, findet sich im „`HDevelop User's Guide`" im Kapitel `Code Export ▷ General Aspects of Code Generation ▷ Graphics Windows`.

Parameter

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string* / integer
Name des Grauwertmodus, eventuell mit Parameter.
Default: 'default'
Wertevorschläge: `Mode` ∈ {'default', '3d_plot'}

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
dev_set_paint('3d_plot')
dev_display(Image)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `dev_set_paint` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Vorgänger

dev_open_window

Nachfolger

dev_set_color, dev_display

Siehe auch

set_paint

Modul

Foundation

dev_set_part (: : Row1, Column1, Row2, Column2 :)

Anpassung des darzustellenden Bildausschnitts.

dev_set_part legt den Bildausschnitt fest, der im Grafikfenster angezeigt wird. Die Parameter Row1 und Column1 beziehen sich auf die obere linke Ecke, die Parameter Row2 und Column2 auf die untere rechte Ecke des darzustellenden Bildes.

Weitere Informationen finden sich in der Beschreibung des Operators set_part. Wird Row1 größer als Row2 bzw. Column1 größer als Column2 gewählt, so wird der Bildausschnitt in der entsprechenden Richtung zurückgesetzt und das Bild in der ursprünglichen Höhe bzw. Breite dargestellt. Dieses Verhalten ist bei Verwendung des Operators set_part außerhalb von HDevelop nicht möglich.

Der Bildausschnitt wird darüber hinaus automatisch zurückgesetzt, sobald ein neues Programm geladen, ein Programmreset durchgeführt oder ein neues Bild abweichender Größe dargestellt wird.

Achtung

Beim Export von HDevelop-Programmen ist zu beachten, dass der für diesen Operator generierte Code sich anders verhalten kann, als der entsprechende HALCON-Operator. Eine detaillierte Beschreibung der Besonderheiten, die beim Export von grafischen HDevelop-Operatoren zu beachten sind, findet sich im „HDevelop User's Guide" im Kapitel Code Export ▷ General Aspects of Code Generation ▷ Graphics Windows.

Parameter

- ▷ **Row1** (input_control) ..... rectangle.origin.y ⇝ *integer*
  Zeilennummer des linken oberen Eckpunkts des Bildausschnitts.
  Default: 0
- ▷ **Column1** (input_control) ..... rectangle.origin.x ⇝ *integer*
  Spaltennummer des linken oberen Eckpunkts des Bildausschnitts.
  Default: 0
- ▷ **Row2** (input_control) ..... rectangle.corner.y ⇝ *integer*
  Zeilennummer des rechten unteren Eckpunkts des Bildausschnitts.
  Default: 128
- ▷ **Column2** (input_control) ..... rectangle.corner.x ⇝ *integer*
  Spaltennummer des rechten unteren Eckpunkts des Bildausschnitts
  Default: 128

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
for i := 1 to 240 by 10
  dev_set_part (i, i, 511-i, 511-i)
  dev_display (Image)
endfor
dev_set_part (1, 1, -1, -1)
dev_display (Image)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_set_part den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Nachfolger

dev_display

Siehe auch

set_part

Modul

Foundation

dev_set_preferences (: : PreferenceNames, PreferenceValues :)

Setzen von HDevelop-Einstellungen aus einem Programm heraus.

dev_set_preferences ermöglicht das Setzen ausgewählter HDevelop-Einstellungen aus dem Programm heraus. Die folgenden Einstellungen werden unterstützt:

'graphics_window_context_menu': Legt fest, ob ein Rechtsklick im Grafikfenster das Kontextmenü öffnet oder nicht. Standardmäßig ist das Kontextmenü aktiviert. Es ist sinnvoll, das Kontextmenü zu deaktivieren, wenn die rechte Maustaste für andere Aktionen im Grafikfenster verwendet wird, z.B. zum Verschieben oder Vergrößern von 3D-Objekten.

Werteliste: *'false'*, *'true'*.

Default: *'true'*.

'graphics_window_mouse_wheel': Legt fest, ob das Mausrad im Grafikfenster zum Zoomen genutzt werden kann. Standardmäßig ist das Mausrad aktiviert. Es kann aber sinnvoll sein, das Zoomen mit dem Mausrad zu deaktivieren, wenn beispielsweise 3D-Objekte dargestellt werden sollen und das Heranzoomen an ein Objekt interaktiv mit Hilfe von 3D-Darstellungsoperatoren erfolgen soll.

Werteliste: *'false'*, *'true'*.

Default: *'true'*.

'graphics_window_tool_tip': Legt fest, ob im Grafikfenster beim Drücken der Ctrl-Taste ein Tooltipp mit der Mausposition und dem Grauwert unter der Maus erscheinen soll oder nicht. Standardmäßig ist der Tooltipp aktiviert. Es kann aber sinnvoll sein, den Tooltipp zu unterdrücken, um bei der programmbasierten Interaktionen den Status der Ctrl-Taste mit verwenden zu können.

Werteliste: *'false'*, *'true'*.

Default: *'true'*.

'suppress_handled_exceptions_dlg': Legt fest, ob bei einer Exception, die innerhalb eines try-catch Blocks geworfen wird, der Fehler-Dialog unterdrückt werden soll oder nicht. Diese Option wird persistent in die HDevelop.ini Datei geschrieben und kann auch über den Einstellungen Dialog / Allgemeine Optionen / Erfahrene Anwender konfiguriert werden. Wird eine Exception in einer Programmzeile geworfen, die nicht von einem try-catch Block umgeben ist, wird immer ein Fehlerdialog geöffnet.

Werteliste: *'false'*, *'true'*.

Default: *'false'* (Jede Änderung wird persistent gespeichert).

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Parameter

▷ **PreferenceNames** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Auswahl der zu setzenden Präferenzen.
Default: 'graphics_window_context_menu'
Werteliste: PreferenceNames ∈ {'graphics_window_context_menu', 'graphics_window_mouse_wheel', 'graphics_window_tool_tip', 'suppress_handled_exception_dlg'}

▷ **PreferenceValues** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string*
Neu einzustellende Werte für die ausgewählten Präferenzen.
Default: 'false'
Werteliste: PreferenceValues ∈ {'true', 'false'}

Siehe auch

dev_get_preferences

Modul

Foundation

dev_set_shape (: : Shape :)

Festlegen der Ausgabeform für Regionen.

dev_set_shape legt die Ausgabeform für die Darstellung von Regionen fest. Die verfügbaren Formen lassen sich mit query_shape erfragen.

Die folgenden Ausgabeformen werden unterstützt:

'original': Die Form wird unverändert dargestellt. Allerdings können Einstellungen wie dev_set_line_width die Darstellung beeinflussen. Dies gilt auch für alle anderen Modi.

'outer_circle': Jede Region wird durch den kleinsten umschließenden Kreis dargestellt (siehe smallest_circle).

'inner_circle': Jede Region wird durch den größten Inkreis dargestellt (siehe inner_circle).

'ellipse': Jede Region wird durch eine Ellipse mit denselben Momenten und derselben Orientierung dargestellt (siehe elliptic_axis).

'rectangle1': Jede Region wird durch das kleinste umschließende Rechteck dargestellt, das parallel zu den Koordinatenachsen liegt (siehe smallest_rectangle1).

'rectangle2': Jede Region wird durch das kleinste umschließende Rechteck dargestellt (siehe smallest_rectangle2).

'convex': Jede Region wird durch ihre konvexe Hülle dargestellt (siehe shape_trans).

'icon': Jede Region wird durch das mittels set_icon festgelegte Icon im Schwerpunkt der Region dargestellt.

Weitere Informationen finden sich in der Beschreibung des Operators set_shape. Im Gegensatz zu jenem Operator gilt die neue Ausgabeform jedoch auch für alle nachträglich geöffneten Grafikfenster.

Achtung

Beim Export von HDevelop-Programmen ist zu beachten, dass der für diesen Operator generierte Code sich anders verhalten kann, als der entsprechende HALCON-Operator. Eine detaillierte Beschreibung der Besonderheiten, die beim Export von grafischen HDevelop-Operatoren zu beachten sind, findet sich im „HDevelop User's Guide" im Kapitel Code Export ▷ General Aspects of Code Generation ▷ Graphics Windows.

Parameter

▷ **Shape** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art der Regionenausgabe.
Default: 'original'
Werteliste: Shape ∈ {'original', 'convex', 'outer_circle', 'inner_circle', 'rectangle1', 'rectangle2', 'ellipse', 'icon'}

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
threshold(Image,Region,128,255)
connection(Region,Regions)
dev_set_shape('rectangle1')
dev_set_draw('margin')
dev_set_line_width(5)
dev_clear_window()
dev_display(Regions)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_set_shape den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Nachfolger

dev_display, dev_set_color

Siehe auch

set_shape, dev_set_line_width

Modul

Foundation

dev_set_system (: : SystemParameter, Value :)

Ändert HDevelop Systemparameter innerhalb eines Programms.

Der Operator dev_set_system setzt HDevelop Systemparameter.

Mögliche Optionen für SystemParameter:

'jit_enabled': Kontrolliert ob der JIT Compiler angeschaltet ist (*'true'*) oder nicht (*'false'*).
Nicht alle Prozeduren können JIT kompiliert werden.
Value: *'true'*, *'false'*
Default: *'false'*

'all': Setzt alle Systemparameter auf ihren Standardwert. Dazu muss Value auf *'default'* gesetzt werden.
Value: *'default'*

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Parameter

▷ **SystemParameter** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Name des zu verändernden Systemparameters.
Default: 'jit_enabled'
Werteliste: SystemParameter ∈ {'jit_enabled', 'all'}

▷ **Value** (input_control) . . . . . attribute.value ⇝ *integer* / string
Wert des Systemparameters.
Default: 'false'
Werteliste: Value ∈ {'false', 'true', 'default'}

Modul

Foundation

dev_set_tool_geometry (: : ToolId, Row, Column, Width, Height :)

Setzt die Position und Dimension des Tools ToolId.

dev_set_tool_geometry setzt die Position und die Dimension des Tools mit der ID ToolId. Anstatt der ToolId kann auch der Name verwendet werden, der beim Öffnen mit dev_open_tool angeben werden muss. Allerdings wird dann ein beliebiges Fenster, zu dem der Parameter ToolId passt, verwendet.

Mit den Parametern Row und Column kann die Position des Tools geändert werden. Beachten Sie, dass die unter Bearbeiten ▷ Einstellungen ▷ Allgemeine Optionen ▷ Allgemeine Optionen ▷ Window open offset angegebenen Versatzwerte zum Zeilenindex bzw. zum Spaltenindex addiert werden. Weitere Informationen finden Sie im Kapitel „Menu Edit“ im „HDevelop User's Guide“. Bei *'default'* wird die Position nicht verändert.

Mit den Parametern Width und Height kann die Größe des Tools geändert werden. Bei *'default'* wird die Größe nicht verändert.

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Parameter

▷ **ToolId** (input_control) . . . . . dev_tool ⇝ *string*
Tool-Identifikator.

▷ **Row** (input_control) . . . . . rectangle.origin.y ⇝ *integer* / string
Zeile der oberen linken Ecke.
Default: 'default'
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Column** (input_control) . . . . . rectangle.origin.x ⇝ *integer* / string
Spalte der oberen linken Ecke.
Default: 'default'
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Width** (input_control) . . . . . rectangle.extent.x ⇝ *integer* / string
Breite des Tools.
Default: 'default'
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: Width > 0

▷ **Height** (input_control) . . . . . rectangle.extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Tools.
Default: 'default'
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: Height > 0

Beispiel

```
dev_open_tool ('zoom_window', 0, 0, Width, 'default', ToolId)
dev_close_tool (ToolId)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_set_window den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Vorgänger

dev_open_tool

Nachfolger

dev_show_tool, dev_close_tool

Alternativen

dev_show_tool

Siehe auch

dev_show_tool

Modul

Foundation

dev_set_window (: : WindowHandle :)

Aktivieren eines Grafikfensters.

dev_set_window aktiviert das Grafikfenster, das dem übergebenen Fensterhandle entspricht. Der Aufruf ist äquivalent zum Drücken des Aktivierungsknopfes in der Aktionsleiste des Grafikfensters.

Achtung

Beim Export von HDevelop-Programmen ist zu beachten, dass der für diesen Operator generierte Code sich anders verhalten kann, als der entsprechende HALCON-Operator. Eine detaillierte Beschreibung der Besonderheiten, die beim Export von grafischen HDevelop-Operatoren zu beachten sind, findet sich im „HDevelop User's

Guide" im Kapitel Code Export ▷ General Aspects of Code Generation ▷ Graphics Windows.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

Beispiel

```
dev_open_window (1, 1, 200, 200, 'black', WindowID1)
dev_open_window (1, 220, 200, 200, 'black', WindowID2)
read_image(Image,'monkey')
dev_set_window(WindowID1)
dev_display(Image)
dev_set_window(WindowID2)
dev_display(Image)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_set_window den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Vorgänger

dev_open_window

Nachfolger

dev_display

Modul

Foundation

dev_set_window_extents (: : Row, Column, Width, Height :)

Position und Größe des aktiven Grafikfensters verändern.

dev_set_window_extents setzt für das aktive schwebende Grafikfenster die Position und/oder die Größe neu.

Die Parameter Row und Column bestimmen die neue Position des Fensters (linke obere Ecke). Beachten Sie, dass die unter Bearbeiten ▷ Einstellungen ▷ Allgemeine Optionen ▷ Allgemeine Optionen ▷ Window open offset angegebenen Versatzwerte zum Zeilenindex bzw. zum Spaltenindex addiert werden. Weitere Informationen finden Sie im Kapitel „Menu Edit" im „HDevelop User's Guide". Negative Koordinaten werden ignoriert, d.h. das Fenster wird nicht in Richtung der negativen Koordinate(n) verschoben.

Die Parameter Width und Height bestimmen die neue Größe des Fensters, und zwar die Größe des inneren Teils des Grafikfensters – der eigentlichen Ausgabefläche für die ikonischen Objekte. Negative Werte für die Größe werden ebenfalls ignoriert, d.h. in dieser Richtung ändert sich die Größe nicht.

Achtung

Dieser Operator funktioniert nur für einzelne schwebende Grafikfenster, d.h. Grafikfenster, die weder angedockt noch mit Registerkarten versehen sind.

Ein HDevelop Grafikfenster darf nicht mit set_window_extents verschoben oder verändert werden. Dies darf nur mit dem Operator dev_set_window_extents geschehen.

Beim Export von HDevelop-Programmen ist zu beachten, dass der für diesen Operator generierte Code sich anders verhalten kann, als der entsprechende HALCON-Operator. Eine detaillierte Beschreibung der Besonderheiten, die beim Export von grafischen HDevelop-Operatoren zu beachten sind, findet sich im „HDevelop User's Guide" im Kapitel Code Export ▷ General Aspects of Code Generation ▷ Graphics Windows.

Parameter

▷ **Row** (input_control) . . . . . rectangle.origin.y ⇝ *integer*
Zeilenindex der linken oberen Ecke.
Default: 0
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: Row >= 0 || Row == -1

▷ **Column** (input_control) . . . . . rectangle.origin.x ⇝ *integer*
Spaltenindex der linken oberen Ecke.
Default: 0
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: Column >= 0 || Column == -1

▷ **Width** (input_control) . . . . . rectangle.extent.x ⇝ *integer*
Breite des Fensters.
Default: 256
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: Width > 0 || Width == -1

▷ **Height** (input_control) . . . . . rectangle.extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Fensters.
Default: 256
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: Height > 0 || Height == -1

Beispiel

```
dev_close_window ()
read_image (For5, 'for5')
get_image_size (For5, Width, Height)
dev_open_window (0, 0, Width, Height, 'black', WindowHandle)
dev_display (For5)
stop ()
dev_set_window_extents (-1,-1,Width/2,Height/2)
dev_display (For5)
stop ()
dev_set_window_extents (200,200,-1,-1)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `dev_set_window_extents` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Nachfolger

`dev_display`, `dev_set_lut`, `dev_set_color`, `dev_set_draw`, `dev_set_part`

Siehe auch

`set_window_extents`

Modul

Foundation

dev_show_tool (: : ToolId, Action :)

Zeigt das angegebene Tool.

`dev_show_tool` führt die Aktion `Action` für das Tool `ToolId` aus.

Anstatt der Tool-ID kann auch der Name verwendet werden, der beim Öffnen mit `dev_open_tool` angeben werden muss. Allerdings wird dann ein beliebiges Fenster, zu dem der Parameter `ToolId` passt, verwendet.

`Action`

'show': Aktiviert das Tool.

'normal': Zeigt das Tool, bringt es in den Vordergrund und aktiviert es.

'minimize': Minimiert das Tool.

'maximize': Maximiert das Tool.

'hide': Verbirgt das Tool.

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Parameter

- ▷ **ToolId** (input_control) ..... dev_tool ⇝ *string*
  Tool-Identifikator.
- ▷ **Action** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Auszuführende Aktion.

Beispiel

```
dev_open_tool ('matching_assistant', 0, 0, 'default','default', ToolId)
dev_show_tool (ToolId, 'minimize')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_set_window den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Vorgänger

dev_set_tool_geometry, dev_open_tool

Siehe auch

dev_set_tool_geometry

Modul

Foundation

dev_update_pc (: : DisplayMode :)

Aktualisierung des PCs beim Programmablauf ein- oder ausschalten.

dev_update_pc legt das Verhalten des PCs während der Programmausführung fest. Ist DisplayMode auf *'on'* gesetzt, was der Standardeinstellung entspricht, wird der PC innerhalb der ausgewählten Prozedur jeweils links vom gerade ausgeführten Operator angezeigt. Zusätzlich läuft der Programmtext gegebenenfalls mit, damit der aktuelle Operator sichtbar ist.

Ist DisplayMode auf *'off'* gesetzt, wird der PC während der Programmausführung nicht angezeigt, und der Programmtext läuft nicht automatisch mit. Sobald das Programm angehalten wird, werden der PC und der aktuelle Operator wieder angezeigt.

Um die Ausführungszeit einer Operatorsequenz zu messen, sollten alle update-Optionen ausgeschaltet sein, um den Einfluss der für die GUI-Aktualisierungen in HDevelop benötigten Laufzeit zu minimieren. Zu diesem Zwecke können die Operatoren dev_update_pc, dev_update_time, dev_update_var und dev_update_window sowie die Prozeduren dev_update_on und dev_update_off verwendet werden.

Diese Option kann auch über den Dialog Einstellungen gesetzt werden: Bearbeiten ▷ Einstellungen ▷ Laufzeiteinstellungen ▷ Ausführungsmarke aktualisieren.

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Parameter

▷ **DisplayMode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Modus für die Darstellung.
Default: 'off'
Werteliste: DisplayMode ∈ {'on', 'off'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_update_pc den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Siehe auch

dev_update_time, dev_update_window, dev_update_var

Modul

Foundation

dev_update_time (: : DisplayMode :)

Zeitmessung von Operatoren ein- oder ausschalten.

dev_update_time legt fest, ob die Ausführungszeit eines Operators angezeigt wird.

Um die Ausführungszeit einer Operatorsequenz zu messen, sollten alle update-Optionen ausgeschaltet sein, um den Einfluss der für die GUI-Aktualisierungen in HDevelop benötigten Laufzeit zu minimieren. Zu diesem Zwecke können die Operatoren dev_update_pc, dev_update_time, dev_update_var und dev_update_window sowie die Prozeduren dev_update_on und dev_update_off verwendet werden.

Diese Option kann auch über den Dialog Einstellungen gesetzt werden: Bearbeiten ▷ Einstellungen ▷ Laufzeiteinstellungen ▷ Laufzeit anzeigen.

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Parameter

▷ **DisplayMode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Modus für die Ausgabe.
Default: 'off'
Werteliste: DisplayMode ∈ {'on', 'off'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_update_time den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Siehe auch

dev_update_pc, dev_update_window, dev_update_var

Modul

Foundation

dev_update_var (: : DisplayMode :)

Aktualisierung des Variablenfensters beim Programmablauf ein- oder ausschalten.

dev_update_var legt das Aktualisierungsverhalten des Variablenfensters während der Programmausführung fest. Ist DisplayMode auf *'on'* gesetzt, was der Standardeinstellung entspricht, wird der Inhalt des Variablenfensters (ikonische und Steuervariablen) nach jeder Variablenänderung durch das Programm aktualisiert.

Ist DisplayMode auf *'off'* gesetzt, werden die Werte von Steuervariablen und die Icons von ikonischen Variablen erst nach einem Programmstopp aktualisiert.

Um die Ausführungszeit einer Operatorsequenz zu messen, sollten alle update-Optionen ausgeschaltet sein, um den Einfluss der für die GUI-Aktualisierungen in HDevelop benötigten Laufzeit zu minimieren. Zu diesem Zwecke können die Operatoren dev_update_pc, dev_update_time, dev_update_var und dev_update_window sowie die Prozeduren dev_update_on und dev_update_off verwendet werden.

Diese Option kann auch über den Dialog Einstellungen gesetzt werden: Bearbeiten ▷ Einstellungen ▷ Laufzeiteinstellungen ▷ Variablen aktualisieren.

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Parameter

▷ **DisplayMode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Modus für die Ausgabe.
Default: 'off'
Werteliste: DisplayMode ∈ {'on', 'off'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_update_var den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Siehe auch

dev_update_pc, dev_update_window, dev_update_time

Modul

Foundation

dev_update_window (: : DisplayMode :)

Automatische Ausgabe von ikonischen Ausgabeobjekten ins Grafikfenster während der Programmausführung ein- oder ausschalten.

dev_update_window legt fest, ob alle ikonischen Objekte, die von Operatoraufrufen zurückgeliefert werden, im aktiven Grafikfenster angezeigt werden (DisplayMode = *'on'*, Standardeinstellung) oder nicht (DisplayMode = *'off'*).

Die gewählte Einstellung hat keinen Einfluss auf die Objektausgabe im Einzelschrittmodus. Die Ausführung einzelner Operatoren führt immer zur Darstellung der ikonischen Ausgabeobjekte im aktiven Grafikfenster.

Diese Einstellung sollte auf *'off'* gesetzt werden, wenn nur ausgewählte Objekte im Grafikfenster angezeigt werden sollen. Diese sollten dann mit dev_display dargestellt werden.

Um die Ausführungszeit einer Operatorsequenz zu messen, sollten alle update-Optionen ausgeschaltet sein, um den Einfluss der für die GUI-Aktualisierungen in HDevelop benötigten Laufzeit zu minimieren. Zu diesem Zwecke können die Operatoren dev_update_pc, dev_update_time, dev_update_var und dev_update_window sowie die Prozeduren dev_update_on und dev_update_off verwendet werden.

Diese Option kann auch über den Dialog Einstellungen gesetzt werden: Bearbeiten ▷ Einstellungen ▷ Laufzeiteinstellungen ▷ Grafikfenster aktualisieren.

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Parameter

▷ **DisplayMode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Modus für die Ausgabe.
Default: 'off'
Werteliste: DisplayMode ∈ {'on', 'off'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dev_update_window den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Nachfolger

dev_display

Siehe auch

dev_update_pc, dev_update_var, dev_update_time

Modul

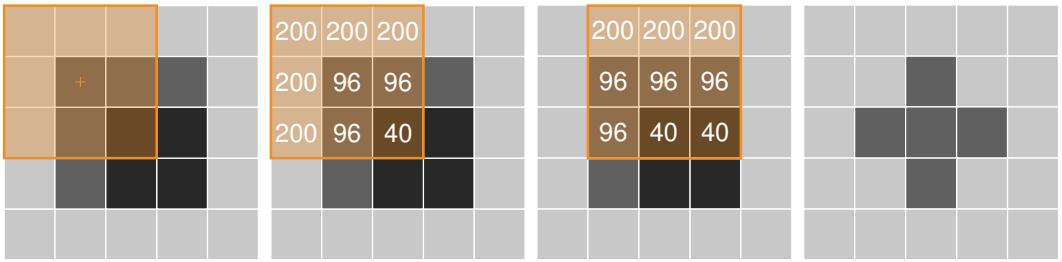
Foundation

Kapitel 11

Filter

Filter sind ein fester Bestandteil von fast jeder Aufgabe der Bildverarbeitung. Sie können beispielsweise zum Glätten von Bildern (z.B. mit `mean_image`), zum Extrahieren subpixelgenauer Kanten (z.B. mit `edges_sub_pix`), oder zur Verarbeitung des Frequenzraums eines Bildes (z.B. mit `fft_image`) verwendet werden.

Filteroperationen werden meist unter Verwendung einer Filtermaske durchgeführt, welche pixelweise über das Bild bewegt wird. Für jedes Pixel wird ein neuer Wert basierend auf dessen Nachbarschaft berechnet. Die Nachbarschaft wird durch Form und Größe der Filtermaske bestimmt (siehe Schema unten).



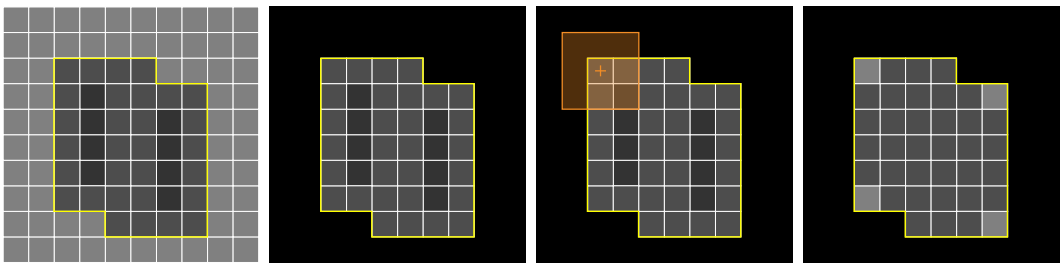
(1) (2) (3) (4)

(1) Bild mit einer 3x3 Pixel großen Filtermaske (orange). (2) Zur Berechnung eines neuen Pixelwerts für das Pixel im Zentrum der Maske werden die Werte aller Pixel im Bereich der Maske berücksichtigt. (3) Die Maske wird pixelweise über das Bild geschoben. (4) In diesem Fall wird ein Medianfilter (siehe `median_rect`) zur Berechnung des Ergebnisbildes verwendet.

Wie anhand des Funktionsprinzips von Filtermasken zu erkennen ist, muss auf die Behandlung von Pixeln an Bild- oder Domänenrändern besonders geachtet werden, da Teile der Filtermaske über die Domäne hinausragen. Einige damit verbundene Aspekte werden nachfolgend betrachtet.

Anwendung von Filtermasken bei reduzierten Bilddomänen

Wenn ein Filter, der eine Maske nutzt, auf ein Bild mit reduzierter Domäne angewendet wird, ist das Ergebnis an den Grenzen der Domäne eventuell überraschend. Das kommt daher, dass Grauwerte, die eigentlich außerhalb der Domäne liegen, auch als Input für den Filter benutzt werden (siehe Schema unten).



(1) (2) (3) (4)

(1) Bild mit einer Region (gelb), auf die die Domäne reduziert werden soll. (2) Mit reduce_domain wird die Bilddomäne auf die gewählte Region reduziert. (3) Zur Berechnung eines neuen Pixelwert für das Pixel im Zentrum der Maske werden die Werte aller Pixel im Bereich der Maske berücksichtigt. Für Pixel im Randbereich der Domäne zählen dazu auch außerhalb gelegene Pixel. (4) Ergebnisbild nach Anwendung eines Medianfilters (siehe median_rect).

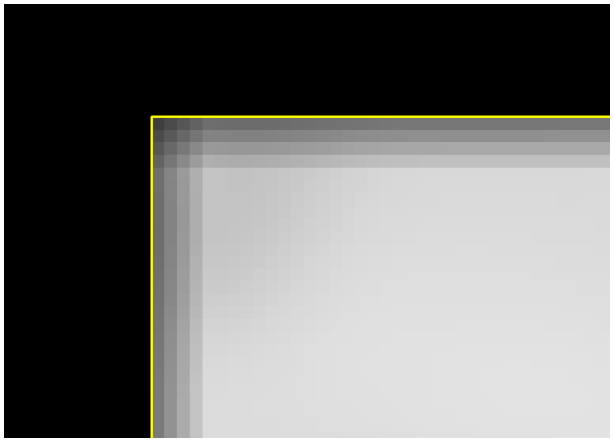
Um dies besser zu verstehen, muss die Definition der Domäne in diesem speziellen Fall genauer betrachtet werden: Für einen Filter definiert die Domäne, für welche Eingabepixel Ausgabepixel berechnet werden müssen. Dennoch können auch Pixel außerhalb der Domäne (die innerhalb der Bildmatrix liegen) für die Berechnung berücksichtigt werden.

Probleme, die von Grauwerten außerhalb der Domäne des Eingabebildes verursacht werden

Ein weiterer Aspekt, den es zu beachten gilt ist die Behandlung von Pixeln außerhalb der Domäne des Eingabebildes. Der Parameter *'init_new_image'* des Operators set_system bestimmt, wie diese Pixel behandelt werden. Werden die Pixel mit 0 initialisiert, dann führt systemunabhängig jede Programmausführung immer zum gleichen Ergebnis. Andernfalls bleiben die Pixel undefiniert. Während die Laufzeit dadurch verbessert wird, können undefinierte Pixel von System zu System unterschiedlich sein, zum Beispiel abhängig davon, ob Parallelisierung aktiv ist oder nicht. Es wird lediglich garantiert, dass sie auf identischen Systemen bei wiederholter Programmausführung konsistent sind. In bestimmten Fällen können diese 'undefinierten' Pixel zu Problemen führen. Das Vergrößern des resultierenden Bildes auf die komplette Domäne mit full_domain führt zu Artefakten außerhalb der ursprünglichen Domäne.

Probleme, die durch aufeinander folgende Filteroperationen verursacht werden

Werden zwei oder mehr Filter nacheinander angewendet, verstärkt sich die Auswirkung von undefinierten oder unerwarteten Pixelwerten (siehe die vorherigen Abschnitte) auf das Ergebnisbild. Das kommt daher, dass der Fehler mit jedem nachfolgenden Filter größer wird, von der Grenze beginnend zur Mitte hin. Im Folgenden werden vier verschiedene Methoden betrachtet, wie diese Probleme gelöst werden können.



Artefakte an der Grenze der Domäne, nachdem nacheinander zwei Filter angewendet wurden.

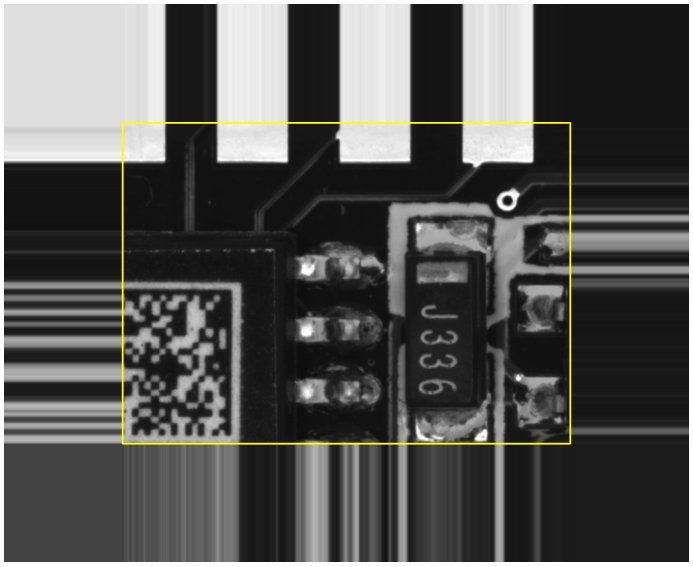
1. Fehler, die durch undefinierte Pixel verursacht werden, können leicht vermieden werden, indem beispielsweise der Filtermaske entsprechend eine dilatierte Domäne (siehe Morphologie / Region), gewählt wird. Werden mehrere Filter nacheinander angewendet, so kann die Bilddomäne im voraus den Filtergrößen entsprechend dilatiert werden. Werden beispielsweise mehrere rechteckige Filtermasken beliebiger Größe aufeinanderfolgend verwendet, dann kann die entsprechende Höhen- oder Breitendimension dim_d der Dilatationsmaske unter Berücksichtigung der einzelnen Filtermaskendimensionen dim_i und der Anzahl Filteroperationen n berechnet werden:

   $dim_d = (\sum_{i=1}^{n} dim_i) - (n-1)$.

   Nach den Filteroperationen kann die Bilddomäne wieder auf die ursprüngliche Größe reduziert werden (z.B. mit reduce_domain).

2. Eine andere Möglichkeit ist, die Domäne genauso groß wie benötigt festzulegen, und dann den Operator expand_domain_gray aufzurufen. Dann werden die Pixel innerhalb der Grenze nach außen kopiert.

Damit werden Fehler vermieden, die von undefinierten Pixel außerhalb der Domäne verursacht werden. Danach kann die Domäne wieder auf ihre ursprüngliche Größe reduziert werden. Dieser Prozess sollte vor jedem folgenden Filter wiederholt werden. Beachten Sie dabei, dass diese Option die Laufzeit beträchtlich erhöht.



Das Resultat von `expand_domain_gray` sieht aus, als ob die Grenze mehrmals kopiert und außen angefügt wird.

3. Falls die Laufzeit kein Thema ist, kann vor der Anwendung des ersten Filters der Operator `full_domain` aufgerufen werden. Dann ist das gesamte Bild als Domäne definiert, und undefinierte Pixel werden komplett vermieden.

4. Alternativ dazu kann auch der Operator `crop_domain` aufgerufen werden, bevor ein Filter eingesetzt wird. Dieser schneidet das Bild auf die Größe der Domäne zu - die Domäne deckt damit ein komplettes neues Bild ab. Beachten Sie allerdings, dass sich damit das Koordinatensystem des zugeschnittenen Bildes im Vergleich zum ursprünglichen Bild ändert, was alle folgenden Anwendungen betrifft, die sich auf das Bildkoordinatensystem beziehen (z. B. die Berechnung des Schwerpunktes).

11.1 Arithmetik

`abs_diff_image` (`Image1, Image2 : ImageAbsDiff : Mult :`)

Berechnen der absoluten Differenz von zwei Bildern.

`abs_diff_image` bildet die absolute Differenz zweier Bilder. Die Grauwerte g' des Ausgabebildes `ImageAbsDiff` werden aus den Grauwerten $(g1, g2)$ der Eingabebilder `Image1` und `Image2` werden dabei wie folgt berechnet:

$$g' = |(g1 - g2)| * \texttt{Mult}$$

Tritt ein Überlauf oder ein Unterlauf ein, so werden die Werte beschnitten.

Es können mehrere Bilder pro Aufruf bearbeitet werden. In diesem Fall enthalten beide Eingabeparameter gleich viele Bilder, die dann paarweise abgearbeitet werden. Zu jedem Paar wird ein Ausgabebild erzeugt.

Es ist zu beachten, dass die Laufzeit des Operators von der Wahl von `Mult` abhängt. Für `Mult` $= 1$ ist eine spezielle Optimierung implementiert. Da andere Werte von `Mult` keine zusätzliche Information liefern können, sollte in der Anwendung `Mult` $= 1$ verwendet werden. Andere Werte von `Mult` sollten lediglich für Visualisierungszwecke verwendet werden. Für byte-, int1-, int2- und uint2-Bilder sind außerdem für `Mult` $= 1$ spezielle Optimierungen unter Verwendung von SIMD Technologie implementiert. Ob diese tatsächlich zur Anwendung kommen, kann über den Systemparameter *'mmx_enable'* (siehe `set_system`) gesteuert werden. Falls *'mmx_enable'* auf

'true' gesetzt wird (und die verwendete Hardware SIMD Technologie unterstützt), wird die Berechnung intern unter Verwendung von SIMD Technologie durchgeführt.

`abs_diff_image` kann für byte-, int1-, int2-, uint2-, int4-, und real-Bildern auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Da OpenCL 1.0 aber nur einfache genaue Fließkommaunterstützung voraussetzt und nicht alle Rundungsarten unterstützt werden, kann das Ergebnis der OpenCL-Implementierung geringfügig von dem der skalaren oder der SIMD-Implementierung abweichen.

Achtung

Es ist zu beachten, dass der Beschleunigungseffekt von SIMD-Technologie bei großen, kompakten Eingaberegionen am größten ist. Im Einzelfall kann aber die Ausführung von `abs_diff_image`, abhängig von den Eingaberegionen und den Hardwareeigenschaften, mit SIMD Technologie länger dauern als ohne. In diesem Falle lässt sich die Verwendung von SIMD-Technologie durch `set_system(::'mmx_enable','false':)` verhindern.

Parameter

- ▷ **`Image1`** (input_object) . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
  Eingabebild 1.
- ▷ **`Image2`** (input_object) . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
  Eingabebild 2.
- ▷ **`ImageAbsDiff`** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
  Betrag der Differenz der Eingabebilder.
- ▷ **`Mult`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Skalierungsfaktor.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `Mult` ∈ {1.0, 2.0, 3.0, 4.0}
  Restriktion: Mult > 0

Ergebnis

`abs_diff_image` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

`threshold`

Alternativen

`sub_image`

Siehe auch

`add_image`, `scale_image`, `dyn_threshold`

Modul

Foundation

`abs_image` (`Image` : `ImageAbs` : :)

Berechnen des Absolutbetrags eines Bildes.

Der Operator `abs_image` berechnet für Bilder eines beliebigen Typs den Absolutbetrag der Grauwerte und legt das Ergebnis in `ImageAbs` ab. Bei komplexen Bildern wird das Powerspektrum als `real`-Bild berechnet. Bei

Image des Typs int ist ImageAbs vom Typ byte. Bei Image anderer vorzeichenbehafteter Typen wird der Typ der Eingabe für ImageAbs verwendet. Tritt ein Überlauf oder ein Unterlauf ein, ist das Verhalten undefiniert. abs_image erzeugt bei Bildern ohne Vorzeichen eine logische Kopie.

abs_image kann für int1-, int2-, int4-, real-, und complex-Bilder auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Da OpenCL 1.0 aber nur einfache genaue Fließkommaunterstützung voraussetzt und nicht alle Rundungsarten unterstützt werden, kann das Ergebnis der OpenCL-Implementierung geringfügig von dem der skalaren oder der SIMD-Implementierung abweichen.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* int1 / int2 / int4 / int8 / real / complex Eingabebild(er).
- ▷ **ImageAbs** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / int4 / int8 / real Ergebnisbild(er).

Beispiel

```
convert_image_type (Image, ImageInt2, 'int2')
texture_laws (ImageInt2, ImageTexture, 'el', 2, 5)
abs_image (ImageTexture, ImageTexture)
```

Ergebnis

abs_image liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Siehe auch

convert_image_type, power_byte

Modul

Foundation

acos_image (Image : ArccosImage : :)

Berechnen des Arkuskosinus eines Bildes.

acos_image berechnet den Arkuskosinus des Eingabebildes Image und liefert das Ergebnis in ArccosImage zurück. Die Winkel in ArccosImage werden im Bogenmaß abgespeichert. Falls Image Grauwerte außerhalb des Definitionsbereiches $[-1, 1]$ der Arkuskosinusfunktion enthält, werden die entsprechenden Grauwerte in ArccosImage auf 0 gesetzt.

Achtung

acos_image kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* real Eingabebild.
- ▷ **ArccosImage** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* real Ergebnisbild.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Siehe auch

asin_image, atan_image, atan2_image, tan_image, sin_image, cos_image

Modul

Foundation

add_image (Image1, Image2 : ImageResult : Mult, Add :)

Addieren zweier Bilder.

add_image addiert zwei Bilder. Die Grauwerte $(g1, g2)$ der Eingabebilder (Image1 und Image2) werden dabei wie folgt transformiert:

$$g' := (g1 + g2) * \texttt{Mult} + \texttt{Add}$$

Tritt ein Überlauf oder ein Unterlauf ein, so werden die Werte beschnitten. Dies gilt nicht im Fall von cyclic- und direction-Bildern. Das Ergebnisbild wird in ImageResult abgelegt.

Es ist möglich, byte-Bilder mit int2, uint2 oder int4 Bildern bzw. int4 mit int2 oder uint2 Bildern zu addieren. In diesem Fall werden int2, uint2 oder int4 bzw. int4 Bilder als Ergebnis erzeugt.

Es können mehrere Bilder pro Aufruf bearbeitet werden. In diesem Fall enthalten beide Eingabeparameter gleich viele Bilder, die dann paarweise abgearbeitet werden. Zu jedem Paar wird ein Ausgabebild erzeugt.

Es ist zu beachten, dass die Laufzeit des Operators von der Wahl der Steuerparameter abhängt. Für häufig verwendete Parameterkombinationen sind spezielle Optimierungen implementiert. Für byte, int2. uint2 und int4 Bilder sind außerdem spezielle Optimierungen unter Verwendung von SIMD Technologie implementiert. Ob diese tatsächlich zur Anwendung kommen, kann über den Systemparameter *'mmx_enable'* (siehe set_system) gesteuert werden. Falls *'mmx_enable'* auf *'true'* gesetzt wird (und die verwendete Hardware SIMD Technologie unterstützt), wird die Berechnung intern unter Verwendung von SIMD Technologie durchgeführt.

add_image kann für byte-, int1-, int2-, uint2-, int4-, real-, direction-, cyclic-, und complex-Bilder auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Da OpenCL 1.0 aber nur einfache genaue Fließkommaunterstützung voraussetzt und nicht alle Rundungsarten unterstützt werden, kann das Ergebnis der OpenCL-Implementierung geringfügig von dem der skalaren oder der SIMD-Implementierung abweichen.

Achtung

Es ist zu beachten, dass der Beschleunigungseffekt von SIMD Technologie bei großen, kompakten Eingaberegionen am größten ist. Im Einzelfall kann aber die Ausführung von add_image, abhängig von der Eingaberegion und den Hardwareeigenschaften, mit SIMD Technologie länger dauern als ohne. In diesem Falle lässt sich die Verwendung von SIMD Technologie durch set_system(::'mmx_enable','false':) verhindern.

Parameter

▷ **Image1** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / direction / cyclic / complex

Bild(er) 1.

▷ **Image2** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / direction / cyclic / complex

Bild(er) 2.

▷ **ImageResult** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / direction / cyclic / complex

Ergebnisbild(er) durch die Bildpunktaddition.

▷ **Mult** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Faktor zur Grauwertanpassung.
Default: 0.5
Wertevorschläge: Mult ∈ {0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 5.0}
Wertebereich: -255.0 ≤ Mult ≤ 255.0
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **Add** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Wert für Grauwertausgleich.
Default: 0
Wertevorschläge: Add ∈ {0, 64, 128, 255, 512}
Wertebereich: -512.0 ≤ Add ≤ 512.0
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 1.0

Beispiel

```
read_image(Image1,'fabrik')
dev_display (Image1)
read_image(Image2,'monkey')
dev_display (Image2)
add_image(Image1,Image2,Result,0.5,10.0)
dev_display (Result)
```

Ergebnis

add_image liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

sub_image, mult_image

Siehe auch

sub_image, mult_image

Modul

Foundation

asin_image (Image : ArcsinImage : :)

Berechnen des Arkussinus eines Bildes.

asin_image berechnet den Arkussinus des Eingabebildes Image und liefert das Ergebnis in ArcsinImage zurück. Die Winkel in ArcsinImage werden im Bogenmaß abgespeichert. Falls Image Grauwerte außerhalb des Definitionsbereiches $[-1, 1]$ der Arkussinusfunktion enthält, werden die entsprechenden Grauwerte in ArcsinImage auf 0 gesetzt.

Achtung

asin_image kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* real
Eingabebild.
▷ **ArcsinImage** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* real
Ergebnisbild.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Siehe auch

acos_image, atan_image, atan2_image, tan_image, sin_image, cos_image

Modul

Foundation

atan2_image (ImageY, ImageX : ArctanImage : :)

Berechnen des Arkustangens zweier Bilder.

atan2_image berechnet den Arkustangens ImageY/ImageX der Eingabebilder ImageY und ImageX, wobei das Vorzeichen der Grauwerte berücksichtigt wird, um den Quadranten des Ergebnisses zu bestimmen, und liefert das Ergebnis in ArctanImage zurück. Die Winkel in ArctanImage werden im Bogenmaß abgespeichert.

Achtung

atan2_image kann für int1-, int2-, int4-, und real-Bilder auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Da Ergebnis kann von dem auf der CPU errechneten abweichen.

Parameter

▷ **ImageY** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* int1 / int2 / int4 / int8 / real
Eingabebild 1.
▷ **ImageX** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* int1 / int2 / int4 / int8 / real
Eingabebild 2.
▷ **ArctanImage** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* real
Ergebnisbild.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

atan_image

Siehe auch

acos_image, asin_image, tan_image, sin_image, cos_image

Modul

Foundation

atan_image (Image : ArctanImage : :)

Berechnen des Arkustangens eines Bildes.

atan_image berechnet den Arkustangens des Eingabebildes Image und liefert das Ergebnis in ArctanImage zurück. Die Winkel in ArctanImage werden im Bogenmaß abgespeichert.

Achtung

atan_image kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* real
  Eingabebild.
- ▷ **ArctanImage** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* real
  Ergebnisbild.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

atan2_image

Siehe auch

acos_image, asin_image, tan_image, sin_image, cos_image

Modul

Foundation

cos_image (Image : CosImage : :)

Berechnen des Kosinus eines Bildes.

cos_image berechnet den Kosinus des Eingabebildes Image und liefert das Ergebnis vom Pixeltyp real in CosImage zurück. Falls Image vom Pixeltyp direction oder cyclic ist, werden die in Image gespeicherten Winkel intern ins Bogenmaß umgerechnet. Falls Image vom Pixeltyp real ist, wird angenommen, dass die Winkel in Image im Bogenmaß vorliegen. Für Bilder vom Pixeltyp direction führt ein Wert von 255 im Eingabebild zu einem Wert von 0 im Ausgabebild.

Achtung

cos_image kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* direction / cyclic / real
  Eingabebild.
- ▷ **CosImage** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* real
  Ergebnisbild.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Siehe auch

sin_image, tan_image, asin_image, acos_image, atan_image, atan2_image

Modul

Foundation

div_image (Image1, Image2 : ImageResult : Mult, Add :)

Dividieren zweier Bilder.

div_image dividiert zwei Bilder. Die Grauwerte $(g1, g2)$ der Eingabebilder (Image1) werden dabei wie folgt transformiert:

$$g' := g1/g2 * \texttt{Mult} + \texttt{Add}$$

Tritt ein Überlauf oder ein Unterlauf ein, so werden die Werte beschnitten. Wird durch 0 dividiert, wird das Ergebnis auf 0 gesetzt.

Es können mehrere Bilder pro Aufruf bearbeitet werden. In diesem Fall enthalten beide Eingabeparameter gleich viele Bilder, die dann paarweise abgearbeitet werden. Zu jedem Paar wird ein Ausgabebild erzeugt.

div_image kann für byte-, int1-, int2-, uint2-, int4-, real-, und complex-Bilder auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Da OpenCL 1.0 aber nur einfache genaue Fließkommaunterstützung voraussetzt und nicht alle Rundungsarten unterstützt werden, kann das Ergebnis der OpenCL-Implementierung geringfügig von dem der skalaren Implementierung abweichen.

Parameter

▷ **Image1** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex

Bild(er) 1.

▷ **Image2** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex

Bild(er) 2.

▷ **ImageResult** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex

Ergebnisbild(er) durch die Division.

▷ **Mult** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer

Faktor für Graubereichsanpassung.
Default: 255
Wertevorschläge: Mult ∈ {0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 10, 100, 500, 1000}
Wertebereich: -1000 ≤ Mult ≤ 1000
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Add** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer

Wert für Graubereichsanpassung.
Default: 0
Wertevorschläge: Add ∈ {0.0, 128.0, 256.0, 1025}
Wertebereich: -1000 ≤ Add ≤ 1000
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 1.0

Beispiel

```
read_image(Image1,'fabrik')
dev_display (Image1)
```

```
read_image(Image2,'monkey')
dev_display (Image2)
div_image (Image1, Image2, Result, 200, 10)
dev_display (Result)
```

Ergebnis

`div_image` liefert den Wert 2 (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

`add_image`, `sub_image`, `mult_image`

Siehe auch

`add_image`, `sub_image`, `mult_image`

Modul

Foundation

exp_image (Image : ExpImage : Base :)

Berechnen der Potenzierung eines Bildes.

`exp_image` berechnet die Potenzierung des Eingabebildes `Image` zur Basis `Base` und liefert das Ergebnis in `ExpImage` zurück. Falls `Image` Grauwerte enthält, für die das Ergebnis der Potenzierung den Wertebereich von `ExpImage` überschreiten würde (z.B. > 88.722839 für `Base` $= 'e'$), werden die entsprechenden Grauwerte in `ExpImage` auf den größten repräsentierbaren Wert (d.h. 3.4028235×10^{38}) gesetzt.

Achtung

`exp_image` kann für byte-, int1-, int2-, uint2-, int4-, und real-Bilder auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Da Ergebnis kann von dem auf der CPU errechneten abweichen.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / uint2 / int2 / int4 / int8 / real
Eingabebild.

▷ **ExpImage** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* real
Ergebnisbild.

▷ **Base** (input_control) . . . . . number ⇝ *string* / integer / real
Basis der Potenzierung.
Default: 'e'
Wertevorschläge: `Base` ∈ {'e', 2, 10}

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Siehe auch

pow_image, log_image

Modul

Foundation

gamma_image (Image : GammaImage : Gamma, Offset, Threshold, MaxGray, Encode :)

Berechnen der Gamma-Kodierung oder Gamma-Dekodierung eines Bildes.

gamma_image führt eine allgemeine Gamma-Kodierung oder Gamma-Dekodierung des Eingabebildes Image durch und liefert das Ergebnisbild in GammaImage zurück. Eine allgemeine Gamma-Kodierung kann wie folgt beschrieben werden:

$$G' = \begin{cases} m\left((1+o)(G/m)^{\gamma} - o\right), & t < G/m \leq 1 \\ sG, & 0 \leq G/m \leq t \end{cases}$$

Hierbei ist G' der Gamma-kodierte Grauwert, G der lineare Grauwert, γ = Gamma, o = Offset, m = MaxGray, t = Threshold und s ein Faktor, der aus Gamma, Offset, Threshold und MaxGray so berechnet wird, dass der lineare und exponentielle Teil der Transformation stetig sind.

In analoger Weise kann eine allgemeine Gamma-Dekodierung wie folgt beschrieben werden:

$$G = \begin{cases} m\left(\frac{G'/m+o}{1+o}\right)^{1/\gamma}, & t' < G'/m \leq 1 \\ G'/s, & 0 \leq G'/m \leq t' \end{cases}$$

Hierbei haben die Variablen dieselbe Bedeutung wie bei der Gamma-Kodierung und es gilt $t' = st$.

So kann zum Beispiel die Gamma-Kodierung oder Gamma-Dekodierung, die von der sRGB-Norm gefordert wird, durch Gamma = $1.0/2.4$, Offset = 0.055 und Threshold = 0.0031308 erhalten werden, während die Gamma-Kodierung oder Gamma-Dekodierung, die von der HDTV-Videonorm gefordert wird, durch Gamma = 0.45, Offset = 0.099 und Threshold = 0.018 erhalten werden kann. In jedem Fall sollte MaxGray auf einen Wert gesetzt werden, der zum Bildtyp von Image passt (z.B. 255.0 für Byte-Bilder).

Achtung

gamma_image kann für byte-, uint2-, und real-Bilder auf OpenCL Geräten ausgeführt werden. Da die Operation in einfach statt wie auf der CPU doppelt genauer Fließkommadarstellung berechnet wird, kann das Ergebnis der OpenCL-Implementierung geringfügig von dem der CPU-Implementierung abweichen.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **GammaImage** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ausgabebild.
- ▷ **Gamma** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Gamma-Koeffizient des exponentiellen Teils der Transformation.
  Default: 0.416666666667
  Wertevorschläge: Gamma ∈ {0.416666666667, 0.45}
- ▷ **Offset** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Versatz des exponentiellen Teils der Transformation.
  Default: 0.055
  Wertevorschläge: Offset ∈ {0.055, 0.099}
- ▷ **Threshold** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Grauwert, für den die Transformation von linear nach exponentiell wechselt.
  Default: 0.0031308
  Wertevorschläge: Threshold ∈ {0.0031308, 0.018}

▷ **MaxGray** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Maximaler Grauwert des Eingabebildtyps.
Default: 255.0
Wertevorschläge: `MaxGray` ∈ {1.0, 255.0, 511.0, 1023.0, 4095.0, 16383.0, 65535.0}

▷ **Encode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Berechnung einer Gamma-Kodierung, falls *'true'*, ansonsten einer Gamma-Dekodierung.
Default: 'true'
Werteliste: `Encode` ∈ {'true', 'false'}

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

`pow_image`

Siehe auch

`sqrt_image`, `exp_image`, `log_image`

Literatur

Erik Reinhard, Erum Arif Khan, Ahmet Oguz Akyüz, Garret M. Johnson: „Color Imaging: Fundamentals and Applications." A K Peters, Ltd., 2008.

CEI/IEC 61966-2-1:1999: „Colour management – Default RGB colour space – sRGB."

ITU-R BT.709-5: „Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange."

Modul

Foundation

invert_image (Image : ImageInvert : :)

Invertieren eines Bildes.

`invert_image` invertiert die Grauwerte eines Bildes. Bei Bildern vom Typ `byte` und `cyclic` berechnet sich das Ergebnis als:

$$g' = 255 - g$$

Bilder vom Typ 'direction' werden durch

$$g' = (g + 90) \text{ modulo } 180$$

transformiert. Bei Typen mit Vorzeichen werden die Werte negiert. Das Ergebnisbild hat den gleichen Pixeltyp wie das Eingabebild.

Es können mehrere Bilder pro Aufruf bearbeitet werden. Zu jedem Eingabebild wird ein Ausgabebild erzeugt.

`invert_image` kann für `byte`-, `direction`-, `cyclic`-, `int1`-, `int2`-, `uint2`-, `int4`-, und `real`-Bilder auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
Eingabebild(er).

▷ **ImageInvert** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
Bild(er) mit invertierten Grauwerten.

Beispiel

```
read_image(Orig,'fabrik')
invert_image(Orig,Invert)
dev_display(Invert)
```

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

watersheds

Alternativen

scale_image

Siehe auch

scale_image, add_image, sub_image

Modul

Foundation

log_image (Image : LogImage : Base :)

Berechnen des Logarithmus eines Bildes.

log_image berechnet den Logarithmus des Eingabebildes Image zur Basis Base und liefert das Ergebnis in LogImage zurück. Falls Image Grauwerte außerhalb des Definitionsbereiches der Logarithmusfunktion enthält (also ≤ 0), werden die entsprechenden Grauwerte in LogImage auf 0 gesetzt.

Achtung

log_image kann für byte-, int1-, int2-, uint2-, int4-, und real-Bilder auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Da Ergebnis kann von dem auf der CPU errechneten abweichen.

Parameter

▷ **Image** (input_object) .... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / uint2 / int2 / int4 / int8 / real
Eingabebild.

▷ **LogImage** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* real
Ergebnisbild.

▷ **Base** (input_control) ..... number ⇝ *string* / integer / real
Basis des Logarithmus.
Default: 'e'
Wertevorschläge: Base ∈ {'e', 2, 10}

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Siehe auch

`pow_image`, `exp_image`

Modul

Foundation

`max_image` `( Image1, Image2 : ImageMax : : )`

Pixelweises Berechnen des Maximums von zwei Bildern.

`max_image` ermittelt (pixelweise) das Maximum der Bilder `Image1` und `Image2`. Das Ergebnis wird in dem Bild `ImageMax` abgelegt. Das Ergebnisbild hat den gleichen Pixeltyp wie das Eingabebild. Sollen mehrere Bilder(paare) bei einem Aufruf bearbeitet werden, so wird jeweils das i-te Bild aus `Image1` mit dem i-ten Bild aus `Image2` verglichen. Die Anzahl der Bilder in beiden Eingabeparametern muss also gleich sein. Zu jedem Eingabepaar wird ein Ausgabebild erzeugt.

`max_image` kann für byte-, int1-, int2-, uint2-, int4-, real-, direction-, und cyclic-Bilder auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden.

Achtung

Die beiden Eingabebilder müssen den gleichen Typ und die gleiche Größe haben.

Parameter

▷ **`Image1`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / direction / cyclic

Bild(er) 1.

▷ **`Image2`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / direction / cyclic

Bild(er) 2.

▷ **`ImageMax`** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / direction / cyclic

Ergebnisbild(er) durch die Maximierung.

Beispiel

```
read_image(Image1,'monkey')
read_image(Image2,'fabrik')
max_image(Image1,Image2,Max)
dev_display (Max)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `max_image` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabbilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Siehe auch

`min_image`

Modul

Foundation

`min_image` `( Image1, Image2 : ImageMin : : )`

Pixelweises Berechnen des Minimums von zwei Bildern.

`min_image` ermittelt (pixelweise) das Minimum der Bilder `Image1` und `Image2`. Das Ergebnis wird in dem Bild `ImageMin` abgelegt. Das Ergebnisbild hat den gleichen Pixeltyp wie das Eingabebild. Sollen mehrere Bilder(paare) bei einem Aufruf bearbeitet werden, so wird jeweils das i-te Bild aus `Image1` mit dem i-ten Bild aus `Image2` verglichen. Die Anzahl der Bilder in beiden Eingabeparametern muss also gleich sein. Zu jedem Eingabepaar wird ein Ausgabebild erzeugt.

`min_image` kann für byte-, int1-, int2-, uint2-, int4-, real-, direction-, und cyclic-Bilder auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden.

Parameter

▷ **`Image1`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / direction / cyclic

Bild(er) 1.

▷ **`Image2`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / direction / cyclic

Bild(er) 2.

▷ **`ImageMin`** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / direction / cyclic

Ergebnisbild(er) durch das Minimierung.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `min_image` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

`gray_erosion`

Siehe auch

`max_image`

Modul

Foundation

mult_image (Image1, Image2 : ImageResult : Mult, Add :)

Multiplizieren zweier Bilder.

mult_image multipliziert zwei Bilder. Die Grauwerte $(g1, g2)$ der Eingabebilder (Image1) werden dabei wie folgt transformiert:

$$g' := g1 * g2 * \texttt{Mult} + \texttt{Add}$$

Tritt ein Überlauf oder ein Unterlauf ein, so werden die Werte beschnitten. Dies gilt nicht im Fall von cyclic- und direction-Bildern.

Es können mehrere Bilder pro Aufruf bearbeitet werden. In diesem Fall enthalten beide Eingabeparameter gleich viele Bilder, die dann paarweise abgearbeitet werden. Zu jedem Paar wird ein Ausgabebild erzeugt.

mult_image kann für byte-, int1-, int2-, uint2-, int4-, real-, direction-, cyclic-, und complex-Bildern auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Da OpenCL 1.0 aber nur einfache genaue Fließkommaunterstützung voraussetzt und nicht alle Rundungsarten unterstützt werden, kann das Ergebnis der OpenCL-Implementierung geringfügig von dem der skalaren Implementierung abweichen.

Parameter

▷ **Image1** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / direction / cyclic / complex

Bild(er) 1.

▷ **Image2** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / direction / cyclic / complex

Bild(er) 2.

▷ **ImageResult** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / direction / cyclic / complex

Ergebnisbild(er) durch das Produkt.

▷ **Mult** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer

Faktor für Grauwertbereichsanpassung.
Default: 0.005
Wertevorschläge: Mult ∈ {0.001, 0.01, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 10.0}
Wertebereich: -255.0 ≤ Mult ≤ 255.0
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **Add** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer

Wert für Grauwertbereichsanpassung.
Default: 0
Wertevorschläge: Add ∈ {0.0, 128.0, 256.0}
Wertebereich: -512.0 ≤ Add ≤ 512.0
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 1.0

Beispiel

```
read_image(Image1,'fabrik')
dev_display (Image1)
read_image(Image2,'monkey')
dev_display (Image2)
mult_image (Image1, Image2, Result, 0.01, 10)
dev_display (Result)
```

Ergebnis

mult_image liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

add_image, sub_image, div_image

Siehe auch

add_image, sub_image, div_image

Modul

Foundation

pow_image (Image : PowImage : Exponent :)

Berechnen der Potenzierung eines Bildes.

pow_image berechnet die Potenzierung des Eingabebildes Image mit dem Exponenten Exponent und liefert das Ergebnis in PowImage zurück. Falls Image Grauwerte enthält, für die das Ergebnis der Potenzierung den Wertebereich von PowImage überschreiten würde (z.B. > 7131.55017 für Exponent $= 10$), werden die entsprechenden Grauwerte in PowImage auf den größten repräsentierbaren Wert (d.h. 3.4028235×10^{38}) gesetzt. Falls Image Grauwerte enthält, für die die Potenzierung nicht durchgeführt werden kann (d.h. falls die Grauwerte negativ sind und Exponent keine ganze Zahl ist), werden die entsprechenden Grauwerte in PowImage auf 0 gesetzt.

Achtung

pow_image kann für byte-, int1-, int2-, uint2-, int4-, und real-Bilder auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Da Ergebnis kann von dem auf der CPU errechneten abweichen.

Parameter

▷ **Image** (input_object) .... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / uint2 / int2 / int4 / int8 / real
Eingabebild.

▷ **PowImage** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* real
Ergebnisbild.

▷ **Exponent** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Exponent der Potenzierung.
Default: 2
Wertevorschläge: Exponent ∈ {0.25, 0.5, 2, 3, 4}

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

gamma_image

Siehe auch

sqrt_image, exp_image, log_image

Modul

Foundation

scale_image (Image : ImageScaled : Mult, Add :)

Skalieren von Grauwerten.

scale_image skaliert die Eingabebilder (Image) mittels folgender Transformation:

$$g' := g * \texttt{Mult} + \texttt{Add}$$

Tritt ein Überlauf oder ein Unterlauf ein, so werden die Werte beschnitten. Dies gilt nicht im Fall von cyclic- und direction-Bildern.

Dieser Operator kann z.B. dafür verwendet werden, die Grauwerte eines Bildes, also das Intervall [GMin,GMax], auf das volle Intervall [0:255] abzubilden, indem man die Parameter wie folgt wählt:

$$\texttt{Mult} = \frac{255}{\text{GMax} - \text{GMin}} \qquad \texttt{Add} = -\texttt{Mult} * \text{GMin}$$

Min und GMax können z.B. mit dem Operator min_max_gray bestimmt werden.

Es ist zu beachten, dass die Laufzeit des Operators von der Wahl der Steuerparameter abhängt. Für häufig verwendete Parameterkombinationen sind spezielle Optimierungen implementiert. Weiterhin sind für int2 und uint2 Bilder spezielle Optimierungen mit Festkommaarithmetik und für byte, int2 und uint2 Bilder spezielle Optimierungen unter Verwendung von SIMD Technologie implementiert. Ob diese tatsächlich zur Anwendung kommen, kann über die Systemparameter *'int_zooming'* und *'mmx_enable'* (siehe set_system) gesteuert werden. Falls *'int_zooming'* auf *'true'* gesetzt wird, wird die intern Berechnung mit Festkommaarithmetik durchgeführt, was zu wesentlich kürzeren Laufzeiten führt. Allerdings ist hier die Genauigkeit der berechneten Grauwerte geringer. Die Abweichung zur genaueren Berechnung (mit *'int_zooming'* = *'false'*) ist normalerweise kleiner als zwei Grauwerte. Falls *'mmx_enable'* auf *'true'* gesetzt wird (und die verwendete Hardware SIMD Technologie unterstützt), wird die Berechnung intern unter Verwendung von SIMD Technologie durchgeführt. In diesem Fall wird der Wert von *'int_zooming'* ignoriert.

scale_image kann für byte-, int1-, int2-, uint2-, int4-, real-, direction-, cyclic-, und complex-Bilder auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Da OpenCL 1.0 aber nur einfache genaue Fließkommaunterstützung voraussetzt und nicht alle Rundungsarten unterstützt werden, kann das Ergebnis der OpenCL-Implementierung geringfügig von dem der skalaren oder der SIMD-Implementierung abweichen.

Achtung

Es ist zu beachten, dass der Beschleunigungseffekt von SIMD Technologie bei großen, kompakten Eingaberegionen am größten ist. Im Einzelfall kann aber die Ausführung von scale_image, abhängig von der Eingaberegion und den Hardwareeigenschaften, mit SIMD Technologie länger dauern als ohne. In diesem Falle lässt sich die Verwendung von SIMD Technologie durch set_system(::'mmx_enable','false':) verhindern.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / direction / cyclic / complex

Bild(er), dessen/deren Grauwerte skaliert werden sollen.

▷ **ImageScaled** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / direction / cyclic / complex

Ergebnisbild(er) durch die Skalierung

▷ **Mult** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer

Grauwertskalierung.
Default: 0.01
Wertevorschläge: Mult ∈ {0.001, 0.003, 0.005, 0.008, 0.01, 0.02, 0.03, 0.05, 0.08, 0.1, 0.5, 1.0}
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **Add** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Grauwertverschiebung.
Default: 0
Wertevorschläge: Add ∈ {0, 10, 50, 100, 200, 500}
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 1.0

Beispiel

```
* Complement of the gray values:
scale_image(Image,Invert,-1.0,255.0)
```

Ergebnis

scale_image liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

min_max_gray

Alternativen

mult_image, add_image, sub_image

Siehe auch

min_max_gray

Modul

Foundation

sin_image (Image : SinImage : :)

Berechnen des Sinus eines Bildes.

sin_image berechnet den Sinus des Eingabebildes Image und liefert das Ergebnis vom Pixeltyp real in SinImage zurück. Falls Image vom Pixeltyp direction oder cyclic ist, werden die in Image gespeicherten Winkel intern ins Bogenmaß umgerechnet. Falls Image vom Pixeltyp real ist, wird angenommen, dass die Winkel in Image im Bogenmaß vorliegen. Für Bilder vom Pixeltyp direction führt ein Wert von 255 im Eingabebild zu einem Wert von 0 im Ausgabebild.

Achtung

sin_image kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* direction / cyclic / real
Eingabebild.

▷ **SinImage** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* real
Ergebnisbild.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Siehe auch

cos_image, tan_image, asin_image, acos_image, atan_image, atan2_image

Modul

Foundation

sqrt_image (Image : SqrtImage : :)

Berechnen der Wurzel eines Bildes.

sqrt_image berechnet die Wurzel des Eingabebildes Image punktweise und liefert das Ergebnis vom selben Pixeltyp in SqrtImage zurück. Besitzt der Pixeltyp von Image ein Vorzeichen, so werden negative Pixelwerte auf 0 in SqrtImage abgebildet.

sqrt_image kann für byte-, int1-, int2-, uint2-, int4 und real-Bilder auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) .... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
Eingabebild

▷ **SqrtImage** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
Ergebnisbild

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Siehe auch

pow_image

Modul

Foundation

sub_image (ImageMinuend, ImageSubtrahend : ImageSub : Mult, Add :)

Subtrahieren zweier Bilder.

sub_image subtrahiert zwei Bilder. Die Grauwerte $(g1, g2)$ der Eingabebilder (ImageMinuend und ImageSubtrahend) werden dabei wie folgt transformiert:

$$g' := (g1 - g2) * \texttt{Mult} + \texttt{Add}$$

Tritt ein Überlauf oder ein Unterlauf ein, so werden die Werte beschnitten. Dies gilt nicht im Fall von cyclic- und direction-Bildern.

Es können mehrere Bilder pro Aufruf bearbeitet werden. In diesem Fall enthalten beide Eingabeparameter gleich viele Bilder, die dann paarweise abgearbeitet werden. Zu jedem Paar wird ein Ausgabebild erzeugt.

Es ist zu beachten, dass die Laufzeit des Operators von der Wahl der Steuerparameter abhängt. Für häufig verwendete Parameterkombinationen sind spezielle Optimierungen implementiert. Für byte, int2 und uint2 Bilder sind außerdem spezielle Optimierungen unter Verwendung von SIMD Technologie implementiert. Ob diese tatsächlich zur Anwendung kommen, kann über den Systemparameter *'mmx_enable'* (siehe `set_system`) gesteuert werden. Falls *'mmx_enable'* auf *'true'* gesetzt wird (und die verwendete Hardware SIMD Technologie unterstützt), wird die Berechnung intern unter Verwendung von SIMD Technologie durchgeführt.

`sub_image` kann für byte-, int1-, int2-, uint2-, int4-, real-, direction-, cyclic-, und complex-Bilder auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Da OpenCL 1.0 aber nur einfache genaue Fließkommaunterstützung voraussetzt und nicht alle Rundungsarten unterstützt werden, kann das Ergebnis der OpenCL-Implementierung geringfügig von dem der skalaren oder der SIMD-Implementierung abweichen.

Achtung

Es ist zu beachten, dass der Beschleunigungseffekt von SIMD Technologie bei großen, kompakten Eingaberegionen am größten ist. Im Einzelfall kann aber die Ausführung von `sub_image`, abhängig von der Eingaberegion und den Hardwareeigenschaften, mit SIMD Technologie länger dauern als ohne. In diesem Falle lässt sich die Verwendung von SIMD Technologie durch `set_system(::'mmx_enable','false':)` verhindern.

Parameter

- ▷ **`ImageMinuend`** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / direction / cyclic / complex

  Minuend(en).
- ▷ **`ImageSubtrahend`** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / direction / cyclic / complex

  Subtrahend(en).
- ▷ **`ImageSub`** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / direction / cyclic / complex

  Ergebnisbild(er) durch die Subtraktion.
- ▷ **`Mult`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer

  Korrekturfaktor.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `Mult` ∈ {0.0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0}
  Wertebereich: -255.0 ≤ `Mult` ≤ 255.0
  Minimale Schrittweite: 0.001
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
- ▷ **`Add`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer

  Korrekturwert.
  Default: 128.0
  Wertevorschläge: `Add` ∈ {0.0, 128.0, 256.0}
  Wertebereich: -512.0 ≤ `Add` ≤ 512.0
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 1.0

Beispiel

```
read_image(Image1,'fabrik')
dev_display (Image1)
read_image(Image2,'monkey')
dev_display (Image2)
sub_image (Image1, Image2, Result, 1, 100)
dev_display (Result)
```

Ergebnis

`sub_image` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

`dual_threshold`

Alternativen

`mult_image`, `add_image`

Siehe auch

`add_image`, `mult_image`, `dyn_threshold`, `check_difference`

Modul

Foundation

`tan_image` (Image : TanImage : :)

Berechnen des Tangens eines Bildes.

`tan_image` berechnet den Tangens des Eingabebildes `Image` und liefert das Ergebnis vom Pixeltyp real in `TanImage` zurück. Falls `Image` vom Pixeltyp direction oder cyclic ist, werden die in `Image` gespeicherten Winkel intern ins Bogenmaß umgerechnet. Falls `Image` vom Pixeltyp real ist, wird angenommen, dass die Winkel in `Image` im Bogenmaß vorliegen. Für Bilder vom Pixeltyp direction führt ein Wert von 255 im Eingabebild zu einem Wert von 0 im Ausgabebild.

Achtung

`tan_image` kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* direction / cyclic / real
  Eingabebild.
- ▷ **`TanImage`** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* real
  Ergebnisbild.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Siehe auch

`sin_image`, `cos_image`, `asin_image`, `acos_image`, `atan_image`, `atan2_image`

Modul

Foundation

11.2 Bit

bit_and (Image1, Image2 : ImageAnd : :)

Bitweises AND aller Pixel der Eingabebilder.

bit_and berechnet das bitweise „and“ aller Pixel der Eingabebilder. Die Semantik der „and“ Operation entspricht der von C für die jeweiligen Typen (signed char, unsigned char, short, unsigned short, int/long). Die Bilder müssen die gleiche Bildgröße und den gleichen Pixeltyp haben. Es werden die Bildpunkte innerhalb des Definitionsbereiches des Bildes im ersten Parameter bearbeitet.

Es können mehrere Bilder pro Aufruf bearbeitet werden. In diesem Fall enthalten beide Eingabeparameter gleich viele Bilder, die dann paarweise abgearbeitet werden. Zu jedem Paar wird ein Ausgabebild erzeugt.

Parameter

▷ **Image1** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4

Eingabebild(er) 1.

▷ **Image2** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4

Eingabebild(er) 2.

▷ **ImageAnd** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4

Ergebnis(se) der AND-Operation.

Beispiel

```
read_image(Image1,'fabrik')
dev_display (Image1)
read_image(Image2,'monkey')
dev_display (Image2)
bit_and(Image1,Image2,ImageBitAnd)
dev_display (ImageBitAnd)
```

Ergebnis

Sind die Bilder korrekt (Typ und Anzahl), dann liefert bit_and den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(:: 'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

bit_mask, add_image, max_image

Siehe auch

bit_mask, add_image, max_image

Modul

Foundation

bit_lshift (Image : ImageLShift : Shift :)

Links-Shift aller Pixel des Bildes.

bit_lshift berechnet einen bitweisen „links-Shift“ aller Pixel des Eingabebildes. Die Semantik der „links-Shift“ Operation entspricht der von C („«“) für die jeweiligen Typen (signed char, unsigned char, short, unsigned short, int/long). Tritt ein Überlauf auf, so wird das Ergebnis auf den maximalen Wert des jeweiligen Pixeltyps begrenzt. Es werden nur die Bildpunkte innerhalb des Definitionsbereiches des Bildes bearbeitet.

Es können mehrere Bilder pro Aufruf bearbeitet werden. Zu jedem Eingabebild wird ein Ausgabebild erzeugt.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4
Eingabebild(er).

▷ **ImageLShift** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4
Ergebnis(se) der Shift-Operation.

▷ **Shift** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Shift-Wert.
Default: 3
Wertevorschläge: Shift ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 24, 30, 31}
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Beispiel

```
read_image(&ByteImage,"fabrik");
convert_image_type(ByteImage,&Int2Image,"int2");
bit_lshift(Int2Image,&FullInt2Image,8);
```

Ergebnis

Sind die Bilder korrekt (Typ) und hat Shift eine gültigen Wert, dann liefert bit_lshift den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

scale_image

Siehe auch

bit_rshift

Modul

Foundation

bit_mask (Image : ImageMask : BitMask :)

Logisches „AND“ jedes Pixels mit einer Bitmaske.

bit_mask führt eine „and“ Operation von jedem Pixel mit einer festen Maske durch. Die Semantik der „and“ Operation entspricht der von C für die jeweiligen Typen (signed char, unsigned char, short, unsigned short, int/long). Es werden nur die Bildpunkte innerhalb des Definitionsbereiches des Bildes bearbeitet.

Es können mehrere Bilder pro Aufruf bearbeitet werden. Zu jedem Eingabebild wird ein Ausgabebild erzeugt.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4
Eingabebild(er).

▷ **ImageMask** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4
Ergebnis(se) der Kombination mit Mask.

▷ **BitMask** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Bitfeld.
Default: 128
Wertevorschläge: `BitMask` ∈ {1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096}

Ergebnis

Sind die Bilder korrekt (Typ), dann liefert `bit_mask` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

`threshold`, `bit_or`

Alternativen

`bit_slice`

Siehe auch

`bit_and`, `bit_lshift`

Modul

Foundation

bit_not (Image : ImageNot : :)

Komplementieren aller Bits der Pixel.

`bit_not` berechnet das bitweise „complement“ aller Pixel des Eingabebildes. Die Semantik der „complement“ Operation entspricht der von C („~“) für die jeweiligen Typen (signed char, unsigned char, short, unsigned short, int/long). Es werden nur die Bildpunkte innerhalb des Definitionsbereiches des Bildes bearbeitet.

Es können mehrere Bilder pro Aufruf bearbeitet werden. Zu jedem Eingabebild wird ein Ausgabebild erzeugt.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4
Eingabebild(er).

▷ **ImageNot** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4
Ergebnis(se) der Komplement-Operation.

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
dev_display(Image)
bit_not(Image,ImageBitNot)
dev_display(ImageBitNot)
```

Ergebnis

Sind die Bilder korrekt (Typ), dann liefert `bit_not` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

`bit_or`, `bit_and`, `add_image`

Siehe auch

`bit_slice`, `bit_mask`

Modul

Foundation

`bit_or ( Image1, Image2 : ImageOr : : )`

Bitweises OR aller Pixel der Eingabebilder.

`bit_or` berechnet das bitweise „or“ aller Pixel der Eingabebilder. Die Semantik der „or“ Operation entspricht der von C für die jeweiligen Typen (signed char, unsigned char, short, unsigned short, int/long). Die Bilder müssen die gleiche Bildgröße und den gleichen Pixeltyp haben. Es werden die Bildpunkte innerhalb des Definitionsbereiches des Bildes im ersten Parameter bearbeitet.

Es können mehrere Bilder pro Aufruf bearbeitet werden. In diesem Fall enthalten beide Eingabeparameter gleich viele Bilder, die dann paarweise abgearbeitet werden. Zu jedem Paar wird ein Ausgabebild erzeugt.

Parameter

▷ **Image1** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4

Eingabebild(er) 1.

▷ **Image2** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4

Eingabebild(er) 2.

▷ **ImageOr** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4

Ergebnis(se) der OR-Operation.

Beispiel

```
read_image(Image1,'fabrik')
dev_display (Image1)
read_image(Image2,'monkey')
dev_display (Image2)
bit_or(Image1,Image2,ImageBitOr)
dev_display (ImageBitOr)
```

Ergebnis

Sind die Bilder korrekt (Typ und Anzahl), dann liefert `bit_or` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

bit_and, add_image

Siehe auch

bit_xor, bit_and

Modul

Foundation

bit_rshift (Image : ImageRShift : Shift :)

Rechts-Shift aller Pixel des Bildes.

bit_rshift berechnet einen bitweisen „rechts-Shift“ aller Pixel des Eingabebildes. Die Semantik der „rechts-Shift“ Operation entspricht der von C („»“) für die jeweiligen Typen (signed char, unsigned char, short, unsigned short, int/long). Es werden nur die Bildpunkte innerhalb des Definitionsbereiches des Bildes bearbeitet.

Es können mehrere Bilder pro Aufruf bearbeitet werden. Zu jedem Eingabebild wird ein Ausgabebild erzeugt.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4
Eingabebild(er).

▷ **ImageRShift** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4
Ergebnis(se) der Shift-Operation.

▷ **Shift** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Shift-Wert.
Default: 3
Wertevorschläge: Shift ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 24, 30, 31}
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Beispiel

```
bit_rshift(Int2Image,&ReducedInt2Image,8);
convert_image_type(ReducedInt2Image,&ByteImage,"byte");
```

Ergebnis

Sind die Bilder korrekt (Typ) und hat Shift eine gültigen Wert, dann liefert bit_rshift den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

scale_image

Siehe auch

bit_lshift

Modul

Foundation

bit_slice (Image : ImageSlice : Bit :)

Extraktion eines Bits aus den Pixeln.

bit_slice extrahiert eine Bitebene aus dem Eingabebild. Die Semantik der „and“ Operation entspricht der von C für die jeweiligen Typen (signed char, unsigned char, short, unsigned short, int/long). Es werden nur die Bildpunkte innerhalb des Definitionsbereiches des Bildes bearbeitet.

Es können mehrere Bilder pro Aufruf bearbeitet werden. Zu jedem Eingabebild wird ein Ausgabebild erzeugt.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4
Eingabebild(er).

▷ **ImageSlice** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4
Ergebnis(se) der Extraktion.

▷ **Bit** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Auszuwählendes Bit.
Default: 8
Wertevorschläge: Bit ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 24, 30, 32}
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
for I:= 1 to 8 by 1
    bit_slice (Image, ImageSlice, I)
    threshold (ImageSlice, Region, 1, 255)
    dev_display (Region)
endfor
```

Ergebnis

Sind die Bilder korrekt (Typ) und hat Bit eine gültigen Wert, dann liefert bit_slice den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

threshold, bit_or

Alternativen

bit_mask

Siehe auch

bit_and, bit_lshift

Modul

Foundation

bit_xor (Image1, Image2 : ImageXor : :)

Bitweise XOR aller Pixel der Eingabebilder.

bit_xor berechnet das bitweise „xor“ aller Pixel der Eingabebilder. Die Semantik der „xor“ Operation entspricht der von C für die jeweiligen Typen (signed char, unsigned char, short, unsigned short, int/long). Die Bilder müssen die gleiche Bildgröße und den gleichen Pixeltyp haben. Es werden die Bildpunkte innerhalb des Definitionsbereiches des Bildes im ersten Parameter bearbeitet.

Es können mehrere Bilder pro Aufruf bearbeitet werden. In diesem Fall enthalten beide Eingabeparameter gleich viele Bilder, die dann paarweise abgearbeitet werden. Zu jedem Paar wird ein Ausgabebild erzeugt.

Parameter

▷ **Image1** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4

Eingabebild(er) 1.

▷ **Image2** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4

Eingabebild(er) 2.

▷ **ImageXor** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4

Ergebnis(se) der XOR-Operation.

Beispiel

```
read_image(Image1,'fabrik')
dev_display (Image1)
read_image(Image2,'monkey')
dev_display (Image2)
bit_xor(Image1,Image2,ImageBitXor)
dev_display (ImageBitXor)
```

Ergebnis

Sind die Bilder korrekt (Typ und Anzahl), dann liefert bit_xor den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

bit_or, bit_and, add_image

Siehe auch

bit_or, bit_and

Modul

Foundation

11.3 FFT

convol_fft (ImageFFT, ImageFilter : ImageConvol : :)

Multiplizieren eines Bildes mit einem Filterbild im Frequenzraum.

Als Teil der Faltung eines Bildes mit einem Filterbild multipliziert convol_fft das fouriertransformierte Bild ImageFFT mit der Fouriertransformation ImageFilter eines zweiten Bildes, welches als Filter dient.

Laut Faltungstheorem erfolgt die nicht-normalisierte Faltung zweier Bilder im Pixelraum in drei Schritten:

1. Transformieren der Bilder in den Frequenzraum mittels Fouriertransformation (siehe z.B. fft_generic).
2. Multiplizieren eines transformierten Bildes mit dem transformierten Filterbild (pixelweise).
3. Rücktransformieren des Ergebnisses in den Pixelraum mittels inverser Fouriertransformation (siehe z.B. fft_generic).

Der Operator convol_fft wird zur Ausführung des zweiten Schrittes verwendet, d.h. ImageFFT wird pixelweise mit ImageFilter multipliziert.

Achtung

Die Filterung erfolgt immer für das gesamte Bild, d.h., der Definitionsbereich des Eingabebildes wird ignoriert.

Parameter

- ▷ **ImageFFT** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* complex
  Komplexes Eingabebild.
- ▷ **ImageFilter** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* real / complex
  Filter im Frequenzraum.
- ▷ **ImageConvol** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* complex
  Ergebnis im Frequenzraum.

Beispiel

```
gen_highpass(Highpass,0.2,'n','dc_edge',Width,Height)
fft_generic(Image,ImageFFT,'to_freq',-1,'none','dc_edge','complex')
convol_fft(ImageFFT,Highpass,ImageConvol)
fft_generic(ImageConvol,ImageResult,'from_freq',1,'none','dc_edge','byte')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert convol_fft den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Vorgänger

fft_image, fft_generic, rft_generic, gen_highpass, gen_lowpass, gen_bandpass, gen_bandfilter

Nachfolger

power_byte, power_real, power_ln, fft_image_inv, fft_generic, rft_generic

Alternativen

convol_gabor

Siehe auch

gen_gabor, gen_highpass, gen_lowpass, gen_bandpass, convol_gabor, fft_image_inv

Modul

Foundation

convol_gabor (ImageFFT, GaborFilter : ImageResultGabor, ImageResultHilbert : :)

Faltung mit einem Gaborfilter im Frequenzraum.

convol_gabor berechnet die Faltung des Gaborfilters GaborFilter (siehe gen_gabor) und seiner Hilbert-transformierten mit einem bereits fouriertransformierten Bild im Frequenzraum. Das Ausgabebild ist komplex.

Achtung

Die Filterung erfolgt immer für das gesamte Bild, d.h., der Definitionsbereich des Eingabebildes wird ignoriert.

Parameter

- ▷ **ImageFFT** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* complex
  Eingabebild (Real- und Imaginärteile).
- ▷ **GaborFilter** (input_object) ..... multichannel-image ⇝ *object :* real
  Gabor/Hilbert-Filter.
- ▷ **ImageResultGabor** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* complex
  Ergebnis Gaborfilterung.
- ▷ **ImageResultHilbert** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* complex
  Ergebnis Hilbertfilterung.

Beispiel

```
gen_gabor(Filter,1.4,0.4,1.0,1.5,'n','dc_edge',512,512)
fft_generic(Image,ImageFFT,'to_freq',-1,'none','dc_edge','complex')
convol_gabor(ImageFFT,Filter,Gabor,Hilbert)
fft_generic(Gabor,GaborInv,'from_freq',1,'none','dc_edge','byte')
fft_generic(Hilbert,HilbertInv,'from_freq',1,'none','dc_edge','byte')
energy_gabor(GaborInv,HilbertInv,Energy)
```

Ergebnis

Sind die Bilder vom richtigen Typ, dann liefert convol_gabor den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Vorgänger

fft_image, fft_generic, gen_gabor

Nachfolger

power_byte, power_real, power_ln, fft_image_inv, fft_generic

Alternativen

convol_fft

Siehe auch

convol_image

Modul

Foundation

correlation_fft (ImageFFT1, ImageFFT2 : ImageCorrelation : :)

Multiplizieren eines Bildes mit einem komplex-konjugierten Bild im Frequenzraum.

Als Teil der Berechnung der Korrelation zweier Bilder multipliziert correlation_fft das fouriertransformierte Bild ImageFFT1 mit der komplex-konjugierten Fouriertransformation ImageFFT2 eines zweiten Bildes.

Laut Korrelationstheorem erfolgt die Berechnung der nicht-normalisierten Korrelation zweier Bilder im Pixelraum in drei Schritten:

1. Transformieren der Bilder in den Frequenzraum mittels Fouriertransformation (siehe z.B. fft_generic).
2. Multiplizieren eines transformierten Bildes mit einem komplex-konjugierten transformierten Bild (pixelweise).
3. Rücktransformieren des Ergebnisses in den Pixelraum mittels inverser Fouriertransformation (siehe z.B. fft_generic).

Der Operator correlation_fft wird zur Ausführung des zweiten Schrittes verwendet, d.h. ImageFFT1 wird pixelweise mit der komplexen Konjugation von ImageFFT2 multipliziert.

Es ist zu beachten, dass die korrekte Skalierung der Korrelation im Ortsraum nur erreicht werden kann, falls für die Hintransformation (Schritt 1) die Operatoren fft_generic oder rft_generic mit Norm = *'none'* und für die Rücktransformation fft_generic oder rft_generic mit Norm = *'n'* verwendet werden (Schritt 3). Falls ImageFFT1 und ImageFFT2 dieselbe Anzahl Bilder enthalten, werden die entsprechenden Bilder paarweise multipliziert. Ansonsten darf ImageFFT2 nur ein einziges Bild enthalten. In diesem Fall wird die Multiplikation für jedes Bild von ImageFFT1 mit ImageFFT2 ausgeführt.

Achtung

Die Filterung erfolgt immer für das gesamte Bild, d.h., der Definitionsbereich des Eingabebildes wird ignoriert.

Parameter

- ▷ **ImageFFT1** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* complex
  Fouriertransformiertes Eingabebild 1.
- ▷ **ImageFFT2** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* complex
  Fouriertransformiertes Eingabebild 2.
  Parameteranzahl: ImageFFT2 == ImageFFT1 || ImageFFT2 == 1
- ▷ **ImageCorrelation** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* complex
  Ergebnis im Frequenzraum.

Beispiel

```
* Compute the auto-correlation of an image.
get_image_size(Image,Width,Height)
rft_generic(Image,ImageFFT,'to_freq','none','complex',Width)
correlation_fft(ImageFFT,ImageFFT,Correlation)
rft_generic(Correlation,AutoCorrelation,'from_freq','n','real',Width)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert correlation_fft den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Vorgänger

fft_generic, fft_image, rft_generic

Nachfolger

fft_generic, fft_image_inv, rft_generic

Alternativen

phase_correlation_fft

Modul

Foundation

deserialize_fft_optimization_data (: : SerializedItemHandle :)

Deserialisieren von serialisierten FFT-Laufzeit-Optimierungsdaten.

deserialize_fft_optimization_data deserialisiert Daten zur Optimierung der Laufzeit der FFT, welche mit serialize_fft_optimization_data serialisiert wurden (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Die serialisierten Daten werden in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die Optimierungsdaten müssen zuvor mit optimize_fft_speed bestimmt und mit serialize_fft_optimization_data serialisiert worden sein. Falls die gespeicherten Daten für die später zu verwendenden Bildgrößen berechnet worden sind, erübrigt sich somit ein erneuter Aufruf von optimize_fft_speed. Es ist zu beachten, dass die Daten nur auf demselben Rechner verwendet werden sollten, auf dem sie mit optimize_fft_speed berechnet worden sind. Andernfalls werden die Laufzeiten nicht optimal sein. Außerdem ist zu beachten, dass Optimierungsdaten, die mit Standard HALCON erzeugt worden sind, mit Parallel HALCON nicht verwendet werden können (und umgekehrt).

deserialize_fft_optimization_data beeinflusst die Laufzeit der folgenden Operatoren, die die FFT verwenden: fft_generic, fft_image, fft_image_inv, sfs_pentland, sfs_mod_lr, sfs_orig_lr, wiener_filter.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert deserialize_fft_optimization_data den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

fread_serialized_item, receive_serialized_item, serialize_fft_optimization_data

Nachfolger

fft_generic, fft_image, fft_image_inv, rft_generic, wiener_filter, wiener_filter_ni, photometric_stereo, sfs_pentland, sfs_mod_lr, sfs_orig_lr

Alternativen

optimize_fft_speed, optimize_rft_speed

Siehe auch

serialize_fft_optimization_data

Modul

Foundation

energy_gabor (ImageGabor, ImageHilbert : Energy : :)

Energie eines zweikanaligen Bildes.

energy_gabor berechnet den lokalen Kontrast (Energy) der zwei Eingabebilder. Die Energie des Bildes ergibt sich dann zu

$$\text{Energy} = \text{Kanal1}^2 + \text{Kanal2}^2 \ .$$

Häufig geht der Bestimmung der Energie die Faltung eines Bildes mit einem Gaborfilter und der Hilberttransformierten des Gaborfilters voraus (siehe convol_gabor). Als Kanal 1 wird energy_gabor dann das Gaborgefilterte Bild, in den Ortsraum zurück transformiert (siehe fft_image_inv) übergeben, als Kanal 2 das rücktransformierte Ergebnis der Faltung mit der Hilberttransformierten. Die lokale Energie ist ein Maß für den lokalen Kontrast von Strukturen (Kanten, Linien) in Bildern.

Parameter

- ▷ **ImageGabor** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / real
  Eingabe 1. Kanal (typisch: Gaborbild).
- ▷ **ImageHilbert** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / real
  Eingabe 2. Kanal (typisch: Hilbertbild).
- ▷ **Energy** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* real
  Bild mit der lokalen Energie.

Beispiel

```
fft_image(Image,&FFT);
gen_gabor(&Filter,1.4,0.4,1.0,1.5,512);
convol_gabor(FFT,Filter,&Gabor,&Hilbert);
fft_image_inv(Gabor,&GaborInv);
fft_image_inv(Hilbert,&HilbertInv);
energy_gabor(GaborInv,HilbertInv,&Energy);
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `energy_gabor` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`gen_gabor`, `convol_gabor`, `fft_image_inv`

Modul

Foundation

fft_generic (Image : ImageFFT : Direction, Exponent, Norm, Mode, ResultType :)

Schnelle Fouriertransformation.

`fft_generic` berechnet die schnelle Fouriertransformation des Eingabebildes `Image`. Da in der Literatur mehrere Definitionen der Hin- und Rücktransformation der Fouriertransformation existieren, erlaubt diese Prozedur dem Benutzer die Auswahl der für seine Bedürfnisse geeigneten Version.

Die allgemeine Version einer Fouriertransformation sieht wie folgt aus:

$$F(m,n) = \frac{1}{c} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{N-1} e^{s2\pi i(km/M+ln/N)} f(k,l)$$

In der Literatur herrscht keine Einigkeit, ob das Vorzeichen s im Exponenten für die Hintransformation mit 1 oder -1 zu besetzen ist. Ebenso wenig Klarheit herrscht über den Normierungsfaktor c. Dieser wird manchmal für die Hintransformation mit 1 angegeben, manchmal mit MN, manchmal wird er auch (für die unitäre FFT) zu $\sqrt{MN}$ gesetzt. Insbesondere in der Bildverarbeitung wird außerdem manchmal der konstante Term der FFT (im englischen DC-Term genannt) in die Bildmitte verschoben.

`fft_generic` erlaubt es, diese Auswahlmöglichkeiten individuell anzupassen. Mit `Direction` kann die logische Richtung der FFT bestimmt werden. (Dieser Parameter ist nicht überflüssig; Er dient dazu, zu unterscheiden,

wie das Bild verschoben werden muss, falls der DC-Term in der Mitte des Bildes liegen soll.) Mögliche Werte sind *'to_freq'* und *'from_freq'*. Mit dem Parameter `Exponent` kann der Exponent der Transformation festgelegt werden. Er kann die Werte 1 und -1 annehmen. Mit `Norm` kann die gewünschte Normierung angegeben werden. Zulässige Werte sind *'none'*, *'sqrt'* und *'n'*. Mit `Mode` kann angegeben werden, wo der DC-Term der FFT liegen soll. Dabei kann zwischen *'dc_center'* und *'dc_edge'* gewählt werden.

In jedem Fall ist auf die konsistente Verwendung der Parameter zu achten. D.h., die Normierungsfaktoren bei der Hin- und Rücktransformation müssen aufmultipliziert MN ergeben. Bei der Rücktransformation ist ein anderes Vorzeichen für den Exponenten zu wählen als bei der Hintransformation. `Mode` muss für beide Transformationen gleich gewählt werden.

Eine sinnvolle Kombination ist z.B. *'(to_freq,-1,n,dc_edge)'* für die Hintransformation und *'(from_freq,1,none,dc_edge)'* für die Rücktransformation. In diesem Fall kann die FFT als Interpolation mit trigonometrischen Basisfunktionen interpretiert werden. Eine andere mögliche Kombination ist *'(to_freq,-1,sqrt,dc_center)'* und *'(from_freq,1,sqrt,dc_center)'*.

Der Parameter `ResultType` erlaubt es, bei der Rücktransformation (`Direction` = *'from_freq'*) den Ergebnisbildtyp festzulegen. Bei der Hintransformation (`Direction` = *'to_freq'*) muss `ResultType` auf *'complex'* gesetzt werden.

Achtung

Die Berechnung erfolgt immer für das gesamte Bild, d.h., der Definitionsbereich des Eingabebildes wird ignoriert.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real / complex
  Eingabebild im Ortsraum.
- ▷ **`ImageFFT`** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real / complex
  Fouriertransformiertes Bild.
- ▷ **`Direction`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Hin- oder Rücktransformation.
  Default: 'to_freq'
  Werteliste: `Direction` ∈ {'to_freq', 'from_freq'}
- ▷ **`Exponent`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Vorzeichen des Exponenten.
  Default: -1
  Werteliste: `Exponent` ∈ {-1, 1}
- ▷ **`Norm`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Normierung des Ergebnisbildes.
  Default: 'sqrt'
  Werteliste: `Norm` ∈ {'none', 'sqrt', 'n'}
- ▷ **`Mode`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Position der Nullfrequenz im Frequenzraum.
  Default: 'dc_center'
  Werteliste: `Mode` ∈ {'dc_center', 'dc_edge'}
- ▷ **`ResultType`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Bildtyp des Ausgabebildes.
  Default: 'complex'
  Werteliste: `ResultType` ∈ {'complex', 'byte', 'int1', 'int2', 'uint2', 'int4', 'real', 'direction', 'cyclic'}

Beispiel

```
/* simulation of fft_image */
void my_fft(Hobject In, Hobject *Out)
{
  fft_generic(In,Out,"to_freq",-1,"sqrt","dc_center","complex");
}

/* simulation of fft_image_inv */
void my_fft_image_inv(Hobject In, Hobject *Out)
```

```
{
  fft_generic(In,Out,"from_freq",1,"sqrt","dc_center","byte");
}
```

Ergebnis

Sind alle Parameterwerte korrekt, dann liefert `fft_generic` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`optimize_fft_speed`, `read_fft_optimization_data`

Nachfolger

`convol_fft`, `correlation_fft`, `phase_correlation_fft`, `convol_gabor`, `convert_image_type`, `power_byte`, `power_real`, `power_ln`, `phase_deg`, `phase_rad`, `energy_gabor`

Alternativen

`fft_image`, `fft_image_inv`, `rft_generic`

Modul

Foundation

fft_image (Image : ImageFFT : :)

Schnelle Fouriertransformation.

`fft_image` berechnet die Fouriertransformierte des Eingabebildes (`Image`), vollzieht also den Übergang vom Orts- in den Frequenzraum. Die Berechnung erfolgt mittels des Fast-Fourier-Algorithmus. Dies entspricht dem Aufruf von `fft_generic(Image, ImageFFT, 'to_freq', -1, 'sqrt', 'dc_center', 'complex')`.

Achtung

Die Berechnung erfolgt immer für das gesamte Bild, d.h., der Definitionsbereich des Eingabebildes wird ignoriert.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / real
Eingabebild im Ortsraum

▷ **ImageFFT** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* complex
Fouriertransformiertes Bild.

Ergebnis

Ist der Pixeltyp korrekt, dann liefert `fft_image` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

optimize_fft_speed, read_fft_optimization_data

Nachfolger

convol_fft, convol_gabor, convert_image_type, power_byte, power_real, power_ln, phase_deg, phase_rad

Alternativen

fft_generic, rft_generic

Siehe auch

fft_image_inv

Modul

Foundation

fft_image_inv (Image : ImageFFTInv : :)

Schnelle inverse Fouriertransformation.

fft_image_inv führt auf den Eingabebildern die inverse Fouriertransformation aus, vollzieht also den Übergang vom Frequenzraum zurück in den Ortsraum. Das Ausgabebild ist vom Type *'byte'*. Dies entspricht dem Aufruf von fft_generic(Image, ImageFFT, 'from_freq', 1, 'sqrt', 'dc_center', 'byte').

Achtung

Die Berechnung erfolgt immer für das gesamte Bild, d.h., der Definitionsbereich des Eingabebildes wird ignoriert.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* complex
Eingabebild (Frequenzraum).

▷ **ImageFFTInv** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte
Rücktransformierte Bilder (Ortsraum).

Ergebnis

Ist der Typ der Bildes korrekt, dann liefert fft_image_inv den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

convol_fft, convol_gabor, fft_image, optimize_fft_speed, read_fft_optimization_data

Nachfolger

convert_image_type, energy_gabor

Alternativen

fft_generic, rft_generic

Siehe auch

fft_image, fft_generic, energy_gabor

Modul

Foundation

gen_bandfilter (: ImageFilter : MinFrequency, MaxFrequency, Norm, Mode, Width, Height :)

Erzeugen eines idealen Bandfilters.

gen_bandfilter erzeugt einen idealen Bandfilter im Frequenzraum. Die Frequenzen geben die Parameter MinFrequency und MaxFrequency vor. Die Frequenzen werden als Bruchteil der maximalen (horizontalen und vertikalen) Frequenz, die in einem Bild der Größe Width × Height möglich ist, angegeben, d.h. MinFrequency und MaxFrequency sollten zwischen 0 und 1 liegen. Um eine maximale Effizienz der gesamten Filterung zu erreichen, kann mit Norm der Normierungsfaktor des Filters festgelegt werden. Somit kann eine Normierung in der FFT unterbleiben, falls fft_generic verwendet wird, falls Norm = *'n'* verwendet wird. Mit Mode kann festgelegt werden, wo der Nullfrequenz der FFT liegen soll bzw. ob der Filter für die reelle FFT erzeugt werden soll. Falls fft_generic verwendet wird, kann zur Effizienzsteigerung *'dc_edge'* verwendet werden. Falls fft_image und fft_image_inv zur Filterung verwendet werden, muss Norm = *'none'* und Mode = *'dc_center'* verwendet werden. Falls rft_generic verwendet wird, muss Mode = *'rft'* verwendet werden. Das Ergebnis ist ein Bild, bei dem ein Ring um das Zentrum auf 0 gesetzt ist. Alle anderen Pixel haben als Wert den Normierungsfaktor.

Parameter

- ▷ **ImageFilter** (output_object) ..... image ⇝ *object* : real
  Bandfilter im Frequenzraum.
- ▷ **MinFrequency** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Minimale Frequenz.
  Default: 0.1
  Wertevorschläge: MinFrequency ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Restriktion: MinFrequency >= 0
- ▷ **MaxFrequency** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Maximale Frequenz.
  Default: 0.2
  Wertevorschläge: MaxFrequency ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Restriktion: MaxFrequency >= 0 && MaxFrequency >= MinFrequency
- ▷ **Norm** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Normierung des Filters.
  Default: 'none'
  Werteliste: Norm ∈ {'none', 'n'}
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Position der Nullfrequenz im Frequenzraum.
  Default: 'dc_center'
  Werteliste: Mode ∈ {'dc_center', 'dc_edge', 'rft'}
- ▷ **Width** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Breite des Bildes (Filters).
  Default: 512
  Wertevorschläge: Width ∈ {128, 160, 192, 256, 320, 384, 512, 640, 768, 1024, 2048, 4096, 8192}
- ▷ **Height** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Höhe des Bildes (Filters).
  Default: 512
  Wertevorschläge: Height ∈ {120, 128, 144, 240, 256, 288, 480, 512, 576, 1024, 2048, 4096, 8192}

Beispiel

```
* Filtering with maximum efficiency with fft_generic.
gen_bandpass(Bandfilter,0.2,0.4,'n','dc_edge',Width,Height)
fft_generic(Image,ImageFFT,'to_freq',-1,'none','dc_edge','complex')
convol_fft(ImageFFT,Bandfilter,ImageConvol)
fft_generic(ImageConvol,ImageResult,'from_freq',1,'none','dc_edge','byte')
```

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert gen_bandfilter den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

convol_fft

Alternativen

gen_circle, paint_region

Siehe auch

gen_highpass, gen_lowpass, gen_bandpass, gen_gauss_filter, gen_mean_filter, gen_derivative_filter

Modul

Foundation

gen_bandpass (: ImageBandpass : MinFrequency, MaxFrequency, Norm, Mode, Width, Height :)

Erzeugen eines idealen Bandpassfilters.

gen_bandpass erzeugt einen idealen Bandpassfilter im Frequenzraum. Die Frequenzen geben die Parameter MinFrequency und MaxFrequency vor. Die Frequenzen werden als Bruchteil der maximalen (horizontalen und vertikalen) Frequenz, die in einem Bild der Größe Width × Height möglich ist, angegeben, d.h. MinFrequency und MaxFrequency sollten zwischen 0 und 1 liegen. Um eine maximale Effizienz der gesamten Filterung zu erreichen, kann mit Norm der Normierungsfaktor des Filters festgelegt werden. Somit kann eine Normierung in der FFT unterbleiben, falls fft_generic verwendet wird, falls Norm = *'n'* verwendet wird. Mit Mode kann festgelegt werden, wo der Nullfrequenz der FFT liegen soll bzw. ob der Filter für die reelle FFT erzeugt werden soll. Falls fft_generic verwendet wird, kann zur Effizienzsteigerung *'dc_edge'* verwendet werden. Falls fft_image und fft_image_inv zur Filterung verwendet werden, muss Norm = *'none'* und Mode = *'dc_center'* verwendet werden. Falls rft_generic verwendet wird, muss Mode = *'rft'* verwendet werden. Das Ergebnis ist ein Bild, das mit Ausnahme eines Ringes auf Null gesetzt ist.

Parameter

▷ **ImageBandpass** (output_object) ..... image ⇝ *object :* real
Bandpass im Frequenzraum.

▷ **MinFrequency** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Minimale Frequenz.
Default: 0.1
Wertevorschläge: MinFrequency ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: MinFrequency >= 0

▷ **MaxFrequency** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Maximale Frequenz.
Default: 0.2
Wertevorschläge: MaxFrequency ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: MaxFrequency >= 0 && MaxFrequency >= MinFrequency

▷ **Norm** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Normierung des Filters.
Default: 'none'
Werteliste: Norm ∈ {'none', 'n'}

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Position der Nullfrequenz im Frequenzraum.
Default: 'dc_center'
Werteliste: Mode ∈ {'dc_center', 'dc_edge', 'rft'}

▷ **Width** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Breite des Bildes (Filters).
Default: 512
Wertevorschläge: `Width` ∈ {128, 160, 192, 256, 320, 384, 512, 640, 768, 1024, 2048, 4096, 8192}

▷ **Height** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Höhe des Bildes (Filters).
Default: 512
Wertevorschläge: `Height` ∈ {120, 128, 144, 240, 256, 288, 480, 512, 576, 1024, 2048, 4096, 8192}

Beispiel

```
* Filtering with maximum efficiency with fft_generic.
gen_bandpass(Bandpass,0.2,0.4,'n','dc_edge',Width,Height)
fft_generic(Image,ImageFFT,'to_freq',-1,'none','dc_edge','complex')
convol_fft(ImageFFT,Bandpass,ImageConvol)
fft_generic(ImageConvol,ImageResult,'from_freq',1,'none','dc_edge','byte')
```

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert `gen_bandpass` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`convol_fft`

Siehe auch

`gen_highpass`, `gen_lowpass`, `gen_bandfilter`, `gen_gauss_filter`, `gen_mean_filter`, `gen_derivative_filter`

Modul

Foundation

gen_derivative_filter (: ImageDerivative : Derivative, Exponent, Norm, Mode, Width, Height :)

Erzeugen eines Ableitungsfilters im Frequenzraum.

`gen_derivative_filter` erzeugt einen Ableitungsfilter im Frequenzraum. Die zu berechnende Ableitung wird mit `Derivative` festgelegt. Mit `Exponent` wird der bei der Rücktransformation verwendete Exponent festgelegt. Dieser muss dem bei `fft_generic` verwendeten Wert entsprechen. Falls `fft_image_inv` zur Rücktransformation verwendet wird, muss `Exponent` = *1* verwendet werden. Da das Ableitungsbild im Normalfall negative Werte enthält, sollte aber sowieso immer `fft_generic` zur Rücktransformation verwendet werden. Um eine maximale Effizienz der gesamten Filterung zu erreichen, kann mit `Norm` der Normierungsfaktor des Filters festgelegt werden. Somit kann eine Normierung in der FFT unterbleiben, falls `fft_generic` verwendet wird, falls `Norm` = *'n'* verwendet wird. Mit `Mode` kann festgelegt werden, wo der Nullfrequenz der FFT liegen soll bzw. ob der Filter für die reelle FFT erzeugt werden soll. Falls `fft_generic` verwendet wird, kann zur Effizienzsteigerung *'dc_edge'* verwendet werden. Falls `fft_image` und `fft_image_inv` zur Filterung verwendet werden, muss `Norm` = *'none'* und `Mode` = *'dc_center'* verwendet werden. Falls `rft_generic` verwendet wird, muss `Mode` = *'rft'* verwendet werden.

Parameter

▷ **ImageDerivative** (output_object) ..... image ⇝ *object :* complex
Ableitungsfilter als Bild in Frequenzraum.

▷ **Derivative** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Zu berechnende Ableitung.
Default: 'x'
Wertevorschläge: `Derivative` ∈ {'x', 'y', 'xx', 'xy', 'yy', 'xxx', 'xxy', 'xyy', 'yyy'}

▷ **Exponent** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Exponent, der bei der Rücktransformation verwendet wird.
Default: 1
Wertevorschläge: `Exponent` ∈ {-1, 1}

▷ **Norm** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Normierung des Filters.
Default: 'none'
Werteliste: `Norm` ∈ {'none', 'n'}

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Position der Nullfrequenz im Frequenzraum.
Default: 'dc_center'
Werteliste: `Mode` ∈ {'dc_center', 'dc_edge', 'rft'}

▷ **Width** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Breite des Bildes (Filters).
Default: 512
Wertevorschläge: `Width` ∈ {128, 160, 192, 256, 320, 384, 512, 640, 768, 1024, 2048, 4096, 8192}

▷ **Height** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Höhe des Bildes (Filters).
Default: 512
Wertevorschläge: `Height` ∈ {120, 128, 144, 240, 256, 288, 480, 512, 576, 1024, 2048, 4096, 8192}

Beispiel

```
* Generate a smoothed derivative filter.
gen_gauss_filter (ImageGauss, Sigma, Sigma, 0, 'n', 'dc_edge', 512, 512)
convert_image_type (ImageGauss, ImageGaussComplex, 'complex')
gen_derivative_filter (ImageDerivX, 'x', 1, 'none', 'dc_edge', 512, 512)
mult_image (ImageGaussComplex, ImageDerivX, ImageDerivXGauss, 1, 0)
* Filter an image with the smoothed derivative filter.
fft_generic (Image, ImageFFT, 'to_freq', -1, 'none', 'dc_edge', 'complex')
convol_fft (ImageFFT, ImageDerivXGauss, Filtered)
fft_generic (Filtered, ImageX, 'from_freq', 1, 'none', 'dc_edge', 'real')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_derivative_filter` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fft_image`, `fft_generic`, `rft_generic`

Nachfolger

`convol_fft`

Siehe auch

`fft_image_inv`, `gen_gauss_filter`, `gen_mean_filter`, `gen_lowpass`, `gen_bandpass`, `gen_bandfilter`, `gen_highpass`

Modul

Foundation

gen_filter_mask (: ImageFilter : FilterMask, Scale, Width, Height :)

Eintragen einer Filtermaske im Ortsraum in ein real-Bild.

gen_filter_mask trägt eine Filtermaske im Ortsraum in ein Bild ein. Das Zentrum des Filters kommt in der Mitte des Bildes zu liegen. Der Parameter Scale gibt an, um wie viel die Filterkoeffizienten zu multiplizieren sind (dies führt zu einer stärkeren Antwort bei der Fouriertransformation). Die Filtermatrix, die durch FilterMask definiert ist, kann dabei entweder aus einer Datei oder einem Tupel generiert werden. Das Format für die Filtermatrix ist bei convol_image beschrieben. Beispieldateien sind im Directory „filter“ unter dem HALCON-Homedirectory zu finden. Die Operation kann gut zur Visualisierung von Filter (durch anschließende Fouriertransformation) verwendet werden.

Parameter

▷ **ImageFilter** (output_object) ..... image ⇝ *object :* real
Filter im Ortsraum.

▷ **FilterMask** (input_control) ..... filename.read(-array) ⇝ *string* / integer
Filtermaske als Dateiname oder Tupel.
Default: 'gauss'
Wertevorschläge: FilterMask ∈ {'gauss', 'laplace4', 'laplace8', 'lowpas_3_3', 'lowpas_5_5', 'lowpas_7_7', 'lowpas_9_9', 'sobel_c', 'sobel_l'}

▷ **Scale** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Skalierungsfaktor.
Default: 1.0
Wertevorschläge: Scale ∈ {0.3, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5, 2.0}
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **Width** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Breite des Bildes (Filters).
Default: 512
Wertevorschläge: Width ∈ {128, 160, 192, 256, 320, 384, 512, 640, 768, 1024, 2048, 4096, 8192}

▷ **Height** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Höhe des Bildes (Filters).
Default: 512
Wertevorschläge: Height ∈ {120, 128, 144, 240, 256, 288, 480, 512, 576, 1024, 2048, 4096, 8192}

Beispiel

```
* If the filter should be read from a file:
gen_filter_mask (Filter, 'lowpas_3_3', 1.0, 512, 512)
* If the filter should be directly passed as a tuple:
gen_filter_mask (Filter, [3,3,9,1,1,1,1,1,1,1,1,1], 1.0, 512, 512)
fft_image (Filter, FilterFFT)
dev_set_paint ('3d_plot')
dev_display (FilterFFT)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

fft_image, fft_generic

Siehe auch

convol_image

Modul

Foundation

gen_gabor (: ImageFilter : Angle, Frequency, Bandwidth, Orientation, Norm, Mode, Width, Height :)

Erzeugen eines Gaborfilters.

gen_gabor erzeugt einen Gaborfilter, dessen Bandpassverhalten und die zugehörigen Signumwerte für die Berechnung der Hilberttransformierten durch die Eingabeparameter einstellbar ist. Dazu wird ein symmetrischer Filter im Frequenzraum errechnet, der sich durch die Parameter Angle, Frequency, Bandwidth und Orientation so einstellen lässt, dass ein bestimmter Frequenzbereich in einem bestimmten Richtungsbereich eines Bildes im Ortsraum durch die Faltung im Ortsfrequenzraum herausgefiltert wird.

Die Parameter Frequency (Mittenfrequenz = Abstand vom Mittelpunkt) und Orientation (Winkel) geben das Zentrum des Filters an. Größere Werte von Frequency ergeben höhere Frequenzen. Ein Wert von 0 bei Orientation erzeugt eine „Sichel“ die horizontal ausgerichtet ist (Öffnung nach „unten“). Höhere Winkelwerte lassen die Sichel in mathematisch positiver Richtung rotieren.

Mit den Parametern Angle und Bandwidth kann die Größe des Richtungsbereiches und des Frequenzbereiches geändert werden. Je größer der Parameter Angle ist, desto kleiner wird der Winkelbereich (kürzere Sichel), das heißt, desto kleiner wird der Richtungsbereich. Je größer der Parameter Bandwidth, desto kleiner wird der Frequenzbereich (dünnere Sichel).

Um eine maximale Effizienz der gesamten Filterung zu erreichen, kann mit Norm der Normierungsfaktor des Filters festgelegt werden. Somit kann eine Normierung in der FFT unterbleiben, falls fft_generic verwendet wird, falls Norm = *'n'* verwendet wird. Mit Mode kann festgelegt werden, wo der Nullfrequenz der FFT liegen soll. Falls fft_generic verwendet wird, kann zur Effizienzsteigerung *'dc_edge'* verwendet werden. Falls fft_image und fft_image_inv zur Filterung verwendet werden, muss Norm = *'none'* und Mode = *'dc_center'* verwendet werden. Es ist zu beachten, dass gen_gabor keinen Filter für rft_generic erzeugen kann.

Die Berechnung liefert ein zweikanaliges Real-Bild, welches im ersten Kanal den Gaborfilter und im zweiten Kanal den zugehörigen Hilbertfilter enthält.

Parameter

▷ **ImageFilter** (output_object) . . . . . multichannel-image ⇝ *object :* real
Gabor- und Hilbertfilter.

▷ **Angle** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Winkel, indirekt proportional zur Größe des Richtungsbereichs.
Default: 1.4
Wertevorschläge: Angle ∈ {1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 2.0, 2.5, 3.0, 5.0, 6.0, 10.0, 20.0, 30.0, 50.0, 70.0, 100.0}
Wertebereich: 1.0 ≤ Angle ≤ 500.0
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **Frequency** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Abstand des Filterschwerpunktes vom Mittelpunkt.
Default: 0.4
Wertevorschläge: Frequency ∈ {0.0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.50, 0.55, 0.60, 0.65, 0.699}
Wertebereich: 0.0 ≤ Frequency ≤ 0.7
Minimale Schrittweite: 0.00001
Empfohlene Schrittweite: 0.005

▷ **Bandwidth** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Bandbreite, indirekt proportional zur Größe des Frequenzbereichs.
Default: 1.0
Wertevorschläge: Bandwidth ∈ {0.1, 0.3, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 5.0, 7.0, 10.0, 15.0, 20.0, 30.0, 50.0}
Wertebereich: 0.05 ≤ Bandwidth ≤ 100.0
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **Orientation** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Richtung, legt zusammen mit Frequency die Lage des Filterschwerpunktes fest.
Default: 1.5
Wertevorschläge: Orientation ∈ {0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.4, 2.6, 2.8, 3.0, 3.14}
Wertebereich: 0.0 ≤ Orientation ≤ 3.1416
Minimale Schrittweite: 0.0001
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **Norm** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Normierung des Filters.
Default: 'none'
Werteliste: Norm ∈ {'none', 'n'}

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Position der Nullfrequenz im Frequenzraum.
Default: 'dc_center'
Werteliste: Mode ∈ {'dc_center', 'dc_edge'}

▷ **Width** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Breite des Bildes (Filters).
Default: 512
Wertevorschläge: Width ∈ {128, 160, 192, 256, 320, 384, 512, 640, 768, 1024, 2048, 4096, 8192}

▷ **Height** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Höhe des Bildes (Filters).
Default: 512
Wertevorschläge: Height ∈ {120, 128, 144, 240, 256, 288, 480, 512, 576, 1024, 2048, 4096, 8192}

Beispiel

```
gen_gabor(Filter,1.4,0.4,1.0,1.5,'n','dc_edge',512,512)
fft_generic(Image,ImageFFT,'to_freq',-1,'none','dc_edge','complex')
convol_gabor(ImageFFT,Filter,Gabor,Hilbert)
fft_generic(Gabor,GaborInv,'from_freq',1,'none','dc_edge','byte')
fft_generic(Hilbert,HilbertInv,'from_freq',1,'none','dc_edge','byte')
energy_gabor(GaborInv,HilbertInv,Energy)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gen_gabor den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

fft_image, fft_generic

Nachfolger

convol_gabor

Alternativen

gen_bandpass, gen_bandfilter, gen_highpass, gen_lowpass

Siehe auch

`fft_image_inv`, `energy_gabor`

Modul

Foundation

gen_gauss_filter (: ImageGauss : Sigma1, Sigma2, Phi, Norm, Mode, Width, Height :)

Erzeugen eines Gaußfilters im Frequenzraum.

`gen_gauss_filter` erzeugt einen (evtl. anisotropen) Gaußfilter im Frequenzraum. Die Standardabweichungen (d.h. die Stärke der Glättung) des Gaußfilters im Ortsraum werden durch `Sigma1` und `Sigma2` festgelegt. Dabei ist `Sigma1` die Standardabweichung in Richtung der durch den Winkel `Phi` gegebenen Hauptrichtung des Filters im Ortsraum. Um eine maximale Effizienz der gesamten Filterung zu erreichen, kann mit `Norm` der Normierungsfaktor des Filters festgelegt werden. Somit kann eine Normierung in der FFT unterbleiben, falls `fft_generic` verwendet wird, falls `Norm` = *'n'* verwendet wird. Mit `Mode` kann festgelegt werden, wo der Nullfrequenz der FFT liegen soll bzw. ob der Filter für die reelle FFT erzeugt werden soll. Falls `fft_generic` verwendet wird, kann zur Effizienzsteigerung *'dc_edge'* verwendet werden. Falls `fft_image` und `fft_image_inv` zur Filterung verwendet werden, muss `Norm` = *'none'* und `Mode` = *'dc_center'* verwendet werden. Falls `rft_generic` verwendet wird, muss `Mode` = *'rft'* verwendet werden.

Parameter

▷ **ImageGauss** (output_object) ..... image ⇝ *object :* real
Gaußfilter als Bild in Frequenzraum.

▷ **Sigma1** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Standardabweichung des Gaußfilters in der Hauptrichtung des Filters im Ortsraum.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Sigma1` ∈ {0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0}
Restriktion: Sigma1 >= 0

▷ **Sigma2** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Standardabweichung des Gaußfilters senkrecht zur Hauptrichtung des Filters im Ortsraum.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Sigma2` ∈ {0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0}
Restriktion: Sigma2 >= 0

▷ **Phi** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
Hauptrichtung des Filters im Ortsraum.
Default: 0.0
Wertevorschläge: `Phi` ∈ {0.0, 0.523599, 0.785398, 1.047198, 1.570796, 2.094395, 2.356194, 2.617994, 3.141593}

▷ **Norm** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Normierung des Filters.
Default: 'none'
Werteliste: `Norm` ∈ {'none', 'n'}

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Position der Nullfrequenz im Frequenzraum.
Default: 'dc_center'
Werteliste: `Mode` ∈ {'dc_center', 'dc_edge', 'rft'}

▷ **Width** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Breite des Bildes (Filters).
Default: 512
Wertevorschläge: `Width` ∈ {128, 160, 192, 256, 320, 384, 512, 640, 768, 1024, 2048, 4096, 8192}

▷ **Height** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Höhe des Bildes (Filters).
Default: 512
Wertevorschläge: `Height` ∈ {120, 128, 144, 240, 256, 288, 480, 512, 576, 1024, 2048, 4096, 8192}

Beispiel

```
* Generate a smoothed derivative filter.
gen_gauss_filter (ImageGauss, Sigma, Sigma, 0, 'n', 'dc_edge', 512, 512)
convert_image_type (ImageGauss, ImageGaussComplex, 'complex')
gen_derivative_filter (ImageDerivX, 'x', 1, 'none', 'dc_edge', 512, 512)
mult_image (ImageGaussComplex, ImageDerivX, ImageDerivXGauss, 1, 0)
* Filter an image with the smoothed derivative filter.
fft_generic (Image, ImageFFT, 'to_freq', -1, 'none', 'dc_edge', 'complex')
convol_fft (ImageFFT, ImageDerivXGauss, Filtered)
fft_generic (Filtered, ImageX, 'from_freq', 1, 'none', 'dc_edge', 'real')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_gauss_filter` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fft_image`, `fft_generic`, `rft_generic`

Nachfolger

`convol_fft`

Siehe auch

`fft_image_inv`, `gen_mean_filter`, `gen_derivative_filter`, `gen_lowpass`, `gen_bandpass`, `gen_bandfilter`, `gen_highpass`

Modul

Foundation

gen_highpass (: ImageHighpass : Frequency, Norm, Mode, Width, Height :)

Erzeugen eines idealen Hochpassfilters.

`gen_highpass` erzeugt einen idealen Hochpassfilter im Frequenzraum. Die Frequenz gibt der Parameter `Frequency` vor. Die Frequenz wird als Bruchteil der maximalen (horizontalen und vertikalen) Frequenz, die in einem Bild der Größe `Width` × `Height` möglich ist, angegeben, d.h. `Frequency` sollte zwischen 0 und 1 liegen. Um eine maximale Effizienz der gesamten Filterung zu erreichen, kann mit `Norm` der Normierungsfaktor des Filters festgelegt werden. Somit kann eine Normierung in der FFT unterbleiben, falls `fft_generic` verwendet wird, falls `Norm` = *'n'* verwendet wird. Mit `Mode` kann festgelegt werden, wo der Nullfrequenz der FFT liegen soll bzw. ob der Filter für die reelle FFT erzeugt werden soll. Falls `fft_generic` verwendet wird, kann zur Effizienzsteigerung *'dc_edge'* verwendet werden. Falls `fft_image` und `fft_image_inv` zur Filterung verwendet werden, muss `Norm` = *'none'* und `Mode` = *'dc_center'* verwendet werden. Falls `rft_generic` verwendet wird, muss `Mode` = *'rft'* verwendet werden. Das Ergebnis ist ein Bild, das im inneren Bereich den Wert Null hat und außerhalb dieses Bereiches auf den Normierungsfaktor gesetzt ist.

Parameter

▷ **ImageHighpass** (output_object) ..... image ⇝ *object :* real
Hochpassfilter im Frequenzraum.

▷ **Frequency** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Trennfrequenz.
Default: 0.1
Wertevorschläge: `Frequency` ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: Frequency >= 0

▷ **Norm** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Normierung des Filters.
Default: 'none'
Werteliste: Norm ∈ {'none', 'n'}

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Position der Nullfrequenz im Frequenzraum.
Default: 'dc_center'
Werteliste: Mode ∈ {'dc_center', 'dc_edge', 'rft'}

▷ **Width** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Breite des Bildes (Filters).
Default: 512
Wertevorschläge: Width ∈ {128, 160, 192, 256, 320, 384, 512, 640, 768, 1024, 2048, 4096, 8192}

▷ **Height** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Höhe des Bildes (Filters).
Default: 512
Wertevorschläge: Height ∈ {120, 128, 144, 240, 256, 288, 480, 512, 576, 1024, 2048, 4096, 8192}

Beispiel

```
* Filtering with maximum efficiency with fft_generic.
gen_highpass(Highpass,0.2,'n','dc_edge',Width,Height)
fft_generic(Image,ImageFFT,'to_freq',-1,'none','dc_edge','complex')
convol_fft(ImageFFT,Highpass,ImageConvol)
fft_generic(ImageConvol,ImageResult,'from_freq',1,'none','dc_edge','byte')
```

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert gen_highpass den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

convol_fft

Siehe auch

convol_fft, gen_lowpass, gen_bandpass, gen_bandfilter, gen_gauss_filter, gen_mean_filter, gen_derivative_filter

Modul

Foundation

gen_lowpass (: ImageLowpass : Frequency, Norm, Mode, Width, Height :)

Erzeugen eines idealen Tiefpassfilters.

gen_lowpass erzeugt einen idealen Tiefpassfilter im Frequenzraum. Die Frequenz gibt der Parameter Frequency vor. Die Frequenz wird als Bruchteil der maximalen (horizontalen und vertikalen) Frequenz, die in einem Bild der Größe Width × Height möglich ist, angegeben, d.h. Frequency sollte zwischen 0 und 1 liegen. Um eine maximale Effizienz der gesamten Filterung zu erreichen, kann mit Norm der Normierungsfaktor des Filters festgelegt werden. Somit kann eine Normierung in der FFT unterbleiben, falls fft_generic verwendet wird, falls Norm = *'n'* verwendet wird. Mit Mode kann festgelegt werden, wo der Nullfrequenz der FFT liegen soll bzw. ob der Filter für die reelle FFT erzeugt werden soll. Falls fft_generic verwendet wird, kann zur Effizienzsteigerung *'dc_edge'* verwendet werden. Falls fft_image und fft_image_inv zur Filterung

verwendet werden, muss Norm = *'none'* und Mode = *'dc_center'* verwendet werden. Falls rft_generic verwendet wird, muss Mode = *'rft'* verwendet werden. Das Ergebnis ist ein Bild, das im inneren Bereich als Wert den Normierungsfaktor hat und außerhalb dieses Bereiches auf 0 gesetzt ist.

Parameter

- ▷ **ImageLowpass** (output_object) ..... image ⇝ *object :* real
  Tiefpass im Frequenzraum.
- ▷ **Frequency** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Trennfrequenz.
  Default: 0.1
  Wertevorschläge: Frequency ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Restriktion: Frequency >= 0
- ▷ **Norm** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Normierung des Filters.
  Default: 'none'
  Werteliste: Norm ∈ {'none', 'n'}
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Position der Nullfrequenz im Frequenzraum.
  Default: 'dc_center'
  Werteliste: Mode ∈ {'dc_center', 'dc_edge', 'rft'}
- ▷ **Width** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Breite des Bildes (Filters).
  Default: 512
  Wertevorschläge: Width ∈ {128, 160, 192, 256, 320, 384, 512, 640, 768, 1024, 2048, 4096, 8192}
- ▷ **Height** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Höhe des Bildes (Filters).
  Default: 512
  Wertevorschläge: Height ∈ {120, 128, 144, 240, 256, 288, 480, 512, 576, 1024, 2048, 4096, 8192}

Beispiel

```
* Filtering with maximum efficiency with fft_generic.
gen_lowpass(Lowpass,0.2,'n','dc_edge',Width,Height)
fft_generic(Image,ImageFFT,'to_freq',-1,'none','dc_edge','complex')
convol_fft(ImageFFT,Lowpass,ImageConvol)
fft_generic(ImageConvol,ImageResult,'from_freq',1,'none','dc_edge','byte')
```

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert gen_lowpass den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

convol_fft

Siehe auch

gen_highpass, gen_bandpass, gen_bandfilter, gen_gauss_filter, gen_mean_filter, gen_derivative_filter

Modul

Foundation

gen_mean_filter (: ImageMean : MaskShape, Diameter1, Diameter2, Phi, Norm, Mode, Width, Height :)

Erzeugen eines Mittelwertfilters im Frequenzraum.

gen_mean_filter erzeugt einen Mittelwertfilter im Frequenzraum. Die Form des Mittelwertfilters wird mit MaskShape festgelegt. Für MaskShape = *'rectangle'* wird ein rechteckiger Mittelwertfilter erzeugt. Für MaskShape = *'ellipse'* wird ein ellipsenförmiger Mittelwertfilter erzeugt. Die Durchmesser (d.h. die Stärke der Glättung) des Mittelwertfilters im Ortsraum werden durch Diameter1 und Diameter2 festgelegt. Dabei ist Diameter1 der Durchmesser in Richtung der durch den Winkel Phi gegebenen Hauptrichtung des Filters im Ortsraum. Um eine maximale Effizienz der gesamten Filterung zu erreichen, kann mit Norm der Normierungsfaktor des Filters festgelegt werden. Somit kann eine Normierung in der FFT unterbleiben, falls fft_generic verwendet wird, falls Norm = *'n'* verwendet wird. Mit Mode kann festgelegt werden, wo der Nullfrequenz der FFT liegen soll bzw. ob der Filter für die reelle FFT erzeugt werden soll. Falls fft_generic verwendet wird, kann zur Effizienzsteigerung *'dc_edge'* verwendet werden. Falls fft_image und fft_image_inv zur Filterung verwendet werden, muss Norm = *'none'* und Mode = *'dc_center'* verwendet werden. Falls rft_generic verwendet wird, muss Mode = *'rft'* verwendet werden.

Parameter

- ▷ **ImageMean** (output_object) ..... image ⇝ *object :* real
  Mittelwertfilter als Bild in Frequenzraum.
- ▷ **MaskShape** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Form der Filtermaske im Ortsraum.
  Default: 'ellipse'
  Werteliste: MaskShape ∈ {'ellipse', 'rectangle'}
- ▷ **Diameter1** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Durchmesser des Mittelwertfilters in der Hauptrichtung des Filters im Ortsraum.
  Default: 11.0
  Wertevorschläge: Diameter1 ∈ {3.0, 5.0, 7.0, 9.0, 11.0, 15.0, 21.0, 31.0, 51.0}
  Restriktion: Diameter1 > 0
- ▷ **Diameter2** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Durchmesser des Mittelwertfilters senkrecht zur Hauptrichtung des Filters im Ortsraum.
  Default: 11.0
  Wertevorschläge: Diameter2 ∈ {3.0, 5.0, 7.0, 9.0, 11.0, 15.0, 21.0, 31.0, 51.0}
  Restriktion: Diameter2 > 0
- ▷ **Phi** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Hauptrichtung des Filters im Ortsraum.
  Default: 0.0
  Wertevorschläge: Phi ∈ {0.0, 0.523599, 0.785398, 1.047198, 1.570796, 2.094395, 2.356194, 2.617994, 3.141593}
- ▷ **Norm** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Normierung des Filters.
  Default: 'none'
  Werteliste: Norm ∈ {'none', 'n'}
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Position der Nullfrequenz im Frequenzraum.
  Default: 'dc_center'
  Werteliste: Mode ∈ {'dc_center', 'dc_edge', 'rft'}
- ▷ **Width** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Breite des Bildes (Filters).
  Default: 512
  Wertevorschläge: Width ∈ {128, 160, 192, 256, 320, 384, 512, 640, 768, 1024, 2048, 4096, 8192}
- ▷ **Height** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Höhe des Bildes (Filters).
  Default: 512
  Wertevorschläge: Height ∈ {120, 128, 144, 240, 256, 288, 480, 512, 576, 1024, 2048, 4096, 8192}

Beispiel

```
* Generate a circular mean filter.
gen_mean_filter (FilterMean, 'ellipse', 15, 15, 0, 'n', 'dc_edge', 512, 512)
* Filter an image with the circular mean filter.
fft_generic (Image, ImageFFT, 'to_freq', -1, 'none', 'dc_edge', 'complex')
```

```
convol_fft (ImageFFT, FilterMean, Filtered)
fft_generic (Filtered, ImageMean, 'from_freq', 1, 'none', 'dc_edge', 'real')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_mean_filter` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fft_image`, `fft_generic`, `rft_generic`

Nachfolger

`convol_fft`

Siehe auch

`fft_image_inv`, `gen_gauss_filter`, `gen_derivative_filter`, `gen_lowpass`, `gen_bandpass`, `gen_bandfilter`, `gen_highpass`

Modul

Foundation

gen_sin_bandpass (: ImageFilter : Frequency, Norm, Mode, Width, Height :)

Erzeugen eines Bandpassfilter in der Form einer Sinusfunktion.

`gen_sin_bandpass` erzeugt einen rotationsinvarianten Bandpassfilter, in der Form einer Sinusfunktion. Das Maximum der Sinusfunktion wird durch `Frequency` bestimmt. Die Frequenz wird als Bruchteil der maximalen (horizontalen und vertikalen) Frequenz, die in einem Bild der Größe `Width` × `Height` möglich ist, angegeben, d.h. `Frequency` sollte zwischen 0 und 1 liegen. Um eine maximale Effizienz der gesamten Filterung zu erreichen, kann mit `Norm` der Normierungsfaktor des Filters festgelegt werden. Somit kann eine Normierung in der FFT unterbleiben, falls `fft_generic` verwendet wird, falls `Norm` = *'n'* verwendet wird. Mit `Mode` kann festgelegt werden, wo der Nullfrequenz der FFT liegen soll bzw. ob der Filter für die reelle FFT erzeugt werden soll. Falls `fft_generic` verwendet wird, kann zur Effizienzsteigerung *'dc_edge'* verwendet werden. Falls `fft_image` und `fft_image_inv` zur Filterung verwendet werden, muss `Norm` = *'none'* und `Mode` = *'dc_center'* verwendet werden. Falls `rft_generic` verwendet wird, muss *'rft'* verwendet werden. Im Ursprung ist der Filter immer Null und steigt mit der Sinusfunktion bis `Frequency` an und fällt dann analog ab. Es wird der Wertebereich von 0 bis π der Sinusfunktion genutzt. Alle Punkte außerhalb werden auf Null gesetzt.

Parameter

▷ **ImageFilter** (output_object) ..... image ⇝ *object : real*
Bandpassfilter als Bild in Frequenzraum.

▷ **Frequency** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Abstand des Filtermaximums vom Mittelpunkt.
Default: 0.1
Wertevorschläge: `Frequency` ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: Frequency >= 0

▷ **Norm** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Normierung des Filters.
Default: 'none'
Werteliste: `Norm` ∈ {'none', 'n'}

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Position der Nullfrequenz im Frequenzraum.
Default: 'dc_center'
Werteliste: `Mode` ∈ {'dc_center', 'dc_edge', 'rft'}

▷ **Width** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Breite des Bildes (Filters).
Default: 512
Wertevorschläge: Width ∈ {128, 160, 192, 256, 320, 384, 512, 640, 768, 1024, 2048, 4096, 8192}

▷ **Height** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Höhe des Bildes (Filters).
Default: 512
Wertevorschläge: Height ∈ {120, 128, 144, 240, 256, 288, 480, 512, 576, 1024, 2048, 4096, 8192}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gen_sin_bandpass den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

fft_image, fft_generic, rft_generic

Nachfolger

convol_fft

Alternativen

gen_std_bandpass

Siehe auch

fft_image_inv, gen_gauss_filter, gen_mean_filter, gen_derivative_filter, gen_bandpass, gen_bandfilter, gen_highpass, gen_lowpass

Modul

Foundation

gen_std_bandpass (: ImageFilter : Frequency, Sigma, Type, Norm, Mode, Width, Height :)

Erzeugen eines Bandpassfilter in der Form einer Gaußmaske oder Sinusfunktion.

gen_std_bandpass erzeugt einen rotationsinvarianten Bandpassfilter, dessen Bandpassverhalten und durch zugehörige Parameter Frequency und Sigma beschrieben werden: Frequency legt den Abstand vom Nullpunkt und Sigma die Ausdehnung fest. Frequency und Sigma werden als Bruchteil der maximalen (horizontalen und vertikalen) Frequenz, die in einem Bild der Größe Width × Height möglich ist, angegeben. Frequency sollten zwischen 0 und 1 liegen. Bei Type = *'gauss'* wird eine Gaußfunktion erzeugt. Sigma ist dabei die Standardabweichung. Bei Type = *'sin'* wird eine Sinusfunktion mit dem Maximum bei Frequency und der Ausdehnung Sigma berechnet. Um eine maximale Effizienz der gesamten Filterung zu erreichen, kann mit Norm der Normierungsfaktor des Filters festgelegt werden. Somit kann eine Normierung in der FFT unterbleiben, falls fft_generic verwendet wird, falls Norm = *'n'* verwendet wird. Mit Mode kann festgelegt werden, wo der Nullfrequenz der FFT liegen soll bzw. ob der Filter für die reelle FFT erzeugt werden soll. Falls fft_generic verwendet wird, kann zur Effizienzsteigerung *'dc_edge'* verwendet werden. Falls fft_image und fft_image_inv zur Filterung verwendet werden, muss Norm = *'none'* und Mode = *'dc_center'* verwendet werden. Falls rft_generic verwendet wird, muss Mode = *'rft'* verwendet werden.

Parameter

▷ **ImageFilter** (output_object) . . . . . image ⇝ *object : real*
Bandpassfilter als Bild in Frequenzraum.

▷ **Frequency** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Abstand des Filtermaximums vom Mittelpunkt.
Default: 0.1
Wertevorschläge: Frequency ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: Frequency >= 0

▷ **Sigma** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Bandbreite der Filters (Standardabweichung).
Default: 0.01
Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {0.002, 0.005, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.7, 1.0}
Restriktion: Sigma >= 0

▷ **Type** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art des Filters.
Default: 'sin'
Werteliste: `Type` ∈ {'sin', 'gauss'}

▷ **Norm** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Normierung des Filters.
Default: 'none'
Werteliste: `Norm` ∈ {'none', 'n'}

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Position der Nullfrequenz im Frequenzraum.
Default: 'dc_center'
Werteliste: `Mode` ∈ {'dc_center', 'dc_edge', 'rft'}

▷ **Width** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Breite des Bildes (Filters).
Default: 512
Wertevorschläge: `Width` ∈ {128, 160, 192, 256, 320, 384, 512, 640, 768, 1024, 2048, 4096, 8192}

▷ **Height** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Höhe des Bildes (Filters).
Default: 512
Wertevorschläge: `Height` ∈ {120, 128, 144, 240, 256, 288, 480, 512, 576, 1024, 2048, 4096, 8192}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_std_bandpass` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fft_image`, `fft_generic`, `rft_generic`

Nachfolger

`convol_fft`

Alternativen

`gen_sin_bandpass`

Siehe auch

`fft_image_inv`, `gen_gauss_filter`, `gen_mean_filter`, `gen_derivative_filter`, `gen_bandpass`, `gen_bandfilter`, `gen_highpass`, `gen_lowpass`

Modul

Foundation

optimize_fft_speed (: : Width, Height, Mode :)

Optimierung der Laufzeit der FFT.

`optimize_fft_speed` bestimmt das Verfahren, das eine optimierte der Laufzeit der FFT für ein Bild der Größe `Width` × `Height` erreicht. Die so festgestellten Daten beeinflussen die Verfahren für eine andere Bildgröße nicht, so dass `optimize_fft_speed` mehrmals mit verschiedenen Parametern für `Width` und `Height` aufgerufen werden kann, um optimale Laufzeiten für alle in der Anwendung vorkommenden Bildgrößen zu erreichen. Der Parameter `Mode` legt die Gründlichkeit der Suche nach dem schnellsten Verfahren fest. Für `Mode` = *'standard'* wird

eine schnelle Suche verwendet, die typischerweise wenige Sekunden dauert. Das damit bestimmte Verfahren liefert sehr gute Laufzeiten, die aber nicht immer optimal sind. Für Mode = *'patient'* wird eine gründlichere Suche vorgenommen, die typischerweise mehrere Sekunden dauert und in den meisten Fällen zur optimalen Laufzeit führt. Für Mode = *'exhaustive'* wird eine vollständige Suche durchgeführt, die typischerweise mehrere Minuten benötigt und in jedem Fall die optimale Laufzeit liefert. In den meisten Anwendungen liefert Mode = *'standard'* den besten Kompromiss zwischen der Laufzeit der FFT und der Zeit, die zur Bestimmung der optimalen Laufzeit notwendig ist. Die mit optimize_fft_speed berechneten Daten können mit write_fft_optimization_data gespeichert werden und mit read_fft_optimization_data wieder eingelesen werden.

Es ist zu beachten, dass diese Optimierung nur für den jeweiligen Computer durchgeführt wird, auf dem der Operator aufgerufen wird. Die Ergebnisse sind nicht geeignet für die Übertragung und Verwendung auf anderen Computern, es sei denn sie besitzen die gleiche Konfiguration bezüglich Hardware, Software und Treiberversionen.

optimize_fft_speed beeinflusst die Laufzeit der folgenden Operatoren, die die FFT verwenden: fft_generic, fft_image, fft_image_inv, photometric_stereo, sfs_pentland, sfs_mod_lr, sfs_orig_lr, wiener_filter.

Parameter

▷ **Width** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Breite des Bildes, für die die Laufzeit optimiert werden soll.
Default: 512
Wertevorschläge: Width ∈ {128, 160, 192, 256, 320, 384, 512, 640, 768, 1024, 2048}

▷ **Height** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Höhe des Bildes, für die die Laufzeit optimiert werden soll.
Default: 512
Wertevorschläge: Height ∈ {120, 128, 144, 240, 256, 288, 480, 512, 576, 1024, 2048}

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Gründlichkeit der Suche nach der optimalen Geschwindigkeit.
Default: 'standard'
Werteliste: Mode ∈ {'standard', 'patient', 'exhaustive'}

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert optimize_fft_speed den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

fft_generic, fft_image, fft_image_inv, wiener_filter, wiener_filter_ni, photometric_stereo, sfs_pentland, sfs_mod_lr, sfs_orig_lr, write_fft_optimization_data

Alternativen

read_fft_optimization_data

Siehe auch

optimize_rft_speed

Modul

Foundation

optimize_rft_speed (: : Width, Height, Mode :)

Optimierung der Laufzeit der reellen FFT.

optimize_rft_speed bestimmt das Verfahren, das eine optimierte der Laufzeit der reellen FFT für ein Bild der Größe Width × Height erreicht. Die so festgestellten Daten beeinflussen die Verfahren für eine andere Bildgröße nicht, so dass optimize_rft_speed mehrmals mit verschiedenen Parametern für Width und Height

aufgerufen werden kann, um optimale Laufzeiten für alle in der Anwendung vorkommenden Bildgrößen zu erreichen. Der Parameter Mode legt die Gründlichkeit der Suche nach dem schnellsten Verfahren fest. Für Mode = *'standard'* wird eine schnelle Suche verwendet, die typischerweise wenige Sekunden dauert. Das damit bestimmte Verfahren liefert sehr gute Laufzeiten, die aber nicht immer optimal sind. Für Mode = *'patient'* wird eine gründlichere Suche vorgenommen, die typischerweise mehrere Sekunden dauert und in den meisten Fällen zur optimalen Laufzeit führt. Für Mode = *'exhaustive'* wird eine vollständige Suche durchgeführt, die typischerweise mehrere Minuten benötigt und in jedem Fall die optimale Laufzeit liefert. In den meisten Anwendungen liefert Mode = *'standard'* den besten Kompromiss zwischen der Laufzeit der reellen FFT und der Zeit, die zur Bestimmung der optimalen Laufzeit notwendig ist. Die mit optimize_rft_speed berechneten Daten können mit write_fft_optimization_data gespeichert werden und mit read_fft_optimization_data wieder eingelesen werden.

Es ist zu beachten, dass diese Optimierung nur für den jeweiligen Computer durchgeführt wird, auf dem der Operator aufgerufen wird. Die Ergebnisse sind nicht geeignet für die Übertragung und Verwendung auf anderen Computern, es sei denn sie besitzen die gleiche Konfiguration bezüglich Hardware, Software und Treiberversionen.

optimize_rft_speed beeinflusst die Laufzeit von rft_generic.

Parameter

▷ **Width** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Breite des Bildes, für die die Laufzeit optimiert werden soll.
Default: 512
Wertevorschläge: Width ∈ {128, 160, 192, 256, 320, 384, 512, 640, 768, 1024, 2048}

▷ **Height** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Höhe des Bildes, für die die Laufzeit optimiert werden soll.
Default: 512
Wertevorschläge: Height ∈ {120, 128, 144, 240, 256, 288, 480, 512, 576, 1024, 2048}

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Gründlichkeit der Suche nach der optimalen Geschwindigkeit.
Default: 'standard'
Werteliste: Mode ∈ {'standard', 'patient', 'exhaustive'}

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert optimize_rft_speed den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

rft_generic, write_fft_optimization_data

Alternativen

read_fft_optimization_data

Siehe auch

optimize_fft_speed

Modul

Foundation

phase_correlation_fft (ImageFFT1, ImageFFT2 : ImagePhaseCorrelation : :)

Phasenkorrelation zweier Bilder im Frequenzraum.

phase_correlation_fft führt eine Phasenkorrelation der fouriertransformierten Eingabebilder im Frequenzraum durch. Eine Phasenkorrelation im Frequenzraum bedeutet eine Multiplikation von ImageFFT1 mit dem komplex-konjugierten Bild von ImageFFT2 und die Division durch den Betrag dieses Produktes. Es ist zu

beachten, dass die korrekte Skalierung der Phasenkorrelation im Ortsraum nur erreicht werden kann, falls für die Hintransformation die Operatoren fft_generic oder rft_generic mit Norm = *'none'* und für die Rücktransformation fft_generic oder rft_generic mit Norm = *'n'* verwendet werden. Falls ImageFFT1 und ImageFFT2 dieselbe Anzahl Bilder enthalten, werden die entsprechenden Bilder paarweise phasenkorreliert. Ansonsten darf ImageFFT2 nur ein einziges Bild enthalten. In diesem Fall wird die Phasenkorrelation für jedes Bild von ImageFFT1 mit ImageFFT2 ausgeführt.

Achtung

Die Filterung erfolgt immer im Vollbild (Region wird ignoriert).

Parameter

- ▷ **ImageFFT1** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* complex
  Fouriertransformiertes Eingabebild 1.
- ▷ **ImageFFT2** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* complex
  Fouriertransformiertes Eingabebild 2.
  Parameteranzahl: ImageFFT2 == ImageFFT1 || ImageFFT2 == 1
- ▷ **ImagePhaseCorrelation** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* complex
  Phasenkorrelation der Eingabebilder im Frequenzraum.

Beispiel

```
* Compute the phase correlation of two images.
get_image_size(Image1,Width,Height)
rft_generic(Image1,ImageFFT1,'to_freq','none','complex',Width)
rft_generic(Image2,ImageFFT2,'to_freq','none','complex',Width)
phase_correlation_fft(ImageFFT1,ImageFFT2,PhaseCorrelationFFT)
rft_generic(PhaseCorrelationFFT,PhaseCorrelation,'from_freq','n', \
            'real',Width)
* Determine the translation between the two images.
local_max_sub_pix (PhaseCorrelation, 'facet', 1, 0.02, Row, Column)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert phase_correlation_fft den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Vorgänger

fft_generic, fft_image, rft_generic

Nachfolger

fft_generic, fft_image_inv, rft_generic

Alternativen

correlation_fft

Literatur

C. D. Kuglin, D. C. Hines: „The Phase Correlation Image Alignment Method“; IEEE International Conference on Cybernetics and Society; pp. 163-165; 1975.

Modul

Foundation

phase_deg (ImageComplex : ImagePhase : :)

Phase eines komplexen Bildes in Grad.

phase_deg berechnet die Phase eines komplexen Bildes im Winkelmaß. Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel:

$$phase = \frac{90}{\pi}\text{atan2}(Imaginärteil, Realteil) \quad .$$

Der Inhalt von ImagePhase ist also der halbe Phasenwinkel. Auf negative Phasenwinkel wird 180 addiert.

Parameter

- ▷ **ImageComplex** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* complex
  Eingabebild im Frequenzraum.
- ▷ **ImagePhase** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* direction
  Phase des Bildes im Winkelmaß.

Beispiel

```
read_image(&Image,"monkey");
disp_image(Image,WindowHandle);
fft_image(Image,&FFT);
phase_deg(FFT,&Phase);
disp_image(Phase,WindowHandle);
```

Ergebnis

Ist der Pixeltyp korrekt, dann liefert phase_deg den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

fft_image, fft_generic, rft_generic

Nachfolger

disp_image

Alternativen

phase_rad

Siehe auch

fft_image_inv

Modul

Foundation

phase_rad (ImageComplex : ImagePhase : :)

Phase eines komplexen Bildes im Bogenmaß.

phase_rad berechnet die Phase eines komplexen Bildes in Bogenmaß. Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel:

$$phase = \text{atan2}(Imaginärteil, Realteil) \quad .$$

Parameter

- ▷ **ImageComplex** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* complex
  Eingabebild im Frequenzraum.
- ▷ **ImagePhase** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* real
  Phase des Bildes in Bogenmaß.

Beispiel

```
read_image(&Image,"monkey");
disp_image(Image,WindowHandle);
fft_image(Image,&FFT);
phase_rad(FFT,&Phase);
disp_image(Phase,WindowHandle);
```

Ergebnis

Ist der Pixeltyp korrekt, dann liefert `phase_rad` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`fft_image`, `fft_generic`, `rft_generic`

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`phase_deg`

Siehe auch

`fft_image_inv`, `fft_generic`, `rft_generic`

Modul

Foundation

power_byte (Image : PowerByte : :)

Powerspektrum eines komplexen Bildes.

`power_byte` berechnet aus dem Real- und Imaginärteil der Fouriertransformierten (vgl. `fft_image`) das Powerspektrum, d.h. die Beträge der Fouriertransformierten. Das Ergebnisbild ist vom Typ byte. Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel:

$$\sqrt{Realteil^2 + Imaginärteil^2} \quad .$$

Es ist zu beachten, dass resultierende Grauwerte mit einem Wert über 255 bei diesem Grauwert abgeschnitten werden, da das Ergebnisbild den Typ *'byte'* hat.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* complex
Eingabebild im Frequenzraum.

▷ **PowerByte** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte
Powerspektrum des Bildes.

Beispiel

```
read_image(&Image,"monkey");
disp_image(Image,WindowHandle);
fft_image(Image,&FFT);
power_byte(FFT,&Power);
disp_image(Power,WindowHandle);
```

Ergebnis

Ist der Typ des Bildes korrekt, dann liefert `power_byte` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`fft_image`, `fft_generic`, `rft_generic`, `convol_fft`, `convol_gabor`

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`abs_image`, `convert_image_type`, `power_real`, `power_ln`

Siehe auch

`fft_image`, `fft_generic`, `rft_generic`

Modul

Foundation

power_ln (Image : ImageResult : :)

Powerspektrum eines komplexen Bildes.

`power_ln` berechnet aus dem Real- und Imaginärteil der Fouriertransformierten (vgl. `fft_image`) das Powerspektrum, d.h. die Beträge der Fouriertransformierten. Zusätzlich wird von dem Ergebnis der natürliche Logarithmus berechnet. Das Ergebnisbild ist vom Typ real. Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel:

$$\ln(\sqrt{Realteil^2 + Imaginärteil^2}) \ .$$

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* complex
Eingabebild im Frequenzraum.

▷ **ImageResult** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* real
Powerspektrum des Bildes.

Beispiel

```
read_image(&Image,"monkey");
disp_image(Image,WindowHandle);
fft_image(Image,&FFT);
power_ln(FFT,&Power);
disp_image(Power,WindowHandle);
```

Ergebnis

Ist der Typ des Bildes korrekt, dann liefert `power_ln` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`fft_image`, `fft_generic`, `rft_generic`, `convol_fft`, `convol_gabor`

Nachfolger

`disp_image`, `convert_image_type`, `scale_image`

Alternativen

`abs_image`, `convert_image_type`, `power_real`, `power_byte`

Siehe auch

`fft_image`, `fft_generic`, `rft_generic`

Modul

Foundation

power_real (Image : ImageResult : :)

Powerspektrum eines komplexen Bildes.

`power_real` berechnet aus dem Real- und Imaginärteil der Fouriertransformierten (vgl. `fft_image`) das Powerspektrum, d.h. die Beträge der Fouriertransformierten. Das Ergebnisbild ist vom Typ real. Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel:

$$\sqrt{Realteil^2 + Imaginärteil^2} \quad .$$

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* complex
  Eingabebild im Frequenzraum.
- ▷ **ImageResult** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* real
  Powerspektrum des Bildes.

Beispiel

```
read_image(&Image,"monkey");
disp_image(Image,WindowHandle);
fft_image(Image,&FFT);
power_real(FFT,&Power);
disp_image(Power,WindowHandle);
```

Ergebnis

Ist der Typ des Bildes korrekt, dann liefert `power_real` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`fft_image`, `fft_generic`, `rft_generic`, `convol_fft`, `convol_gabor`

Nachfolger

`disp_image`, `convert_image_type`, `scale_image`

Alternativen

`abs_image`, `convert_image_type`, `power_byte`, `power_ln`

Siehe auch

`fft_image`, `fft_generic`, `rft_generic`

Modul

Foundation

`read_fft_optimization_data` (: : FileName :)

Laden von FFT-Laufzeit-Optimierungsdaten aus Datei.

`read_fft_optimization_data` lädt Daten zur Optimierung der Laufzeit der FFT aus der durch `FileName` angegebenen Datei. Die Optimierungsdaten müssen zuvor mit `optimize_fft_speed` bestimmt und mit `write_fft_optimization_data` gespeichert worden sein. Falls die gespeicherten Daten für die später zu verwendenden Bildgrößen berechnet worden sind, erübrigt sich somit ein erneuter Aufruf von `optimize_fft_speed`. Es ist zu beachten, dass die Daten nur auf demselben Rechner verwendet werden sollten, auf dem sie mit `optimize_fft_speed` berechnet worden sind. Falls dies nicht beachtet wird, werden die Laufzeiten nicht optimal sein. Außerdem ist zu beachten, dass Optimierungsdaten, die mit Standard HALCON erzeugt worden sind, mit Parallel HALCON nicht verwendet werden können (und umgekehrt).

`read_fft_optimization_data` beeinflusst die Laufzeit der folgenden Operatoren, die die FFT verwenden: `fft_generic`, `fft_image`, `fft_image_inv`, `sfs_pentland`, `sfs_mod_lr`, `sfs_orig_lr`, `wiener_filter`.

Parameter

▷ **`FileName`** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Dateiname der Optimierungsdaten.
Default: 'fft_opt.dat'

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert `read_fft_optimization_data` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

fft_generic, fft_image, fft_image_inv, rft_generic, wiener_filter, wiener_filter_ni, photometric_stereo, sfs_pentland, sfs_mod_lr, sfs_orig_lr

Alternativen

optimize_fft_speed, optimize_rft_speed

Siehe auch

write_fft_optimization_data

Modul

Foundation

rft_generic (Image : ImageFFT : Direction, Norm, ResultType, Width :)

Schnelle reelle Fouriertransformation.

rft_generic berechnet die schnelle Fouriertransformation des Eingabebildes Image. Dabei wird im Gegensatz zu fft_generic, fft_image und fft_image_inv ausgenutzt, dass das Eingabebild der Hintransformation ein reellwertiges Bild (d.h. kein komplexes Bild) ist. In diesem Fall besitzt das komplexe Ausgabebild eine Redundanz. Die Werte in der rechten Hälfte des komplexen Bildes sind die komplexen Konjugierten der Werte an der entsprechenden Position in der linken Hälfte des Bildes. Entsprechend kann Laufzeit und Speicher eingespart werden, indem nur die linke Hälfte des komplexen Bildes berechnet und ausgegeben wird.

Der Parameter ResultType erlaubt es, bei der Rücktransformation (Direction = *'from_freq'*) den Ergebnisbildtyp festzulegen. Bei der Hintransformation (Direction = *'to_freq'*) muss ResultType auf *'complex'* gesetzt werden.

Der Parameter Direction legt fest, ob in den Frequenzraum oder aus dem Frequenzraum zurück transformiert werden soll. Für Direction = *'to_freq'* muss das Eingabebild ein reellwertiger Typ sein, d.h. es darf kein komplexes Bild als Eingabe verwendet werden. Es werden alle Bildtypen unterstützt, die sich in ein reelles Bild transformieren lassen. In diesem Fall ist die Ausgabe ein komplexes Bild der Dimension $(w/2+1) \times h$, wobei w und h die Breite und Höhe des Eingabebildes sind. In diesem Modus wird als Exponent der Transformation -1 verwendet (siehe fft_generic). Für Direction = *'from_freq'* muss das Eingabebild ein komplexes Bild sein. In diesem Fall kann nicht aus der Größe des Eingabebildes entschieden werden, welche Größe das Ausgabebild besitzen soll. Hierzu muss Width korrekt gesetzt werden, d.h. auf $2w-2$ oder auf $2w-1$, wobei w die Breite des komplexen Eingabebildes ist. In diesem Modus wird als Exponent der Transformation 1 verwendet.

Mit Norm kann die gewünschte Normierung angegeben werden. Zulässige Werte sind *'none'*, *'sqrt'* und *'n'*. In jedem Fall ist auf die konsistente Verwendung der Parameter zu achten. D.h., die Normierungsfaktoren bei der Hin- und Rücktransformation müssen aufmultipliziert wh ergeben.

Achtung

Die Berechnung erfolgt immer für das gesamte Bild, d.h., der Definitionsbereich des Eingabebildes wird ignoriert.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real / complex

Eingabebild im Ortsraum.

▷ **ImageFFT** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real / complex

Fouriertransformiertes Bild.

▷ **Direction** (input_control) ..... string ⇝ *string*

Hin- oder Rücktransformation.
Default: 'to_freq'
Werteliste: Direction ∈ {'to_freq', 'from_freq'}

▷ **Norm** (input_control) ..... string ⇝ *string*

Normierung des Ergebnisbildes.
Default: 'sqrt'
Werteliste: Norm ∈ {'none', 'sqrt', 'n'}

▷ **ResultType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Bildtyp des Ausgabebildes.
Default: 'complex'
Werteliste: ResultType ∈ {'complex', 'byte', 'int1', 'int2', 'uint2', 'int4', 'real', 'direction', 'cyclic'}

▷ **Width** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Breite des Bildes, für die die Laufzeit optimiert werden soll.
Default: 512
Wertevorschläge: Width ∈ {128, 160, 192, 256, 320, 384, 512, 640, 768, 1024, 2048}

Ergebnis

Sind alle Parameterwerte korrekt, dann liefert rft_generic den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

optimize_rft_speed, read_fft_optimization_data

Nachfolger

convol_fft, correlation_fft, phase_correlation_fft, convert_image_type, power_byte, power_real, power_ln, phase_deg, phase_rad

Alternativen

fft_generic, fft_image, fft_image_inv

Modul

Foundation

serialize_fft_optimization_data (: : : SerializedItemHandle)

Serialisieren von FFT-Laufzeit-Optimierungsdaten.

serialize_fft_optimization_data serialisiert die mit optimize_fft_speed bestimmten Daten zur Optimierung der Laufzeit der FFT (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von write_fft_optimization_data in eine Datei geschrieben werden. Die serialisierten Daten werden in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und können mit deserialize_fft_optimization_data wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert serialize_fft_optimization_data den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

optimize_fft_speed, optimize_rft_speed

Nachfolger

fwrite_serialized_item, send_serialized_item, deserialize_fft_optimization_data

Siehe auch

fft_generic, fft_image, fft_image_inv, wiener_filter, wiener_filter_ni, photometric_stereo, sfs_pentland, sfs_mod_lr, sfs_orig_lr, deserialize_fft_optimization_data

Modul

Foundation

write_fft_optimization_data (: : FileName :)

Speichern von FFT-Laufzeit-Optimierungsdaten in Datei.

write_fft_optimization_data speichert die mit optimize_fft_speed bestimmten Daten zur Optimierung der Laufzeit der FFT in der durch FileName angegebenen Datei. Die Daten können mit read_fft_optimization_data wieder eingelesen werden.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Dateiname der Optimierungsdaten.
Default: 'fft_opt.dat'

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert write_fft_optimization_data den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

optimize_fft_speed, optimize_rft_speed

Siehe auch

fft_generic, fft_image, fft_image_inv, wiener_filter, wiener_filter_ni, photometric_stereo, sfs_pentland, sfs_mod_lr, sfs_orig_lr, read_fft_optimization_data

Modul

Foundation

11.4 Farbe

apply_color_trans_lut (Image1, Image2, Image3 : ImageResult1, ImageResult2, ImageResult3 : ColorTransLUTHandle :)

Farbraumtransformation mit der vorab generierten Look-Up-Tabelle.

apply_color_trans_lut transformiert ein 3-kanaliges Bild von RGB in den anderen Farbraum und umgekehrt mit der vorab generierten Look-Up-Tabelle. Die drei Kanäle werden als drei getrennte Bilder sowohl ein- als auch ausgegeben.

Die weiteren Informationen zu den einzelnen Farbraumtransformationen können aus den Beschreibungen der Operatoren trans_from_rgb und trans_to_rgb entnommen werden.

Parameter

- ▷ **Image1** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
  Eingabebild (Kanal 1).
- ▷ **Image2** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
  Eingabebild (Kanal 2).
- ▷ **Image3** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
  Eingabebild (Kanal 3).
- ▷ **ImageResult1** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
  Farbtransformiertes Ausgabebild (Kanal 1).
- ▷ **ImageResult2** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
  Farbtransformiertes Ausgabebild (Kanal 2).
- ▷ **ImageResult3** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
  Farbtransformiertes Ausgabebild (Kanal 3).
- ▷ **ColorTransLUTHandle** (input_control) ..... color_trans_lut ⇝ *handle*
  Handle der Lookup-Tabelle für die Farbtransformation.

Ergebnis

`apply_color_trans_lut` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt sind und die Eingabebilder erfolgreich transformiert werden konnten. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`create_color_trans_lut`

Nachfolger

`clear_color_trans_lut`

Alternativen

`trans_from_rgb`, `trans_to_rgb`

Siehe auch

`create_color_trans_lut`, `clear_color_trans_lut`

Modul

Foundation

cfa_to_rgb (CFAImage : RGBImage : CFAType, Interpolation :)

Umwandlung eines einkanaligen Farbmosaikbildes in ein RGB-Bild.

`cfa_to_rgb` wandelt ein einkanaliges Farbmosaikbild `CFAImage` in ein RGB-Bild `RGBImage` um. Farbmosaikbilder werden typischerweise von Ein-Chip-CCD-Kameras erzeugt. Die Transformation von Farbmosaikbild in RGB-Bild erfolgt typischerweise auf der Kamera selbst oder wird vom Gerätetreiber des verwendeten Framegrabbers durchgeführt. In manchen Fällen wird allerdings vom Gerätetreiber das Farbmosaikbild ohne Verarbeitung weitergereicht. In diesem Fall wird typischerweise im jeweiligen HALCON-Framegrabber-Interface die Konversion in ein RGB-Bild durchgeführt. Der Operator `cfa_to_rgb` bietet sich also hauptsächlich dann zur Verwendung an, wenn die Bilder nicht mit dem HALCON-Framegrabber-Interface (`grab_image` oder `grab_image_async`) eingezogen werden, sondern mit einer selbstgeschriebenen Funktionalität, die das Bild mit `gen_image1` oder `gen_image1_extern` an HALCON übergibt.

Bei Ein-Chip-CCD-Kameras sorgt ein Farbmosaikfilter vor dem Sensor für die Erzeugung (unterabgetasteter) Farbinformation. Der am häufigsten verwendete Farbmosaikfilter ist der sog. Bayer-Filter. Die Farbfilter vor den Sensorelementen des CCD-Chips haben hierbei folgende Anordnung:

G	B	G	B	G	B	⋯
R	G	R	G	R	G	⋯
G	B	G	B	G	B	⋯
R	G	R	G	R	G	⋯
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋱

Jeder Grauwert des Eingabebildes `CFAImage` entspricht der Helligkeit des Pixels hinter dem entsprechenden Farbfilter. In der obigen Anordnung entspricht also das Pixel (0,0) einem Grünwert, das Pixel (0,1) einem Blauwert. Die Anordnung des Bayer-Filters wird vollständig bestimmt durch die ersten zwei Elemente der ersten Bildzeile, welche mit `CFAType` festgelegt werden kann. Dies erlaubt insbesondere die korrekte Umwandlung von Farbmosaikbildern, die aus einem größeren Bild ausgeschnitten worden sind (z.B. mit `crop_part` oder `crop_rectangle1`).

Der Algorithmus, der zur Berechnung der RGB-Werte verwendet wird, wird mit `Interpolation` festgelegt. Für `Interpolation` = *'bilinear'* wird eine bilineare Interpolation durchgeführt. Dieser Algorithmus ist sehr schnell, führt aber typischerweise an starken Kanten zu „reißverschlussartigen" Artefakten und Farbartefakten. Für `Interpolation` = *'bilinear_dir'* wird eine modifizierte Variante der bilinearen Interpolation durchgeführt, die zu weniger reißverschlussartigen Artefakten, speziell bei horizontalen oder vertikalen Kanten im Bild, führen kann. Das Ergebnis kann aber immer noch Farbartefakte an starken Kanten enthalten. Die Laufzeit dieses Algorithmus' ist nur wenig länger als die der bilinearen Interpolation. Für `Interpolation` = *'bilinear_enhanced'* wird eine verbesserte Version der bilinearen Interpolation verwendet, die in den meisten Fällen deutlich weniger reißverschlussartige Artefakte und Farbartefakte erzeugt als die anderen beiden bilinearen Algorithmen. Die Laufzeit dieses Algorithmus ist deutlich länger als die der anderen beiden Algorithmen.

Falls *'mmx_enable'* auf *'true'* gesetzt wird (und die verwendete Hardware SIMD-Technologie unterstützt), wird die Berechnung für `byte`-Bilder für `Interpolation` = *'bilinear'* und `Interpolation` = *'bilinear_dir'* intern unter Verwendung von SIMD-Technologie durchgeführt.

`cfa_to_rgb` kann für `Interpolation` = *'bilinear'* und `Interpolation` = *'bilinear_dir'* auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Dabei sollte die Breite des Eingabebildes ein vielfaches von vier (für `byte`-Bilder) bzw. zwei (für `uint2`-Bilder) betragen, da die Berechnung sonst um ein vielfaches langsamer ist.

Parameter

- ▷ **`CFAImage`** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **`RGBImage`** (output_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Ausgabebild.
- ▷ **`CFAType`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art des Farbmosaiks.
  Default: 'bayer_gb'
  Werteliste: `CFAType` ∈ {'bayer_gb', 'bayer_gr', 'bayer_bg', 'bayer_rg'}
- ▷ **`Interpolation`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der Interpolation.
  Default: 'bilinear'
  Werteliste: `Interpolation` ∈ {'bilinear', 'bilinear_dir', 'bilinear_enhanced'}

Ergebnis

`cfa_to_rgb` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result', <Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

gen_image1_extern, gen_image1, grab_image

Nachfolger

decompose3

Siehe auch

trans_from_rgb

Modul

Foundation

clear_color_trans_lut (: : ColorTransLUTHandle :)

Löscht die Look-Up-Tabelle für die Farbraumtransformation.

clear_color_trans_lut löscht die Look-Up-Tabelle, die mit dem Operator create_color_trans_lut erstellt wurde. Nach dem Aufruf des Operators clear_color_trans_lut wird das Handle ColorTransLUTHandle ungültig.

Parameter

▷ **ColorTransLUTHandle** (input_control) ..... color_trans_lut ⇝ *handle*
Handle der Look-Up-Tabelle für die Farbtransformation.

Ergebnis

clear_color_trans_lut liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls der Speicher der Look-Up-Tabelle erfolgreich gelöscht wurde. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_color_trans_lut, apply_color_trans_lut

Siehe auch

create_color_trans_lut, apply_color_trans_lut

Modul

Foundation

create_color_trans_lut (: : ColorSpace, TransDirection,
NumBits : ColorTransLUTHandle)

Generiert eine Look-Up-Tabelle für die Farbraumtransformation von RGB Farbraum in die weiteren Farbräume.

create_color_trans_lut generiert eine Look-Up-Tabelle für die Farbraumtransformation aus dem RGB-Farbraum in andere Farbräume und umgekehrt.

Für die Transformationen werden 3-kanalige 8-Bit Farbbilder benötigt, d.h. jeder Kanal muss vom Typ byte sein. Besitzen die Eingabebilder unterschiedliche Domänen, wird nur die gemeinsame Schnittmenge aller drei Eingabebilder transformiert.

Der Parameter ColorSpace gibt den Ausgangs- oder den Zielfarbraum an. Mit dem Parameter TransDirection wird die Richtung der Transformation (’von RGB’ oder ’nach RGB’) festgelegt.

Die Verwendung von der Look-Up-Tabelle für die Farbraumtransformation beschleunigt viele Farbraumtransformationen im Vergleich zu den Operatoren `trans_from_rgb` und `trans_to_rgb`. Bei Transformationen aus / nach den Farbräumen *'yiq'*, *'argyb'*, *'yuv'*, *'ciexyz'* oder *'i1i2i3'* wird empfohlen die Operatoren `trans_from_rgb` und `trans_to_rgb` zu verwenden.

Für weitere Informationen zu den Farbraumtransformationen siehe die Beschreibungen der Operatoren `trans_from_rgb` und `trans_to_rgb`.

Parameter

- ▷ **`ColorSpace`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Gewünschte Farbtransformation.
  Default: 'hsv'
  Werteliste: `ColorSpace` ∈ {'yiq', 'yuv', 'argyb', 'ciexyz', 'ciexyz4', 'cielab', 'cielchab', 'cieluv', 'cielchuv', 'hls', 'hsi', 'hsv', 'ciexyz3', 'ciexyz4', 'hls', 'ihs', 'i1i2i3', 'lms'}
- ▷ **`TransDirection`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Gewünschte Richtung der Farbtransformation.
  Default: 'from_rgb'
  Werteliste: `TransDirection` ∈ {'from_rgb', 'to_rgb'}
- ▷ **`NumBits`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Bits des Eingangsbildes.
  Default: 8
  Werteliste: `NumBits` ∈ {8}
- ▷ **`ColorTransLUTHandle`** (output_control) . . . . . color_trans_lut ⇝ *handle*
  Handle der Look-Up-Tabelle für Farbtransformation.

Ergebnis

`create_color_trans_lut` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt sind und die Look-Up-Tabelle erzeugt werden konnte. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`apply_color_trans_lut`

Siehe auch

`apply_color_trans_lut`, `clear_color_trans_lut`

Modul

Foundation

`gen_canonical_variates_trans` (: : TrainingSamples, NumComponents : TransMat)

Berechnet die Transformationsmatrix eines mehrkanaligen Bildes mittels der kanonischen Korrelation.

`gen_canonical_variates_trans` berechnet die affine Transformationsmatrix eines mehrkanaligen Bildes in ein Bild mit einer anderen Anzahl an Kanälen mittels der klassenspezifischen kanonischen Korrelation. Dies kann verwendet werden um die Anzahl an Kanälen eines Bildes zu reduzieren, dabei aber gleichzeitig die Klassen maximal unterscheidbar zu halten.

In `TrainingSamples` XXXX wird ein oder mehr Mehrkanalbilder übergeben, wobei alle Bilder die gleiche Anzahl an Kanälen haben müssen. In `TrainingSamples` werden Regionen übergeben welche diejenigen Pixel in `TrainingSamples` enthalten, welche einer bestimmten Klasse zugehören. Die Anzahl an Objekten in `TrainingSamples` muss der Anzahl an Bildern in `TrainingSamples` mal der Anzahl an Klas-

sen entsprechen. Falls eine Klasse in einem der Bilder nicht vorhanden ist muss die entsprechende Region in TrainingSamples auf die leere Region gesetzt werden.

In NumComponents werden die Anzahl an Kanälen des transformierten Bildes übergeben. Diese kann höchstens eins weniger als die Anzahl an Klassen sein.

Die affine Transformation wird in TransMat zurückgegeben. Diese Transformation kann beispielsweise mit linear_trans_color verwendet werden um Bilder entsprechend zu konvertieren.

Parameter

- ▷ **TrainingSamples** (input_control) . . . . . dict-array ⇝ *handle*
  Trainingssamples.
- ▷ **NumComponents** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Anzahl an Zielkomponenten.
  Default: 3
- ▷ **TransMat** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Transformationsmatrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gen_canonical_variates_trans den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

linear_trans_color

Alternativen

principal_comp, gen_principal_comp_trans

Modul

Foundation

gen_principal_comp_trans (MultichannelImage : : : Trans, TransInv, Mean, Cov, InfoPerComp)

Berechnung der Transformationsmatrix der Hauptachsentransformation (Principal Components Analysis) von mehrkanaligen Bildern.

gen_principal_comp_trans berechnet die Transformationsmatrix für eine Hauptachsentransformation (Principal Components Analysis) von mehrkanaligen Bildern. Diese Transformation ist z.B. bei Bildern nützlich, die mit dem Thematic Mapper des Landsat Satelliten aufgenommen wurden. Da die einzelnen Kanäle zum Teil starke Korrelationen aufweisen, ist es wünschenswert, die Eingabebilder in Bilder zu transformieren, die möglichst wenig Korrelation aufweisen. Dies ist zum einen nützlich, um Speicherplatz zu sparen, da Bildkomponenten mit geringem Informationsgehalt vernachlässigt werden können, und zum anderen im Hinblick auf eine spätere Klassifikation.

Die Funktion gen_principal_comp_trans nimmt ein oder mehrere Eingabebilder in MultichannelImage und berechnet die Transformationsmatrix Trans für die Hauptachsentransformation, sowie ihre Inverse TransInv. Alle Eingabebilder müssen dieselbe Anzahl von Kanälen haben. Die Hauptachsentransformation wird aus allen Bildern gemeinsam berechnet. Somit erlaubt es gen_principal_comp_trans, die Statistik mehrerer Bilder auszunutzen.

Wenn n die Anzahl der Kanäle ist, sind Trans und TransInv Matrizen der Dimension $n \times (n+1)$, die eine affine Transformation der mehrkanaligen Grauwerte beschreiben. Sie können mit dem Operator linear_trans_color verwendet werden, um ein mehrkanaliges Bild zu transformieren. Als Information werden in Mean und Cov die mittleren Grauwerte der einzelnen Kanäle sowie die $n \times n$ Kovarianzmatrix der Grauwerte zurückgegeben. In dem Ausgabeparameter InfoPerComp wird der jeweilige relative Informationsgehalt der einzelnen Komponenten zurückgegeben.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **MultichannelImage** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Mehrkanaliges Bild.

▷ **Trans** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Transformationsmatrix zur Berechnung der PCA.

▷ **TransInv** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Transformationsmatrix zur Berechnung der inversen PCA.

▷ **Mean** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Mittelwert der jeweiligen Kanäle.

▷ **Cov** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Kovarianzmatrix der Kanäle.

▷ **InfoPerComp** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Informationsgehalt der transformierten Kanäle.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_principal_comp_trans` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`linear_trans_color`

Alternativen

`principal_comp`

Modul

Foundation

linear_trans_color (Image : ImageTrans : TransMat :)

Affine Transformation der Farbwerte eines mehrkanaligen Bildes.

`linear_trans_color` führt eine affine Transformation der Farbwerte des mehrkanaligen Bildes `Image` aus und gibt das Ergebnis in `ImageTrans` zurück. Die affine Abbildung der Farbwerte wird durch die Transformationsmatrix `TransMat` beschrieben. Wenn n die Anzahl der Kanäle in `Image` und m die Anzahl der Kanäle in `ImageTrans` sind, ist `TransMat` eine homogene $m \times (n+1)$ Matrix, die zeilenweise abgespeichert ist. Homogen heißt, dass in der linken $m \times n$ Untermatrix von `TransMat` eine lineare Transformation der Farbwerte enthalten ist, während in der letzten Spalte von `TransMat` ein konstanter Versatz der Farbwerte beschrieben wird. Die Transformationsmatrix wird typischerweise mit `gen_principal_comp_trans` erzeugt. Insbesondere kann ein Bild auf seine ersten m Hauptachsen projiziert werden, indem die ersten $m \times (n+1)$ Werte der Transformation, die von `gen_principal_comp_trans` zurückgeliefert wird, selektiert werden. Die Transformation kann aber auch direkt spezifiziert werden. So kann eine Transformation von RGB nach YIQ, die durch folgende affine Abbildung gegeben ist

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.599 & -0.276 & -0.324 \\ 0.214 & -0.522 & 0.309 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 127.5 \\ 127.5 \end{pmatrix}$$

durch folgende Wahl von TransMat erreicht werden:

$$[0.299, 0.587, 0.114, 0.0, 0.599, -0.276, -0.324, 127.5, 0.214, -0.522, 0.309, 127.5]$$

Hierbei ist zu beachten, dass die obige Transformation unnormalisiert ist, d.h. die Werte können den Bereich $[0, 255]$ verlassen. Die Transformation *'yiq'* in trans_from_rgb skaliert die Zeilen der Matrix (außer dem konstanten Versatz) noch geeignet.

Um einen Verlust von Information zu vermeiden, liefert linear_trans_color als Ausgabe ein Bild vom Typ real zurück. Falls ein anderer Bildtyp gewünscht ist, kann dieser mit convert_image_type erzeugt werden.

Achtung

linear_trans_color kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden, sofern das Eingangsbild nicht mehr als neun Kanäle besitzt und auf ein Bild transformiert wird, das nicht mehr als drei Kanäle enthält. Da das Ergebnis mit einfacher Genauigkeit berechnet wird, kann es von dem mit der CPU berechneten Ergebnis abweichen.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
  Mehrkanaliges Grauwertbild.
- ▷ **ImageTrans** (output_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* real
  Mehrkanaliges Ausgabebild.
- ▷ **TransMat** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Transformationsmatrix für die Farbwerte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert linear_trans_color den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

gen_principal_comp_trans

Nachfolger

convert_image_type

Alternativen

principal_comp, trans_from_rgb, trans_to_rgb

Modul

Foundation

principal_comp (MultichannelImage : PCAImage : : InfoPerComp)

Hauptachsentransformation (Principal Components Analysis) von mehrkanaligen Bildern.

principal_comp führt eine Hauptachsentransformation (Principal Components Analysis) von mehrkanaligen Bildern durch. Diese Transformation ist z.B. bei Bildern nützlich, die mit dem Thematic Mapper des Landsat Satelliten aufgenommen wurden. Da die einzelnen Kanäle zum Teil starke Korrelationen aufweisen, ist es wünschenswert, die Eingabebilder in Bilder zu transformieren, die möglichst wenig Korrelation aufweisen. Dies ist zum einen nützlich, um Speicherplatz zu sparen, da Bildkomponenten mit geringem Informationsgehalt vernachlässigt werden können, und zum anderen im Hinblick auf eine spätere Klassifikation.

Die Funktion principal_comp nimmt ein Eingabebild MultichannelImage und transformiert dieses mittels der Hauptachsentransformation in ein Ausgabebild PCAImage, das die gleiche Anzahl von Komponenten

besitzt. In dem Ausgabeparameter InfoPerComp wird der jeweilige relative Informationsgehalt der einzelnen Komponenten zurückgegeben.

Achtung

principal_comp kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden, sofern das Eingangsbild nicht mehr als acht Kanäle besitzt. Da das Ergebnis mit einfacher Genauigkeit berechnet wird, kann es von dem mit der CPU berechneten Ergebnis abweichen.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **MultichannelImage** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
  Mehrkanaliges Grauwertbild.
- ▷ **PCAImage** (output_object) ..... multichannel-image ⇝ *object :* real
  Mehrkanaliges Ausgabebild.
- ▷ **InfoPerComp** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Informationsgehalt der ausgegebenen Kanäle.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert principal_comp den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

gen_principal_comp_trans

Siehe auch

linear_trans_color

Modul

Foundation

rgb1_to_gray (RGBImage : GrayImage : :)

Berechnung eines Grauwertbildes aus einem RGB-Bild.

rgb1_to_gray transformiert ein RGB-Bild in ein Grauwertbild. Die drei Kanäle werden in den ersten drei Kanälen des Eingabebildes übergeben. Rot ist der erste, Grün der zweite und Blau der dritte Kanal. Die Transformation erfolgt nach folgender Formel:

$$k = 0.299r + 0.587g + 0.114b \ .$$

Falls eines der Eingabebilder in RGBImage ein Einkanal-Bild ist wird dessen Referenz einfach in die Ausgabe GrayImage kopiert.

Parameter

- ▷ **RGBImage** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Dreikanaliges RGB-Bild.
- ▷ **GrayImage** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Grauwertbild.

Beispiel

```
* Transformation from rgb to gray
read_image(Image,'patras')
dev_display(Image)
rgb1_to_gray(Image,GrayImage)
dev_display(GrayImage)
```

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`compose3`

Alternativen

`trans_from_rgb`, `rgb3_to_gray`

Modul

Foundation

`rgb3_to_gray` `( ImageRed, ImageGreen, ImageBlue : ImageGray : : )`

Berechnung eines Grauwertbildes aus drei Bildern (RGB).

`rgb3_to_gray` transformiert ein RGB-Bild in ein Grauwertbild. Die drei Kanäle werden als drei getrennte Bilder übergeben. Die Transformation erfolgt nach folgender Formel:

$$k = 0.299r + 0.587g + 0.114b \ .$$

Parameter

- ▷ **`ImageRed`** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Eingabebild (Rot-Kanal).
- ▷ **`ImageGreen`** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Eingabebild (Grün-Kanal).
- ▷ **`ImageBlue`** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Eingabebild (Blau-Kanal).
- ▷ **`ImageGray`** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Grauwertbild.

Beispiel

```
* Transformation from rgb to gray
read_image(Image,'patras')
dev_display(Image)
decompose3(Image, ImageR, ImageG, ImageB)
rgb3_to_gray(ImageR,ImageG,ImageB,GrayImage)
dev_display(GrayImage)
```

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`decompose3`

Alternativen

`rgb1_to_gray`, `trans_from_rgb`

Modul

Foundation

trans_from_rgb (ImageRed, ImageGreen, ImageBlue : ImageResult1, ImageResult2, ImageResult3 : ColorSpace :)

Transformation vom RGB- in einen anderen Farbraum.

`trans_from_rgb` transformiert ein Bild von RGB in den angegebenen Farbraum (`ColorSpace`). Die drei Kanäle werden als drei getrennte Bilder sowohl ein- als auch ausgegeben.

Die Bildtypen `byte`, `uint2`, `int4` und `real` werden unterstützt. Dabei sollten `real`-Bilder nur Werte zwischen 0 und 1 erhalten. Andernfalls sind die Ergebnisse der Transformationen möglicherweise nicht sinnvoll.

Entsprechend des Datentyps der beteiligten Bilder werden noch Skalierungen vorgenommen, wenn eine der folgende Bedingungen zutrifft:

- Der Wertebereich der Farbraumgrößen wird bei `byte`- und `uint2`-Bildern generell auf den vollen Bereich von [0..255] bzw. [0..65535] abgebildet. Bei vorzeichenbehafteten Farbraumgrößen (z.B. bei CIELab) liegt aus diesem Grund der Nullpunkt nicht in der Mitte des Bereiches.
- Hue Werte werden durch Winkel im Bereich von $[0..2\pi[$ repräsentiert, welche für die jeweiligen Bildtypen unterschiedlich kodiert werden:
  - `byte`-Bilder bilden den Winkelbereich auf $[0..255]$ ab.
  - `uint2`/`int4`-Bilder werden in Winkelminuten $[0..21600[$ kodiert, außer für *'cielchab'* und *'cielchuv'* für `int4`-Bilder, für die sie als Winkelsekunden $[0..1296000[$ kodiert werden.
  - `real`-Bilder werden im Bogenmaß $[0..2\pi[$ kodiert, außer für *'cielchab'* und *'cielchuv'* für die die Normen ISO 11664-4:2008 und ISO 11664-5:2009 vorschreiben, dass der Hue in Grad angegeben wird.
- Sättigungswerte (Saturation) werden in Prozent angegeben, welche für die jeweiligen Bildtypen unterschiedlich kodiert werden:
  - `byte`-Bilder bilden die Sättigung auf $[0..255]$ ab.
  - `uint2`/`int4`-Bilder bilden die Sättigung auf $[0..10000]$ ab.
  - `real`-Bilder bilden die Sättigung auf $[0..1]$ ab.

Unterstützt werden die unten folgenden Transformationen. Dabei gilt zu beachten, dass die angegebenen Wertebereiche sich auf eine Skalierung der RGB Werte auf das Intervall [0;1] beziehen. Der Wertebereich für die jeweiligen Bildtypen ergibt sich durch Skalierung mit den entsprechenden Wertebereichen. Aufgrund verschiedener Genauigkeiten können die mit den unten angegebenen Gleichungen erhaltenen Werte leicht von den Resultaten des Operators abweichen.

'yiq'

$$\begin{aligned} Y &= 0.299R + 0.587G + 0.114B \\ I &= -0.27(B-Y) + 0.74(B-Y) \\ Q &= 0.41(B-Y) + 0.48(R-Y) \end{aligned}$$

Wertebereich:
$Y \in [0;1]$, $I \in [-0.59947; 0.59947]$, $Q \in [-0.52243; 0.52243]$

'yuv'

$$\begin{aligned} Y &= 0.299R + 0.587G + 0.114B \\ U &= 0.493(B - Y) \\ V &= 0.877(R - Y) \end{aligned}$$

Es gilt zu beachten, dass Y, U und V nicht unabhängig voneinander sind.

Wertebereich:

$Y \in [0.0; 1.0]$, $U \in [-0.436798; 0.436798]$, $V \in [-0.614777; 0.614777]$

'argyb'

$$\begin{pmatrix} A \\ Rg \\ Yb \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.30 & 0.59 & 0.11 \\ 0.50 & -0.50 & 0.00 \\ 0.25 & 0.25 & -0.50 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

Wertebereich:

$A \in [0; 1]$, $Rg \in [-0.5; 0.5]$, $Yb \in [-0.5; 0.5]$

'ciexyz'

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.412453 & 0.357580 & 0.180423 \\ 0.212671 & 0.715160 & 0.072169 \\ 0.019334 & 0.119193 & 0.950227 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

Die verwendeten Grundfarben entsprechen sRGB bzw. der CIE Rec. 709. Als Weißpunkt wird D65 verwendet.

Verwendete Grundfarben (x, y, z):

$$\text{rot:} = \begin{pmatrix} 0.6400 \\ 0.3300 \\ 0.0300 \end{pmatrix}, \quad \text{grün:} = \begin{pmatrix} 0.3000 \\ 0.6000 \\ 0.1000 \end{pmatrix}, \quad \text{blau:} = \begin{pmatrix} 0.1500 \\ 0.0600 \\ 0.7900 \end{pmatrix}, \quad \text{weiß}_{65} := \begin{pmatrix} 0.3127 \\ 0.3290 \\ 0.3583 \end{pmatrix}$$

Wertebereich:

$X \in [0; 0.950456]$, $Y \in [0; 1]$, $Z \in [0; 1.088754]$

'hls'

```
Min := min([R, G, B])
Max := max([R, G, B])
L := (Min + Max) / 2
if (Max == Min)
   H := 0
   S := 0
else
   if (L > 0.5)
      S := (Max - Min) / (2 - Max - Min)
   else
      S := (Max - Min) / (Max + Min)
   endif
   if (R == Max)
      H := ((G - B) / (Max - Min)) * rad(60)
   elseif (G == Max)
      H := (2 + (B - R) / (Max - Min)) * rad(60)
   elseif (B == Max)
      H := (4 + (R - G) / (Max - Min)) * rad(60)
   endif
endif
```

Wertebereich:

$H \in [0; 2\pi[$, $L \in [0; 1]$, $S \in [0; 1]$

'hsi'

$$\begin{pmatrix} M1 \\ M2 \\ I1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{2}{\sqrt{6}} & \frac{-1}{\sqrt{6}} & \frac{-1}{\sqrt{6}} \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{-1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} H \\ S \\ I \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \operatorname{atan2}(M2, M1) \\ \sqrt{M1^2 + M2^2} \\ \frac{I1}{\sqrt{3}} \end{pmatrix}$$

Wertebereich:

$H \in [0; 2\pi[$, $S \in [0; \sqrt{\frac{2}{3}}]$, $I \in [0; 1]$

Achtung: `uint2`/`int4`-Bilder bilden die Sättigung auf $[0..65536]$ ab.

'hsv'

```
Min := min([R, G, B])
Max := max([R, G, B])
V := Max
if (Max == Min)
   S := 0
   H := 0
else
   S := (Max - Min) / Max
   if (R == Max)
      H := ((G - B) / (Max - Min)) * rad(60)
   elseif (G == Max)
      H := (2 + (B - R) / (Max - Min)) * rad(60)
   elseif (B == Max)
      H := (4 + (R - G) / (Max - Min)) * rad(60)
   endif
endif
```

Wertebereich:

$H \in [0; 2\pi[$, $S \in [0; 1]$, $V \in [0; 1]$

'ihs'

```
Min := min([R, G, B])
Max := max([R, G, B])
I := (R + G + B) / 3
if (I == 0)
   H := 0
   S := 1
else
   S := 1 - Min / I
   if (S == 0)
        H := 0
   else
      X := (R + R - G - B) / 2
      Y := (R - G) * (R - G) + (R - B) * (G - B)
      Z := sqrt(Y)
      if (Z == 0)
         H := 0
      else
         H := acos(X / Z)
      endif
      if (B > G)
         H := rad(360) - H
      endif
```

```
    endif
  endif
```

Wertebereich:
$I \in [0;1]$, $H \in [0;1]$, $S \in [0;1]$

'cielab'

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.412453 & 0.357580 & 0.180423 \\ 0.212671 & 0.715160 & 0.072169 \\ 0.019334 & 0.119193 & 0.950227 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} L &= 116 f(\tfrac{Y}{Y_w}) - 16 \\ a &= 500(f(\tfrac{X}{X_w}) - f(\tfrac{Y}{Y_w})) \\ b &= 200(f(\tfrac{Y}{Y_w}) - f(\tfrac{Z}{Z_w})) \end{aligned}$$

mit

$$f(t) = \begin{cases} t^{\frac{1}{3}}, & \text{if } t > (\frac{6}{29})^3 \\ \frac{841}{108} * t + \frac{4}{29}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Schwarzpunkt B: (R_B, G_B, B_B) = (0, 0, 0)
Weißpunkt W (je nach Bildtyp):

- `byte`: (R_W, G_W, B_W) = (255, 255, 255)
- `uint2`: (R_W, G_W, B_W) = ($2^{16}-1$, $2^{16}-1$, $2^{16}-1$)
- `int4`: (R_W, G_W, B_W) = ($2^{31}-1$, $2^{31}-1$, $2^{31}-1$)
- `real`: (R_W, G_W, B_W) = (1.0, 1.0, 1.0)

Wertebereich:
$L \in [0;100]$, $a \in [-86.1813;98.2352]$, $b \in [-107.8617;94.4758]$ (`byte` und `uint2`: auf den maximalen Grauwert skaliert. `int4`: L auf den maximalen Grauwert skaliert, a und b werden auf den minimalen Grauwert skaliert, so dass der Nullpunkt erhalten bleibt.)

'cielchab'

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.412453 & 0.357580 & 0.180423 \\ 0.212671 & 0.715160 & 0.072169 \\ 0.019334 & 0.119193 & 0.950227 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} L &= 116 f(\tfrac{Y}{Y_w}) - 16 \\ a &= 500(f(\tfrac{X}{X_w}) - f(\tfrac{Y}{Y_w})) \\ b &= 200(f(\tfrac{Y}{Y_w}) - f(\tfrac{Z}{Z_w})) \\ C_{ab} &= \sqrt{a^2 + b^2} \\ h_{ab} &= \operatorname{atan2}(b, a) \end{aligned}$$

mit

$$f(t) = \begin{cases} t^{\frac{1}{3}}, & \text{if } t > (\frac{6}{29})^3 \\ \frac{841}{108} * t + \frac{4}{29}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

h_{ab} liegt

- zwischen 0° und 90° falls a und b positiv sind,
- zwischen 90° und 180° falls a negativ ist und b positiv ist,
- zwischen 180° und 270° falls a und b negativ sind und
- zwischen 270° und 360° falls a positiv ist und b negativ ist.

Schwarzpunkt B: (R_B, G_B, B_B) = (0, 0, 0)
Weißpunkt W (je nach Bildtyp):

- `byte`: (R_W, G_W, B_W) = (255, 255, 255)
- `uint2`: (R_W, G_W, B_W) = ($2^{16}-1$, $2^{16}-1$, $2^{16}-1$)
- `int4`: (R_W, G_W, B_W) = ($2^{31}-1$, $2^{31}-1$, $2^{31}-1$)
- `real`: (R_W, G_W, B_W) = (1.0, 1.0, 1.0)

Wertebereich:
$L \in [0;100]$, $C \in [0;133.8086]$, $h \in [0;360[$ (`byte`: auf den maximalen Grauwert skaliert. `uint2`: L und C werden auf den maximalen Grauwert skaliert, h wird in Winkelminuten angegeben. `int4`: L und C werden auf den maximalen Grauwert skaliert, h wird in Winkelsekunden angegeben.)

'cieluv'

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.412453 & 0.357580 & 0.180423 \\ 0.212671 & 0.715160 & 0.072169 \\ 0.019334 & 0.119193 & 0.950227 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} u' &= 4X/(X+15Y+3Z) \\ v' &= 9Y/(X+15Y+3Z) \\ u'_w &= 4X_w/(X_w+15Y_w+3Z_w) \\ v'_w &= 9Y_w/(X_w+15Y_w+3Z_w) \\ L &= 116f(\tfrac{Y}{Y_w}) - 16 \\ u &= 13L(u'-u'_w) \\ v &= 13L(v'-v'_w) \end{aligned}$$

mit

$$f(t) = \begin{cases} t^{\frac{1}{3}}, & \text{if } t > (\frac{6}{29})^3 \\ \frac{841}{108} * t + \frac{4}{29} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Schwarzpunkt B: (R_B, G_B, B_B) = (0, 0, 0)

Weißpunkt W (je nach Bildtyp):

- `byte`: (R_W, G_W, B_W) = (255, 255, 255)
- `uint2`: (R_W, G_W, B_W) = ($2^{16}-1$, $2^{16}-1$, $2^{16}-1$)
- `int4`: (R_W, G_W, B_W) = ($2^{31}-1$, $2^{31}-1$, $2^{31}-1$)
- `real`: (R_W, G_W, B_W) = (1.0, 1.0, 1.0)

Wertebereich:
$L \in [0;100]$, $u \in [-83.0774;175.0148]$, $v \in [-134.1008;107.3923]$ (`byte` und `uint2`: auf den maximalen Grauwert skaliert. `int4`: L auf den maximalen Grauwert skaliert, u und v auf den minimalen Grauwert skaliert, so dass der Nullpunkt erhalten bleibt.)

'cielchuv'

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.412453 & 0.357580 & 0.180423 \\ 0.212671 & 0.715160 & 0.072169 \\ 0.019334 & 0.119193 & 0.950227 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} u' &= 4X/(X+15Y+3Z) \\ v' &= 9Y/(X+15Y+3Z) \\ u'_w &= 4X_w/(X_w+15Y_w+3Z_w) \\ v'_w &= 9Y_w/(X_w+15Y_w+3Z_w) \\ L &= 116f(\tfrac{Y}{Y_w}) - 16 \\ u &= 13L(u'-u'_w) \\ v &= 13L(v'-v'_w) \\ C_{uv} &= \sqrt{u^2+v^2} \\ h_{uv} &= \operatorname{atan2}(v,u) \end{aligned}$$

mit

$$f(t) = \begin{cases} t^{\frac{1}{3}}, & \text{if } t > (\frac{6}{29})^3 \\ \frac{841}{108} * t + \frac{4}{29}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Schwarzpunkt B: (R_B, G_B, B_B) = (0, 0, 0)

Weißpunkt W (je nach Bildtyp):

- `byte`: (R_W, G_W, B_W) = (255, 255, 255)
- `uint2`: (R_W, G_W, B_W) = ($2^{16}-1$, $2^{16}-1$, $2^{16}-1$)
- `int4`: (R_W, G_W, B_W) = ($2^{31}-1$, $2^{31}-1$, $2^{31}-1$)
- `real`: (R_W, G_W, B_W) = (1.0, 1.0, 1.0)

Wertebereich:
$L \in [0;100]$, $C \in [0;179.0402]$, $h \in [0;360[$ (`byte`: auf den maximalen Grauwert skaliert. `uint2`: L und C werden auf den maximalen Grauwert skaliert, h wird in Winkelminuten angegeben. `int4`: L und C auf den maximalen Grauwert skaliert, h wird in Winkelsekunden angegeben.)

'i1i2i3'

$$\begin{pmatrix} I1 \\ I2 \\ I3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.333 & 0.333 & 0.333 \\ 1.0 & 0.0 & -1.0 \\ -0.5 & 1.0 & -0.5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

Wertebereich:
$I1 \in [0;1]$, $I2 \in [-1;1]$, $I3 \in [-1;1]$

'ciexyz2'

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.639175 & 0.175258 & 0.185567 \\ 0.306931 & 0.584158 & 0.108911 \\ 0.000000 & 0.060773 & 0.939227 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

Wertebereich:
$X \in [0;1.0]$, $Y \in [0;1.0]$, $Z \in [0;1.0]$

'ciexyz3'

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.618 & 0.177 & 0.205 \\ 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.000 & 0.056 & 0.944 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

Wertebereich:
$X \in [0;1]$, $Y \in [0;1]$, $Z \in [0;1]$

'ciexyz4'

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.476 & 0.299 & 0.175 \\ 0.262 & 0.656 & 0.082 \\ 0.020 & 0.161 & 0.909 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

Verwendete Grundfarben (x, y, z)**:**

$$\textit{rot}:= \begin{pmatrix} 0.628 \\ 0.346 \\ 0.026 \end{pmatrix}, \quad \text{grün}:= \begin{pmatrix} 0.268 \\ 0.588 \\ 0.144 \end{pmatrix}, \text{blau}:= \begin{pmatrix} 0.150 \\ 0.070 \\ 0.780 \end{pmatrix}, \quad \text{weiß}_{65}:= \begin{pmatrix} 0.313 \\ 0.329 \\ 0.358 \end{pmatrix}$$

Wertebereich:
$X \in [0;0.95]$, $Y \in [0;1]$, $Z \in [0;1.09]$

'lms'

$$\begin{pmatrix} L \\ M \\ S \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.390469 & 0.549910 & 0.008901 \\ 0.070925 & 0.963118 & 0.001358 \\ 0.023143 & 0.128013 & 0.935976 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

Dies stellt konzeptuell eine Transformation von RGB nach CIE XYZ (siehe *'ciexyz'* oben) gefolgt von einer Transformation von CIE XYZ nach LMS dar.

Wertebereich:
$L \in [0;0.949280]$, $M \in [0;1.035401]$, $S \in [0;1.087132]$

Achtung

Die OpenCL-Implementierung der cielab-Transformation für `int4`-Bilder ist aufgrund der abweichenden numerischen Präzision bei der Berechnung etwas ungenauer als die reine C Variante.

Parameter

- ▷ **ImageRed** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int4 / real
  Eingabebild (Rot-Kanal).
- ▷ **ImageGreen** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int4 / real
  Eingabebild (Grün-Kanal).
- ▷ **ImageBlue** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int4 / real
  Eingabebild (Blau-Kanal).
- ▷ **ImageResult1** (output_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int4 / real
  Farbtransformiertes Ausgabebild (Kanal 1).
- ▷ **ImageResult2** (output_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int4 / real
  Farbtransformiertes Ausgabebild (Kanal 2).
- ▷ **ImageResult3** (output_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int4 / real
  Farbtransformiertes Ausgabebild (Kanal 3).
- ▷ **ColorSpace** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Gewünschte Farbtransformation.
  Default: 'hsv'
  Werteliste: `ColorSpace` ∈ {'cielab', 'cielchab', 'cieluv', 'cielchuv', 'hsv', 'hsi', 'yiq', 'yuv', 'argyb', 'ciexyz', 'ciexyz2', 'ciexyz3', 'ciexyz4', 'hls', 'ihs', 'i1i2i3', 'lms'}

Beispiel

```
* Transformation from rgb to hsv and conversely
read_image(Image,'patras')
dev_display(Image)
decompose3(Image, Image1, Image2, Image3)
trans_from_rgb(Image1,Image2,Image3,ImageH,ImageS,ImageV,'hsv')
trans_to_rgb(ImageH,ImageS,ImageV,ImageR,ImageG,ImageB,'hsv')
compose3(ImageR,ImageG,ImageB,Multichannel)
dev_display(Multichannel)
```

Ergebnis

`trans_from_rgb` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`decompose3`

Nachfolger

`compose3`

Alternativen

`linear_trans_color`, `rgb1_to_gray`, `rgb3_to_gray`

Siehe auch

`trans_to_rgb`

Literatur

ITU-R BT.470-6: „Conventional Television Systems“, 1998.

ISO 11664-4:2008: „Colorimetry — Part 4: CIE 1976 L*a*b* Colour Space“, 2008.

ISO 11664-5:2009: „Colorimetry — Part 5: CIE 1976 L*u*v* Colour space and u',v' uniform chromaticity scale diagram“, 2009.

Modul

Foundation

trans_to_rgb (ImageInput1, ImageInput2, ImageInput3 : ImageRed, ImageGreen, ImageBlue : ColorSpace :)

Transformation von einem Farbraum nach RGB.

trans_to_rgb transformiert ein Bild aus einem angegebenen Farbraum (ColorSpace) nach RGB. Die drei Kanäle werden als drei getrennte Bilder sowohl ein- als auch ausgegeben.

Die Bildtypen byte, uint2, int4 und real werden unterstützt. Die Werte im angegebenen Farbraum ColorSpace müssen so vorliegen, wie sie aus einer Transformation mit trans_from_rgb entstanden wären. Andernfalls sind die Ergebnisse der Transformationen möglicherweise nicht sinnvoll.

Dies beinhaltet Skalierungen im Falle bestimmter Transformationen und/oder Bildtypen:

- Es wird vorausgesetzt, dass der Definitionsbereich der Farbraumgrößen bei byte- und uint2-Bildern generell auf den vollen Bereich von [0..255] bzw. [0..65535] abgebildet ist. Dies beinhaltet eine Verschiebung im Falle vorzeichenbehafteter Größen, so dass bei vorzeichenbehafteten Farbraumgrößen (z.B. bei CIELab) der Nullpunkt nicht unbedingt in der Mitte des Bereiches liegt.
- Hue Werte werden durch Winkel im Bereich $[0..2\pi[$ repräsentiert, welche für die jeweiligen Bildtypen unterschiedlich kodiert werden:
  - byte-Bilder bilden den Winkelbereich auf $[0..255]$ ab.
  - uint2/int4-Bilder werden in Winkelminuten $[0..21600[$ kodiert, außer für *'cielchab'* und *'cielchuv'* für int4-Bilder, für die sie als Winkelsekunden $[0..1296000[$ kodiert werden.
  - real-Bilder werden im Bogenmaß $[0..2\pi[$ kodiert, außer für *'cielchab'* und ISO 11664-5:2009 *'cielchuv'* für die die Normen ISO 11664-4:2008 und vorschreiben, dass der Hue in Grad angegeben wird.
- Sättigungswerte (Saturation) werden in Prozent angegeben, welche für die jeweiligen Bildtypen unterschiedlich kodiert werden:
  - byte-Bilder bilden die Sättigung auf $[0..255]$ ab.
  - uint2/int4-Bilder bilden die Sättigung auf $[0..10000]$ ab.
  - real-Bilder bilden die Sättigung auf $[0..1]$ ab.

Unterstützt werden die unten folgenden Transformationen. Dabei gilt zu beachten, dass die angegebenen Wertebereiche sich auf eine Skalierung der RGB Werte auf das Intervall [0;1] beziehen. Der Wertebereich für die jeweiligen Bildtypen ergibt sich durch Skalierung mit den entsprechenden Wertebereichen. Aufgrund verschiedener Genauigkeiten können die mit den unten angegebenen Gleichungen erhaltenen Werte leicht von den Resultaten des Operators abweichen.

'yiq'

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.0 & 0.946882217 & 0.623556582 \\ 1.0 & -0.267024956 & -0.649523352 \\ 1.0 & -1.108545035 & 1.709006928 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix}$$

Wertebereich:

$Y \in [0;1]$, $I \in [-0.59947;0.59947]$, $Q \in [-0.52243;0.52243]$

'yuv'

$$\begin{aligned} R &= Y + \tfrac{1.0}{0.877}V \\ G &= Y - \tfrac{0.114}{0.493*0.587}U - \tfrac{0.299}{0.877*0.587}V \\ B &= Y + \tfrac{1.0}{0.493}U \end{aligned}$$

Es gilt zu beachten, dass Y, U und V nicht unabhängig voneinander sind.

Wertebereich:

$Y \in [0.0;1.0]$ $U \in [-0.436798;0.436798]$ $V \in [-0.614777;0.614777]$

'argyb'

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.00 & 1.29 & 0.22 \\ 1.00 & -0.71 & 0.22 \\ 1.00 & 0.29 & -1.78 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A \\ Rg \\ Yb \end{pmatrix}$$

Wertebereich:
$A \in [0;1]$, $Rg \in [-0.5;0.5]$, $Yb \in [-0.5;0.5]$

'ciexyz'

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.240479 & -1.53715 & -0.498535 \\ -0.969256 & 1.875991 & 0.041556 \\ 0.055648 & -0.204043 & 1.057311 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$

Wertebereich:
$X \in [0;0.950456]$ $Y \in [0;1]$ $Z \in [0;1.088754]$

'cielab'

$$\begin{aligned} f_y &= (L+16)/116 \\ f_x &= a/500 + f_y \\ f_z &= b/200 - f_y \end{aligned}$$

$$X = \begin{cases} X_w * f_x^3, & \text{if } f_x > \frac{6}{29} \\ (f_x - \frac{4}{29}) * X_w * \frac{108}{841}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Y = \begin{cases} Y_w * f_y^3, & \text{if } f_y > \frac{6}{29} \\ (f_y - \frac{4}{29}) * Y_w * \frac{108}{841}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Z = \begin{cases} Z_w * f_z^3, & \text{if } f_z > \frac{6}{29} \\ (f_z - \frac{4}{29}) * Z_w * \frac{108}{841}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.240479 & -1.53715 & -0.498535 \\ -0.969256 & 1.875991 & 0.041556 \\ 0.055648 & -0.204043 & 1.057311 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$

Schwarzpunkt B: (R_B, G_B, B_B) = (0, 0, 0)

Weißpunkt W (je nach Bildtyp):

- `byte`: (R_W, G_W, B_W) = (255, 255, 255)
- `uint2`: (R_W, G_W, B_W) = ($2^{16}-1$, $2^{16}-1$, $2^{16}-1$)
- `int4`: (R_W, G_W, B_W) = ($2^{31}-1$, $2^{31}-1$, $2^{31}-1$)
- `real`: (R_W, G_W, B_W) = (1.0, 1.0, 1.0)

Wertebereich:
$L \in [0;100]$, $a \in [-86.1813;98.2352]$, $b \in [-107.8617;94.4758]$ (`byte` und `uint2`: auf den maximalen Grauwert skaliert. `int4`: L auf den maximalen Grauwert skaliert, a und b auf den minimalen Grauwert skaliert, so dass der Nullpunkt erhalten bleibt.)

'cielchab'

$$
\begin{aligned}
a &= C_{ab} \cos h_{ab} \\
b &= C_{ab} \sin h_{ab} \\
f_y &= (L+16)/116 \\
f_x &= a/500 + f_y \\
f_z &= b/200 - f_y
\end{aligned}
$$

$$
X = \begin{cases} X_w * f_x^3, & \text{if } f_x > \frac{6}{29} \\ (f_x - \frac{4}{29}) * X_w * \frac{108}{841}, & \text{otherwise} \end{cases}
$$

$$
Y = \begin{cases} Y_w * f_y^3, & \text{if } f_y > \frac{6}{29} \\ (f_y - \frac{4}{29}) * Y_w * \frac{108}{841}, & \text{otherwise} \end{cases}
$$

$$
Z = \begin{cases} Z_w * f_z^3, & \text{if } f_z > \frac{6}{29} \\ (f_z - \frac{4}{29}) * Z_w * \frac{108}{841}, & \text{otherwise} \end{cases}
$$

$$
\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.240479 & -1.53715 & -0.498535 \\ -0.969256 & 1.875991 & 0.041556 \\ 0.055648 & -0.204043 & 1.057311 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}
$$

Schwarzpunkt B: (R_B, G_B, B_B) = (0, 0, 0)

Weißpunkt W (je nach Bildtyp):

- `byte`: (R_W, G_W, B_W) = (255, 255, 255)
- `uint2`: (R_W, G_W, B_W) = ($2^{16}-1$, $2^{16}-1$, $2^{16}-1$)
- `int4`: (R_W, G_W, B_W) = ($2^{31}-1$, $2^{31}-1$, $2^{31}-1$)
- `real`: (R_W, G_W, B_W) = (1.0, 1.0, 1.0)

Wertebereich:

$L \in [0;100]$, $C \in [0;133.8086]$, $h \in [0;360[$ (`byte`: auf den maximalen Grauwert skaliert. `uint2`: L und C werden auf den maximalen Grauwert skaliert, h wird in Winkelminuten angegeben. `int4`: L und C werden auf den maximalen Grauwert skaliert, und h wird in Winkelsekunden angegeben.)

'cieluv'

$$
\begin{aligned}
f_y &= (L+16)/116 \\
Y &= \begin{cases} Y_w * f_y^3, & \text{if } f_y > \frac{6}{29} \\ (f_y - \frac{4}{29}) * Y_w * \frac{108}{841}, & \text{otherwise} \end{cases} \\
u' &= \frac{u}{13L} + u'_w \\
v' &= \frac{v}{13L} + v'_w \\
x &= \frac{9u'}{6u' - 16v' + 12} \\
y &= \frac{4v'}{6u' - 16v' + 12} \\
X &= \frac{xY}{y} \\
Z &= (1-x-y)\frac{Y}{y}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.240479 & -1.53715 & -0.498535 \\ -0.969256 & 1.875991 & 0.041556 \\ 0.055648 & -0.204043 & 1.057311 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}
$$

Schwarzpunkt B: (R_B, G_B, B_B) = (0, 0, 0)

Weißpunkt W (je nach Bildtyp):

- `byte`: (R_W, G_W, B_W) = (255, 255, 255)
- `uint2`: (R_W, G_W, B_W) = ($2^{16}-1$, $2^{16}-1$, $2^{16}-1$)
- `int4`: (R_W, G_W, B_W) = ($2^{31}-1$, $2^{31}-1$, $2^{31}-1$)
- `real`: (R_W, G_W, B_W) = (1.0, 1.0, 1.0)

Wertebereich:

$L \in [0;100]$, $u \in [-83.0774;175.0148]$, $v \in [-134.1008;107.3923]$ (`byte` und `uint2`: auf den maximalen Grauwert skaliert. `int4`: L auf den maximalen Grauwert skaliert, u und v werden auf den minimalen Grauwert skaliert, so dass der Nullpunkt erhalten bleibt.)

'cielchuv'

$$
\begin{aligned}
u &= C_{uv} \cos h_{uv} \\
v &= C_{uv} \sin h_{uv} \\
f_y &= (L+16)/116 \\
Y &= \begin{cases} Y_w * f_y^3, & \text{if } f_y > \frac{6}{29} \\ (f_y - \frac{4}{29}) * Y_w * \frac{108}{841}, & \text{otherwise} \end{cases} \\
u' &= \frac{u}{13L} + u'_w \\
v' &= \frac{u}{13L} + v'_w \\
x &= \frac{9u'}{6u'-16v'+12} \\
y &= \frac{4v'}{6u'-16v'+12} \\
X &= \frac{xY}{y} \\
Z &= (1-x-y)\frac{Y}{y}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.240479 & -1.53715 & -0.498535 \\ -0.969256 & 1.875991 & 0.041556 \\ 0.055648 & -0.204043 & 1.057311 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}
$$

Schwarzpunkt B: (R_B, G_B, B_B) = (0, 0, 0)

Weißpunkt W (je nach Bildtyp):

- `byte`: (R_W, G_W, B_W) = (255, 255, 255)
- `uint2`: (R_W, G_W, B_W) = $(2^{16}-1, 2^{16}-1, 2^{16}-1)$
- `int4`: (R_W, G_W, B_W) = $(2^{31}-1, 2^{31}-1, 2^{31}-1)$
- `real`: (R_W, G_W, B_W) = (1.0, 1.0, 1.0)

Wertebereich:

$L \in [0;100]$[, $C \in [0;179.0402]$, $h \in [0;360[$ (`byte`: auf den maximalen Grauwert skaliert. `uint2`: L und C werden auf den maximalen Grauwert skaliert, h wird in Winkelminuten angegeben. `int4`: L und C werden auf den maximalen Grauwert skaliert, h wird in Winkelsekunden angegeben.)

'hls'

```
Hi := floor(H/rad(60))
Hf := H/rad(60) - Hi
if (L <= 0.5)
   Max := L * (S + 1)
else
   Max := L + S - (L * S)
endif
Min := 2 * L - Max
if (S == 0)
   R := L
   G := L
   B := L
else
  if (Hi == 0)
     R := Max
     G := Min + Hf * (Max - Min)
     B := Min
  elseif (Hi == 1)
     R := Min + (1 - Hf) * (Max - Min)
     G := Max
     B := Min
  elseif (Hi == 2)
     R := Min
     G := Max
     B := Min + Hf * (Max - Min)
  elseif (Hi == 3)
     R := Min
     G := Min + (1 - Hf) * (Max - Min)
     B := Max
```

```
    elseif (Hi == 4)
       R := Min + Hf * (Max - Min)
       G := Min
       B := Max
    elseif (Hi == 5)
       R := Max
       G := Min
       B := Min + (1 - Hf) * (Max - Min)
    endif
  endif
```

Wertebereich:
$H \in [0; 2\pi[$, $L \in [0; 1]$, $S \in [0; 1]$

'hsi'

$$\begin{aligned} M1 &= S * \cos H \\ M2 &= S * \sin H \\ I1 &= I * \sqrt{3} \end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{2}{\sqrt{6}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ \frac{-1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ \frac{-1}{\sqrt{6}} & \frac{-1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M1 \\ M2 \\ I1 \end{pmatrix}$$

Wertebereich:
$H \in [0; 2\pi[$, $S \in [0; \sqrt{\frac{2}{3}}]$, $I \in [0; 1]$

'hsv'

```
if (S == 0)
   R := V
   G := V
   B := V
else
   Hi := floor(H/rad(60))
   Hf := H/rad(60) - Hi
   if (Hi == 0)
      R := V
      G := V * (1 - (S * (1 - Hf)))
      B := V * (1 - S)
   elseif (Hi == 1)
      R := V * (1 - (S * Hf))
      G := V
      B := V * (1 - S)
   elseif (Hi == 2)
      R := V * (1 - S)
      G := V
      B := V * (1 - (S * (1 - Hf)))
   elseif (Hi == 3)
      R := V * (1 - S)
      G := V * (1 - (S * Hf))
      B := V
   elseif (Hi == 4)
      R := V * (1 - (S * (1 - Hf)))
      G := V * (1 - S)
      B := V
   elseif (Hi == 5)
      R := V
```

```
            G := V * (1 - S)
            B := V * (1 - (S * Hf))
        endif
    endif
```

Wertebereich:
$H \in [0; 2\pi[$, $S \in [0; 1]$, $V \in [0; 1]$

'ciexyz4'

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.750 & -1.149 & -0.426 \\ -1.118 & 2.026 & 0.033 \\ 0.138 & -0.333 & 1.104 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$

Wertebereich:
$X \in [0; 0.95]$, $Y \in [0; 1]$, $Z \in [0; 1.09]$

'lms'

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.858334 & -1.628721 & -0.024820 \\ -0.210432 & 1.158402 & 0.000321 \\ -0.041894 & -0.118163 & 1.068973 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L \\ M \\ S \end{pmatrix}$$

Wertebereich:
$L \in [0; 0.949280]$, $M \in [0; 1.035401]$, $S \in [0; 1.087132]$

Achtung

Die OpenCL-Implementierung der cielab-Transformation für `int4`-Bilder ist aufgrund der abweichenden numerischen Präzision bei der Berechnung etwas ungenauer als die reine C Variante.

Parameter

- ▷ **ImageInput1** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int4 / real
  Eingabebild (1. Kanal).
- ▷ **ImageInput2** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int4 / real
  Eingabebild (2. Kanal).
- ▷ **ImageInput3** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int4 / real
  Eingabebild (3. Kanal).
- ▷ **ImageRed** (output_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int4 / real
  Rot-Kanal.
- ▷ **ImageGreen** (output_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int4 / real
  Grün-Kanal.
- ▷ **ImageBlue** (output_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int4 / real
  Blau-Kanal.
- ▷ **ColorSpace** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Gewünschte Farbtransformation.
  Default: 'hsv'
  Werteliste: `ColorSpace` ∈ {'hsi', 'yiq', 'yuv', 'argyb', 'ciexyz', 'ciexyz4', 'cielab', 'cielchab', 'cieluv', 'cielchuv', 'hls', 'hsv', 'lms'}

Beispiel

```
* Transformation from rgb to hsv and conversely
read_image(Image,'patras')
dev_display(Image)
decompose3(Image, Image1, Image2, Image3)
trans_from_rgb(Image1,Image2,Image3,ImageH,ImageS,ImageV,'hsv')
trans_to_rgb(ImageH,ImageS,ImageV,ImageR,ImageG,ImageB,'hsv')
compose3(ImageR,ImageG,ImageB,Multichannel)
dev_display(Multichannel)
```

Ergebnis

`trans_to_rgb` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result', <Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`decompose3`

Nachfolger

`compose3`, `disp_color`

Alternativen

`linear_trans_color`

Siehe auch

`decompose3`, `trans_from_rgb`

Literatur

ITU-R BT.470-6: „Conventional Television Systems“, 1998.

ISO 11664-4:2008: „Colorimetry — Part 4: CIE 1976 L*a*b* Colour space“, 2008.

ISO 11664-5:2009: „Colorimetry — Part 5: CIE 1976 L*u*v* Colour space and u’,v’ uniform chromaticity scale diagram“, 2009.

Modul

Foundation

11.5 Geometrische Transformationen

affine_trans_image (Image : ImageAffineTrans : HomMat2D, Interpolation, AdaptImageSize :)

Anwenden einer beliebigen affinen 2D-Transformation auf Bilder.

`affine_trans_image` wendet eine beliebige affine 2D-Transformation (Skalierung, Drehung, Verschiebung, Scherung) auf die in `Image` übergebenen Bilder an und liefert die transformierten Bilder in `ImageAffineTrans` zurück. Die Transformation wird durch eine homogene Transformationsmatrix beschrieben, die in `HomMat2D` übergeben wird. Diese kann mit Hilfe der Operatoren `hom_mat2d_identity`, `hom_mat2d_scale`, `hom_mat2d_rotate`, `hom_mat2d_translate` etc. aufgebaut werden oder das Resultat von Operatoren wie `vector_angle_to_rigid` sein.

Die Einträge der homogenen Transformationsmatrix werden so interpretiert, dass die *Zeilen*-Koordinate des Bildes der x-Koordinate und die *Spalten*-Koordinate des Bildes der y-Koordinate des Koordinatensystems entspricht, in dem die Transformationsmatrix definiert wurde. Dies ist notwendig, um für das Bild ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten. Insbesondere werden dadurch Rotationen im korrekten Drehsinn ausgeführt. Die Koordinatenreihenfolge (x,y) der Matrizen entspricht dann der üblichen Koordinatenreihenfolge (Zeile,Spalte) der Bilder.

Der Definitionsbereich des Eingabebildes wird ignoriert, d.h., als das volle Rechteck des Bildes angenommen. Der Definitionsbereich des Ausgabebildes entspricht der Schnittmenge des transformierten Rechtecks und des Rechtecks des Ausgabebildes.

Im allgemeinen fallen transformierte Punkte zwischen die Rasterpunkte der Bildmatrix. Es ist also eine geeignete Interpolation zwischen den Grauwerten des Eingabebildes durchzuführen. Sie dient insbesondere auch dazu, die „Klötzchenbildung“ bei Vergrößerungen bzw. Aliasing-Effekte bei Verkleinerungen zu vermeiden. Die Qualität (bzw. Geschwindigkeit) der Interpolation wird über den Parameter `Interpolation` gesteuert:

nearest_neighbor Nächste-Nachbar Interpolation. Der Grauwert des nächstgelegenen Bildpunktes wird verwendet (eventuell niedrigere Qualität, sehr schnell).

bilinear Bilineare Interpolation. Der Grauwert wird aus den Grauwerten der vier nächstgelegenen Pixel durch bilineare Interpolation berechnet. Falls die affine Transformation eine Skalierung < 1 enthält, wird keine Glättung durchgeführt, was zu erheblichen Aliasingeffekten führen kann (mittlere Qualität und Laufzeit).

bicubic Bikubische Interpolation. Der Grauwert wird aus den Grauwerten der 4×4 nächstgelegenen Pixel durch bikubische Interpolation berechnet. Falls die affine Transformation eine Skalierung < 1 enthält, wird keine Glättung durchgeführt, was zu erheblichen Aliasingeffekten führen kann (hohe Qualität für Vergrößerungen, langsam).

constant Bilineare Interpolation. Der Grauwert wird aus den Grauwerten der vier nächstgelegenen Pixel durch bilineare Interpolation berechnet. Falls die affine Transformation eine Skalierung < 1 enthält, wird zusätzlich eine Art Mittelwertfilter zur Vermeidung von Aliasingeffekten ausgeführt (mittlere Qualität und Laufzeit).

weighted Bilineare Interpolation. Der Grauwert wird aus den Grauwerten der vier nächstgelegenen Pixel durch bilineare Interpolation berechnet. Falls die affine Transformation eine Skalierung < 1 enthält, wird zusätzlich eine Art Gaußfilter zur Vermeidung von Aliasingeffekten ausgeführt (hohe Qualität, langsam).

Zusätzlich beeinflusst der Systemparameter *'int_zooming'* (siehe `set_system`) die Genauigkeit der Transformation. Falls *'int_zooming'* auf *'true'* gesetzt wird, wird die Transformation intern bei byte-, int2- und uint2-Bildern mit Festkommaarithmetik durchgeführt, was zu wesentlich kürzeren Laufzeiten führt. Allerdings ist hier die Genauigkeit der berechneten Grauwerte geringer. Für byte-Bilder sind die Differenzen zur genaueren Berechnung (mit *'int_zooming'* = *'false'*) normalerweise kleiner als zwei Grauwerte. Für int2- und uint2-Bilder gilt entsprechend, dass die Grauwertdifferenzen kleiner als 1/128 mal der dynamische Grauwertbereich des Bildes sind. Sie können also bis zu 512 Grauwerte betragen, wenn der volle Grauwertbereich von 16 Bit ausgenutzt wird. Auch die Domäne der Ergebnisbilder kann sich bei Transformationen mit Festkommaarithmetik leicht unterscheiden. Außerdem können, wenn *'int_zooming'* auf *'true'* gesetzt ist, undefinierte Grauwerte am unteren und am rechten Bildrand entstehen wenn ein großer Skalierungsfaktor angewendet wird und außerdem ein großes Ergebnisbild entsteht. Die maximale Breite B_{max} dieses Randes mit undefinierten Grauwerten kann mit der Formel $B_{max} = 0.5 \cdot S \cdot I/2^{15}$ abgeschätzt werden, wobei S den Skalierungsfaktor in einer Dimension und I die Größe des Ausgabebildes in der entsprechenden Dimension darstellt.

Für Real-Bilder hat der Parameter *'int_zooming'* keinen Einfluss, da intern immer mit Gleitkommazahlen gerechnet wird.

Die Größe des Zielbildes wird durch den Parameter `AdaptImageSize` gesteuert: Bei *'true'* wird die Größe des Zielbildes so gewählt, dass rechts und unten kein Clipping auftritt. Bei *'false'* hat das Zielbild die gleiche Größe wie das Eingabebild. Beachten Sie, dass unabhängig von `AdaptImageSize` das Zielbild grundsätzlich am linken und oberen Rand beschnitten wird, d.h. alle Bildbereiche, die nach der Transformation negative Koordinaten aufweisen, werden abgeschnitten.

Achtung

Die Region des Eingabebildes wird nicht beachtet.

`affine_trans_image` verwendet nicht das HALCON-Standard-Koordinatensystem (mit dem Ursprung im Mittelpunkt des linken oberen Pixels) sondern das gleiche Koordinatensystem wie `affine_trans_pixel`, d.h. der Ursprung liegt in der linken oberen Ecke des linken oberen Pixels. Eine Transformation mit `affine_trans_image` entspricht für jeden Punkt des Bildes einer Kette von Transformationen (Ein- und Ausgabekoordinaten als homogene Vektoren dargestellt, siehe `affine_trans_pixel`). Dies kann zu unerwarteten Ergebnissen führen, wenn die Transformationsmatrix unter Verwendung von Koordinaten erstellt wurde, die von dem Bild mit Operatoren wie z.B. `area_center_gray` abgeleitet wurden. Wenn z.B. ein rotationssymmetrisches Bild unter Verwendung von `hom_mat2d_rotate` um seinen mit `area_center_gray` bestimmten Schwerpunkt rotiert wird, so liegt das transformierte Bild nicht auf dem Originalbild. Dieser Effekt kann dadurch kompensiert werden, dass vor dem Aufruf von `affine_trans_image` die Transformationsmatrix `HomMat2D` durch die beiden folgenden Translationen modifiziert wird:

```
hom_mat2d_translate(HomMat2D, 0.5, 0.5, HomMat2DTmp)
hom_mat2d_translate_local(HomMat2DTmp, -0.5, -0.5,
HomMat2DAdapted)
affine_trans_image(Image, ImageAffineTrans, HomMat2DAdapted,
'constant', 'false')
```

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **ImageAffineTrans** (output_object) .... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Transformiertes Ausgabebild.
- ▷ **HomMat2D** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.
- ▷ **Interpolation** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der Interpolation.
  Default: 'constant'
  Werteliste: `Interpolation` ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic', 'constant', 'weighted'}
- ▷ **AdaptImageSize** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Anpassung der Zielbildgröße.
  Default: 'false'
  Werteliste: `AdaptImageSize` ∈ {'true', 'false'}

Beispiel

```
* Reduction of an image (512 x 512 Pixels) by 50%, rotation
* by 180 degrees and translation to the upper-left corner:

read_image (Image, 'ic0')
hom_mat2d_identity(Matrix1)
hom_mat2d_scale(Matrix1,0.5,0.5,256.0,256.0,Matrix2)
hom_mat2d_rotate(Matrix2,3.14,256.0,256.0,Matrix3)
hom_mat2d_translate(Matrix3,-128.0,-128.0,Matrix4)
affine_trans_image(Image,TransImage,Matrix4,'constant','true')

* Enlarging the part of an image in the interactively
* chosen rectangular window sector:

dev_get_window (WindowHandle)
draw_rectangle2(WindowHandle,L,C,Phi,L1,L2)
hom_mat2d_identity(Matrix1)
get_system('width',Width)
get_system('height',Height)
hom_mat2d_translate(Matrix1,Height/2.0-L,Width/2.0-C,Matrix2)
hom_mat2d_rotate(Matrix2,3.14-Phi,Height/2.0,Width/2.0,Matrix3)
hom_mat2d_scale(Matrix3,Height/(2.0*L2),Width/(2.0*L1), \
                Height/2.0,Width/2.0,Matrix4)
affine_trans_image(Image,TransImage,Matrix4,'constant','true')
```

Ergebnis

Falls die Matrix `HomMat2D` eine affine Abbildung darstellt (d.h. keine projektive Abbildung), liefert `affine_trans_image` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

hom_mat2d_identity, hom_mat2d_translate, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_reflect

Alternativen

affine_trans_image_size, zoom_image_size, zoom_image_factor, mirror_image, rotate_image, affine_trans_region

Siehe auch

set_part_style

Modul

Foundation

affine_trans_image_size (Image : ImageAffineTrans : HomMat2D, Interpolation, Width, Height :)

Anwenden einer beliebigen affinen 2D-Transformation auf Bilder mit Angabe der Ausgabebildgröße.

affine_trans_image_size wendet eine beliebige affine 2D-Transformation (Skalierung, Drehung, Verschiebung, Scherung) auf die in Image übergebenen Bilder an und liefert die transformierten Bilder in ImageAffineTrans zurück. Die Transformation wird durch eine homogene Transformationsmatrix beschrieben, die in HomMat2D übergeben wird. Diese kann mit Hilfe der Operatoren hom_mat2d_identity, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_translate etc. aufgebaut werden oder das Resultat von Operatoren wie vector_angle_to_rigid sein.

Die Einträge der homogenen Transformationsmatrix werden so interpretiert, dass die *Zeilen*-Koordinate des Bildes der x-Koordinate und die *Spalten*-Koordinate des Bildes der y-Koordinate des Koordinatensystems entspricht, in dem die Transformationsmatrix definiert wurde. Dies ist notwendig, um für das Bild ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten. Insbesondere werden dadurch Rotationen im korrekten Drehsinn ausgeführt. Die Koordinatenreihenfolge (x,y) der Matrizen entspricht dann der üblichen Koordinatenreihenfolge (Zeile,Spalte) der Bilder.

Die Region des Eingabebildes wird ignoriert, also als das volle Rechteck der Eingabebildmatrix angenommen. Die Region des Ausgabebildes besteht aus dem transformierten Rechteck des Eingabebildes (gegebenenfalls wird das Ausgabebild mit Nullen, d.h. „schwarz“, aufgefüllt).

Im allgemeinen fallen transformierte Punkte zwischen die Rasterpunkte der Bildmatrix. Es ist also eine geeignete Interpolation zwischen den Grauwerten des Eingabebildes durchzuführen. Sie dient insbesondere auch dazu, die „Klötzchenbildung“ bei Vergrößerungen bzw. Aliasing-Effekte bei Verkleinerungen zu vermeiden. Die Qualität (bzw. Geschwindigkeit) der Interpolation wird über den Parameter Interpolation gesteuert:

nearest_neighbor Nächste-Nachbar Interpolation. Der Grauwert des nächstgelegenen Bildpunktes wird verwendet (eventuell niedrigere Qualität, sehr schnell).

bilinear Bilineare Interpolation. Der Grauwert wird aus den Grauwerten der vier nächstgelegenen Pixel durch bilineare Interpolation berechnet. Falls die affine Transformation eine Skalierung < 1 enthält, wird keine Glättung durchgeführt, was zu erheblichen Aliasingeffekten führen kann (mittlere Qualität und Laufzeit).

bicubic Bikubische Interpolation. Der Grauwert wird aus den Grauwerten der 4×4 nächstgelegenen Pixel durch bikubische Interpolation berechnet. Falls die affine Transformation eine Skalierung < 1 enthält, wird keine Glättung durchgeführt, was zu erheblichen Aliasingeffekten führen kann (hohe Qualität für Vergrößerungen, langsam).

constant Bilineare Interpolation. Der Grauwert wird aus den Grauwerten der vier nächstgelegenen Pixel durch bilineare Interpolation berechnet. Falls die affine Transformation eine Skalierung < 1 enthält, wird zusätzlich eine Art Mittelwertfilter zur Vermeidung von Aliasingeffekten ausgeführt (mittlere Qualität und Laufzeit).

weighted Bilineare Interpolation. Der Grauwert wird aus den Grauwerten der vier nächstgelegenen Pixel durch bilineare Interpolation berechnet. Falls die affine Transformation eine Skalierung < 1 enthält, wird zusätzlich eine Art Gaußfilter zur Vermeidung von Aliasingeffekten ausgeführt (hohe Qualität, langsam).

Zusätzlich beeinflusst der Systemparameter *'int_zooming'* (siehe set_system) die Genauigkeit der Transformation. Falls *'int_zooming'* auf *'true'* gesetzt wird, wird die Transformation intern bei byte-, int2- und uint2-Bildern

mit Festkommaarithmetik durchgeführt, was zu wesentlich kürzeren Laufzeiten führt. Allerdings ist hier die Genauigkeit der berechneten Grauwerte geringer. Für byte-Bilder sind die Differenzen zur genaueren Berechnung (mit *'int_zooming'* = *'false'*) normalerweise kleiner als zwei Grauwerte. Für int2- und uint2-Bilder gilt entsprechend, dass die Grauwertdifferenzen kleiner als 1/128 mal der dynamische Grauwertbereich des Bildes sind. Sie können also bis zu 512 Grauwerte betragen, wenn der volle Grauwertbereich von 16 Bit ausgenutzt wird. Auch die Domäne der Ergebnisbilder kann sich bei Transformationen mit Festkommaarithmetik leicht unterscheiden. Außerdem können, wenn *'int_zooming'* auf *'true'* gesetzt ist, undefinierte Grauwerte am unteren und am rechten Bildrand entstehen wenn ein großer Skalierungsfaktor angewendet wird und außerdem ein großes Ergebnisbild entsteht. Die maximale Breite B_{max} dieses Randes mit undefinierten Grauwerten kann mit der Formel $B_{max} = 0.5 \cdot S \cdot I/2^{15}$ abgeschätzt werden, wobei S den Skalierungsfaktor in einer Dimension und I die Größe des Ausgabebildes in der entsprechenden Dimension darstellt. Für Real-Bilder hat der Parameter *'int_zooming'* keinen Einfluss, da intern immer mit Gleitkommazahlen gerechnet wird.

Die Größe des Zielbildes wird durch die Parameter `Width` und `Height` angegeben. Beachten Sie, dass das Zielbild grundsätzlich am linken und oberen Rand beschnitten wird, d.h. alle Bildbereiche, die nach der Transformation negative Koordinaten aufweisen, werden abgeschnitten. Bei geeigneter Wahl der affinen Abbildung, insbesondere der Translation, kann somit gleichzeitig ein Teil des Bildes transformiert und ausgeschnitten werden. Dies ist z.B. bei der Verwendung des Variationsmodells nützlich (siehe `compare_variation_model`), da mit diesem Mechanismus nur die Teile des Bildes, die untersucht werden sollen, transformiert werden.

Achtung

Die Region des Eingabebildes wird nicht beachtet.

`affine_trans_image_size` verwendet nicht das HALCON-Standard-Koordinatensystem (mit dem Ursprung im Mittelpunkt des linken oberen Pixels) sondern das gleiche Koordinatensystem wie `affine_trans_pixel`, d.h. der Ursprung liegt in der linken oberen Ecke des linken oberen Pixels. Eine Transformation mit `affine_trans_image_size` entspricht für jeden Punkt des Bildes einer Kette von Transformationen (Ein- und Ausgabekoordinaten als homogene Vektoren dargestellt, siehe `affine_trans_pixel`). Dies kann zu unerwarteten Ergebnissen führen, wenn die Transformationsmatrix unter Verwendung von Koordinaten erstellt wurde, die von dem Bild mit Operatoren wie z.B. `area_center_gray` abgeleitet wurden. Wenn z.B. ein rotationssymmetrisches Bild unter Verwendung von `hom_mat2d_rotate` um seinen mit `area_center_gray` bestimmten Schwerpunkt rotiert wird, so liegt das transformierte Bild nicht auf dem Originalbild. Dieser Effekt kann dadurch kompensiert werden, dass vor dem Aufruf von `affine_trans_image_size` die Transformationsmatrix `HomMat2D` durch die beiden folgenden Translationen modifiziert wird:

```
hom_mat2d_translate(HomMat2D, 0.5, 0.5, HomMat2DTmp)
hom_mat2d_translate_local(HomMat2DTmp, -0.5, -0.5,
HomMat2DAdapted)
affine_trans_image_size(Image, ImageAffineTrans, HomMat2DAdapted,
'constant', Width, Height)
```

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **`ImageAffineTrans`** (output_object) .... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Transformiertes Ausgabebild.
- ▷ **`HomMat2D`** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.
- ▷ **`Interpolation`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der Interpolation.
  Default: 'constant'
  Werteliste: `Interpolation` ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic', 'constant', 'weighted'}
- ▷ **`Width`** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite des Ausgabebildes.
  Default: 640
  Wertevorschläge: `Width` ∈ {128, 160, 192, 256, 320, 384, 512, 640, 768}

▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Ausgabebildes.
Default: 480
Wertevorschläge: Height ∈ {120, 128, 144, 240, 256, 288, 480, 512, 576}

Ergebnis

Falls die Matrix HomMat2D eine affine Abbildung darstellt (d.h. keine projektive Abbildung), liefert affine_trans_image_size den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

hom_mat2d_identity, hom_mat2d_translate, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_reflect

Alternativen

affine_trans_image, zoom_image_size, zoom_image_factor, mirror_image, rotate_image, affine_trans_region

Siehe auch

set_part_style

Modul

Foundation

convert_map_type (Map : MapConverted : NewType, ImageWidth :)

Konvertieren von Abbildungsvorschriften in andere Typen.

convert_map_type konvertiert die Eingabeabbildungsvorschrift Map in einen anderen Typ. Der hauptsächliche Nutzen von convert_map_type liegt darin Abbildungsvorschriften vom Typ *'nearest_neighbor'* bzw. *'bilinear'* in zwei Koordinatenbilder (*'coord_map_sub_pix'*) zu konvertieren, da dies der einzige Typ ist, der auf Compute Devices unterstützt wird.

NewType legt die Art der Konversion fest. Die folgenden Werte sind erlaubt:

'coord_map_sub_pix' erzeugt eine Abbildungsvorschrift, die aus einem Vektorfeld besteht, welches die subpixelgenauen Koordinaten für das Mapping jedes Pixels enthält. (Der Typ der Eingabeabbildungsvorschrift muss entweder *'bilinear'* oder *'nearest_neighbor'* sein)

'bilinear' erzeugt eine bilinear interpolierende Abbildungsvorschrift (siehe map_image). (Der Typ der Eingabeabbildungsvorschrift muss *'coord_map_sub_pix'* sein)

'nearest_neighbor' erzeugt eine Nächste-Nachbar Abbildungsvorschrift (siehe map_image). (Der Typ der Eingabeabbildungsvorschrift muss *'coord_map_sub_pix'* sein)

Die Breite der Bilder auf die MapConverted angewendet werden soll muss in ImageWidth übergeben werden. Falls diese Breite identisch mit der Breite von Map ist, kann auch *'map_width'* übergeben werden.

Parameter

- ▷ **Map** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* vector_field / int4 / int8 / uint2
  Eingabeabbildungsvorschrift.
- ▷ **MapConverted** (output_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* vector_field / int4 / int8 / uint2
  Konvertierte Abbildungsvorschrift.
- ▷ **NewType** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Typ von MapConverted.
  Default: 'coord_map_sub_pix'
  Werteliste: `NewType` ∈ {'coord_map_sub_pix', 'bilinear', 'nearest_neighbor'}
- ▷ **ImageWidth** (input_control) ..... integer ⇝ *integer* / string
  Breite der Bilder auf die MapConverted angewandt wird.
  Default: 'map_width'

Beispiel

```
gen_radial_distortion_map (MapFixed, CamParOriginal, CamParVirtualFixed, \
                           'bilinear')
convert_map_type(MapFixed, MapConverted, 'coord_map_sub_pix', 'map_width')
query_available_compute_devices (DeviceIdentifier)
open_compute_device (DeviceIdentifier[0], DeviceHandle)
activate_compute_device (DeviceHandle)
map_image (GrayImage, MapConverted, ImageRectifiedFixed)
```

Ergebnis

`convert_map_type` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, wenn alle Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_image_to_world_plane_map`, `gen_radial_distortion_map`, `gen_arbitrary_distortion_map`, `gen_grid_rectification_map`, `find_local_deformable_model`

Nachfolger

`map_image`

Modul

Foundation

map_image (Image, Map : ImageMapped : :)

Transformieren eines Bildes unter Verwendung einer allgemeinen Abbildungsvorschrift.

`map_image` transformiert ein Bild `Image` unter Verwendung einer allgemeinen Abbildungsvorschrift `Map`, die z.B. mit `gen_image_to_world_plane_map` oder `gen_radial_distortion_map` erzeugt wurde. Das Mehrkanalbild `Map` muss dabei folgenden Aufbau besitzen:

Höhe und Breite von `Map` legen die Größe des Ausgabebildes `ImageMapped` fest. Die Anzahl der Kanäle in `Map` legt fest, ob bei der Transformation keine Interpolation oder bilineare Interpolation angewendet werden soll. Besteht `Map` lediglich aus einem Kanal, so wird bei der Transformation keine Interpolation angewendet. In diesem Kanal (Bildtyp 'int4' bzw. 'int8' in HALCON XL falls der Wertebereich von 'int4' nicht ausreicht) ist für jedes Pixel des Ergebnisbildes `ImageMapped` die lineare Koordinate desjenigen Pixels im Eingabebild `Image` gespeichert, von dem der Grauwert übernommen werden soll.

Soll zwischen den Pixeln im Eingabebild bilinear interpoliert werden, so muss `Map` aus einem Bild mit 5 Kanälen bestehen. Der erste Kanal (Bildtyp 'int4' bzw. 'int8') beschreibt die geometrische Transformation. Die Kanäle 2-5

(Bildtyp 'uint2') bestehen enthalten jeweils die Gewichte der vier benachbarten Pixel für die bilineare Interpolation. Die Gewichte [0...1] sind dabei auf den Wertebereich des 'uint2' Bildes skaliert und besitzen daher ganzzahlige Werte im Bereich von 0 bis 65535. Soll sich die Helligkeit des transformierten Bildes nicht von der des Eingabebildes unterscheiden, so ist darauf zu achten, dass die Summe der vier unskalierten Gewichte jeweils 1 ergibt. In diesem Zusammenhang ist auch darauf zu achten, dass der Wertebereich des Ausgabebildes `ImageMapped` nicht überschritten wird. Der geometrische Bezug zwischen den Kanälen 2-5 ist durch folgende Skizze ersichtlich:

2	3
4	5

Bezugspunkt der vier Pixel ist dabei jeweils das linke obere Pixel, dessen lineare Koordinate im ersten Kanal gespeichert ist.

Es ist außerdem möglich eine `Map` zu verwenden die aus einem Vektorfeld des semantischen Typs 'vector_field_absolute' besteht. Dieses enthält die subpixelgenauen Koordinaten der Abbildungsfunktion. Die beiden oben erläuterten Typen können mittels `convert_map_type` in diesen Typ überführt werden. Dieser Typ ist der einzige Typ, der auf Compute Devices unterstützt wird!

Achtung

Es ist darauf zu achten, dass der Wertebereich des Ausgabebildes `ImageMapped` nicht überschritten wird.

Aus Laufzeitgründen wird nicht überprüft, ob die linearen Koordinaten innerhalb des Eingabebildes liegen. Es muss also darauf geachtet werden, dass diese Bedingung erfüllt ist. Falls interpoliert wird, gilt dies zusätzlich für das Pixel rechts, unterhalb und rechts unterhalb dieser Koordinate. Andernfalls kann es zu einem Programmabsturz kommen!

`map_image` wird nur dann automatisch parallelisiert, wenn `Map` vom Typ *'bilinear'* oder *'coord_map_sub_pix'* ist.

`map_image` wird nur für eine Abbildungsvorschrift vom Typ *'coord_map_sub_pix'* auf einem OpenCL-fähigen Compute Device ausgeführt. Ferner darf das Eingangsbild die maximale Größe für Bildobjekte des ausgewählten Gerätes nicht überschreiten.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Zu transformierendes Bild.
- ▷ **`Map`** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* int4 / int8 / uint2 / vector_field
  Bild mit Transformationsdaten.
- ▷ **`ImageMapped`** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Transformiertes Bild.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `map_image` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`gen_image_to_world_plane_map`, `gen_radial_distortion_map`, `convert_map_type`

Siehe auch

`affine_trans_image`, `rotate_image`

Modul

Foundation

`mirror_image` (Image : ImageMirror : Mode :)

Spiegeln von Bildern.

mirror_image spiegelt das Bild Image an einer von drei Achsen. Wenn Mode *'row'* ist, wird das Bild vertikal gespiegelt, wenn er *'column'* ist, wird es horizontal gespiegelt, und wenn er *'diagonal'* ist, wird das Bild an der Winkelhalbierenden $x = y$ gespiegelt.

Achtung

mirror_image kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden, wenn das Eingangsbild die maximale Größe für Bildobjekte des ausgewählten Gerätes nicht überschreitet. Allerdings kann die Ausführung unter OpenCL langsamer sein als auf der CPU, insbesondere für den Modus *'row'*.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Eingabebild.
- ▷ **ImageMirror** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Gespiegeltes Ausgabebild.
- ▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Art der Spiegelung.
  Default: 'row'
  Werteliste: Mode ∈ {'row', 'column', 'diagonal'}

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
dev_display (Image)
mirror_image(Image,MirrorImage,'row')
dev_display (MirrorImage)
```

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_reflect, affine_trans_image, rotate_image

Siehe auch

rotate_image, hom_mat2d_rotate

Modul

Foundation

polar_trans_image_ext (Image : PolarTransImage : Row, Column, AngleStart, AngleEnd, RadiusStart, RadiusEnd, Width, Height, Interpolation :)

Anwenden einer Polarkoordinatentransformation eines Kreisrings.

polar_trans_image_ext transformiert den durch den Mittelpunkt (Row, Column), die Radien RadiusStart und RadiusEnd und die Winkel AngleStart und AngleEnd definierten Kreisring im Bild Image auf dessen Polarkoordinatendarstellung im Bild PolarTransImage mit den Dimensionen Width × Height.

Das linke obere Pixel im Ausgabebild entspricht immer dem Punkt im Eingabebild, der durch RadiusStart und AngleStart spezifiziert wird. Analog entspricht das rechte untere Pixel im Ausgabebild immer dem Punkt im Eingabebild, der durch RadiusEnd und AngleEnd spezifiziert wird. Im Normalfall (AngleStart < AngleEnd und RadiusStart < RadiusEnd) wird die Polarkoordinatentransformation also in mathematisch

positiver Durchlaufrichtung (entgegen dem Uhrzeigersinn) durchgeführt. Dabei liegen die Punkte mit kleineren Radien im Ausgabebild weiter oben. Durch geeignetes Vertauschen der Werte der Parameter (z.B. `AngleStart` > `AngleEnd` oder `RadiusStart` > `RadiusEnd`) kann jede beliebige Orientierung des Ausgabebildes erreicht werden.

Über den Parameter `Interpolation` kann dabei zwischen den Interpolationsverfahren *'bilinear'* und *'nearest_neighbor'* gewählt werden. Bei *'nearest_neighbor'* wird der Grauwert des Pixels im Ausgabebild aus dem Grauwert des nächstgelegenen Pixels im Eingabebild bestimmt. Bei *'bilinear'* wird der Grauwert des Pixels im Ausgabebild durch bilineare Interpolation aus den Grauwerten der vier nächstgelegenen Pixel im Eingabebild bestimmt. Der Modus *'bilinear'* liefert qualitativ bessere Ergebnisse, ist allerdings auch langsamer als *'nearest_neighbor'*.

Die Winkel sind frei als reelle Zahlen wählbar, Mittelpunkt und Radien können ebenfalls frei als reelle Zahlen gewählt werden. Sind diese jedoch ganze Zahlen und entspricht die Differenz von `RadiusEnd` und `RadiusStart` der Höhe `Height` des Zielbildes, so wird die Berechnung durch eine optimierte Routine erheblich schneller durchgeführt.

Die Radien und Winkel sind inklusive, d.h. die erste Zeile des Zielbildes entspricht dem Kreis mit dem Radius `RadiusStart`, die letzte Zeile dem mit dem Radius `RadiusEnd`. Für Vollkreise, bei denen die Differenz `AngleStart` - `AngleEnd` 2π (360 Grad) beträgt, bedeutet dies insbesondere, dass die erste Spalte des Zielbildes gleich der letzten ist.

Um diesem Verhalten vorzubeugen sollte diese Differenz $2\pi(1 - \frac{1}{\texttt{Width}})$ statt 2π betragen.

Der Aufruf: `polar_trans_image(Image, PolarTransImage, Row, Column, Width, Height)` entspricht dem Aufruf: `polar_trans_image_ext(Image, PolarTransImage, Row-0.5, Column-0.5, 6.2831853, 6.2831853/Width, 0, Height-1, Width, Height, 'nearest_neighbor')`.

Der Offset von 0.5 ist notwendig, da `polar_trans_image` keine Nearest-Neighbor Interpolation durchführt, Radien und Winkel ergeben sich durch die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Überlegungen, da diese Werte in `polar_trans_image` nicht inklusive behandelt werden. Der Startwinkel ist hier größer als der Endwinkel, damit der Kreisring von `polar_trans_image_ext` genauso wie in `polar_trans_image` im Uhrzeigersinn durchlaufen wird.

`polar_trans_image_ext` kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden, wenn das Eingangsbild die maximale Größe für Bildobjekte des ausgewählten Gerätes nicht überschreitet. Aus numerischen Gründen kann es dabei zu geringfügigen Abweichungen des Ergebnisses gegenüber der Ausführung auf der CPU kommen.

Für Bilder vom Typ byte, int2 oder uint2 kann mittels des Systemparameters *'int_zooming'* (siehe `set_system`) zwischen schneller Berechnung in Festkommaarithmetik (*'int_zooming'* = *'true'*) und hochgenauer Berechnung in Fließkommaarithmetik (*'int_zooming'* = *'false'*) gewählt werden. Bei der Festkommaberechnung kann es allerdings zu leichten Grauwertabweichungen und Pixeln mit undefinierten Grauwerten kommen.

Weitere Informationen

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Achtung

Aus Geschwindigkeitsgründen wird die Region des Eingabebildes nicht beachtet. Das Ausgabebild hat immer ein komplettes Rechteck als Region.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **`PolarTransImage`** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Ergebnisbild.
- ▷ **`Row`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des Kreismittelpunktes.
  Default: 256
  Wertevorschläge: `Row` ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 240, 256, 480, 512}
- ▷ **`Column`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des Kreismittelpunktes.
  Default: 256
  Wertevorschläge: `Column` ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 320, 512, 640}

▷ **AngleStart** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
Winkel, der die erste Spalte des Zielbildes definiert.
Default: 0.0
Wertevorschläge: AngleStart ∈ {0.0, 0.78539816, 1.57079632, 3.141592654, 6.2831853, 12.566370616}

▷ **AngleEnd** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
Winkel, der die letzte Spalte des Zielbildes definiert.
Default: 6.2831853
Wertevorschläge: AngleEnd ∈ {0.0, 0.78539816, 1.57079632, 3.141592654, 6.2831853, 12.566370616}

▷ **RadiusStart** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Kreisradius, der die erste Zeile des Zielbildes definiert.
Default: 0
Wertevorschläge: RadiusStart ∈ {0, 16, 32, 64, 100, 128, 256, 512}
Wertebereich: 0 ≤ RadiusStart

▷ **RadiusEnd** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Kreisradius, der die letzte Zeile des Zielbildes definiert.
Default: 100
Wertevorschläge: RadiusEnd ∈ {0, 16, 32, 64, 100, 128, 256, 512}
Wertebereich: 0 ≤ RadiusEnd

▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
Breite des Zielbildes.
Default: 512
Wertevorschläge: Width ∈ {256, 320, 512, 640, 800, 1024}
Wertebereich: 0 ≤ Width ≤ 32767

▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Zielbildes.
Default: 512
Wertevorschläge: Height ∈ {240, 256, 480, 512, 600, 1024}
Wertebereich: 0 ≤ Height ≤ 32767

▷ **Interpolation** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Interpolationsverfahren für die Transformation.
Default: 'nearest_neighbor'
Werteliste: Interpolation ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear'}

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Siehe auch

polar_trans_image_inv, polar_trans_region, polar_trans_region_inv, polar_trans_contour_xld, polar_trans_contour_xld_inv

Modul

Foundation

```
polar_trans_image_inv ( PolarImage : XYTransImage : Row, Column,
    AngleStart, AngleEnd, RadiusStart, RadiusEnd, Width, Height,
    Interpolation : )
```

Rücktransformieren eines Polarkoordinatenbildes

polar_trans_image_inv transformiert die Polarkoordinatendarstellung eines Bildes, gespeichert in PolarImage, zurück auf einen Kreisring in kartesischen Koordinaten, der durch die Radien RadiusStart

und RadiusEnd sowie durch die Winkel AngleStart und AngleEnd beschrieben ist und dessen Mittelpunkt in (Row, Column) liegt. Alle diese Werte können frei aus den reellen Zahlen gewählt werden. Die Gesamtgröße des Ausgabebildes beträgt Width × Height Pixel.

Über den Parameter Interpolation kann dabei zwischen den Interpolationsverfahren *'bilinear'* und *'nearest_neighbor'* gewählt werden. Bei *'nearest_neighbor'* wird der Grauwert des Pixels im Ausgabebild aus dem Grauwert des nächstgelegenen Pixels im Eingabebild bestimmt. Bei *'bilinear'* wird der Grauwert des Pixels im Ausgabebild durch bilineare Interpolation aus den Grauwerten der vier nächstgelegenen Pixel im Eingabebild bestimmt. Der Modus *'bilinear'* liefert qualitativ bessere Ergebnisse, ist allerdings auch langsamer als *'nearest_neighbor'*.

Die Winkel und Radien sind inklusive, die erste Zeile des Eingabebildes wird also auf einen Kreis im Abstand RadiusStart vom angegebenen Mittelpunkt abgebildet, die letzte Zeile auf einen Kreis im Abstand RadiusEnd.

polar_trans_image_inv ist die exakte Umkehrfunktion zu polar_trans_image_ext.

Die Aufrufsequenz:

```
polar_trans_image_ext(Image, PolarImage, Row, Column, rad(360)
polar_trans_image_inv(PolarImage, XYTransImage, Row, Column,
rad(360), 0, 0, Radius, Width, Height, Interpolation)
```

liefert im Ausgabebild XYTransImage das Bild Image eingeschränkt auf den Kreis um (Row, Column) mit Radius Radius zurück.

polar_trans_image_inv kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Dabei kann es zu geringfügigen Abweichungen des Ergebnisses gegenüber der Ausführung auf der CPU kommen.

Für Bilder vom Typ byte, int2 oder uint2 kann mittels des Systemparameters *'int_zooming'* (siehe set_system) zwischen schneller Berechnung in Festkommaarithmetik (*'int_zooming'* = *'true'*) und hochgenauer Berechnung in Fließkommaarithmetik (*'int_zooming'* = *'false'*) gewählt werden. Bei der Festkommaberechnung kann es aber zu leichten Grauwertabweichungen kommen. Auch die Domäne der Ergebnisbilder kann sich in diesem Fall leicht unterscheiden.

Weitere Informationen

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Parameter

- ▷ **PolarImage** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **XYTransImage** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Ergebnisbild.
- ▷ **Row** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des Kreismittelpunktes.
  Default: 256
  Wertevorschläge: Row ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 240, 256, 480, 512}
  Wertebereich: 0 ≤ Row ≤ 32767
- ▷ **Column** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des Kreismittelpunktes.
  Default: 256
  Wertevorschläge: Column ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 320, 512, 640}
  Wertebereich: 0 ≤ Column ≤ 32767
- ▷ **AngleStart** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Winkel, der die erste Spalte des Eingabebildes definiert.
  Default: 0.0
  Wertevorschläge: AngleStart ∈ {0.0, 0.78539816, 1.57079632, 3.141592654, 6.2831853}
- ▷ **AngleEnd** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Winkel, der die letzte Spalte des Eingabebildes definiert.
  Default: 6.2831853
  Wertevorschläge: AngleEnd ∈ {0.0, 0.78539816, 1.57079632, 3.141592654, 6.2831853}

▷ **RadiusStart** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Kreisradius, der die erste Zeile des Eingabebildes definiert.
Default: 0
Wertevorschläge: `RadiusStart` ∈ {0, 16, 32, 64, 100, 128, 256, 512}
Wertebereich: 0 ≤ RadiusStart

▷ **RadiusEnd** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Kreisradius, der die letzte Zeile des Eingabebildes definiert.
Default: 100
Wertevorschläge: `RadiusEnd` ∈ {0, 16, 32, 64, 100, 128, 256, 512}
Wertebereich: 0 ≤ RadiusEnd

▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
Breite des Zielbildes.
Default: 512
Wertevorschläge: `Width` ∈ {256, 320, 512, 640, 800, 1024}
Wertebereich: 0 ≤ `Width` ≤ 32767

▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Zielbildes.
Default: 512
Wertevorschläge: `Height` ∈ {240, 256, 480, 512, 600, 1024}
Wertebereich: 0 ≤ `Height` ≤ 32767

▷ **Interpolation** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Interpolationsverfahren für die Transformation.
Default: 'nearest_neighbor'
Werteliste: `Interpolation` ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear'}

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Siehe auch

`polar_trans_image_ext`, `polar_trans_region`, `polar_trans_region_inv`, `polar_trans_contour_xld`, `polar_trans_contour_xld_inv`

Modul

Foundation

projective_trans_image (Image : TransImage : HomMat2D, Interpolation, AdaptImageSize, TransformDomain :)

Berechnen der projektiven Transformation eines Bildes.

`projective_trans_image` wendet die durch die homogene Transformationsmatrix `HomMat2D` beschriebene projektive Transformation (Homographie) auf das Eingabebild `Image` an und speichert das Ergebnis in das Ausgabebild `TransImage`.

Ist der Parameter `AdaptImageSize` auf *'false'* gesetzt, so erhält `TransImage` dieselbe Größe wie `Image`; ist `AdaptImageSize` *'true'*, so wird die Zielgröße falls möglich automatisch so gewählt, dass alle nicht-negativen Punkte des transformierten Bildes sichtbar sind.

Der Parameter `Interpolation` bestimmt, welche Interpolationsmethode zur Bestimmung der Grauwerte verwendet wird. Für `Interpolation` = *'nearest_neighbor'* wird der Grauwert aus dem nächstgelegenen Punkt im Eingabebild bestimmt. Dieser Modus ist sehr schnell, führt aber zu der typischen „Klötzchenbildung“ bei starker Vergrößerung. Für `Interpolation` = *'bilinear'* werden die Grauwerte bilinear interpoliert, was länger dauert, aber auch zu wesentlich besseren Ergebnissen führt.

Mit TransformDomain kann festgelegt werden, ob der Definitionsbereich von Image transformiert wird. Da die Transformation des Definitionsbereichs Zeit kostet, kann dieser Parameter dazu verwendet werden, festzulegen, ob dies erwünscht ist. Wenn TransformDomain auf *'false'* gesetzt wird, wird der Definitionsbereich des Eingabebildes ignoriert. Somit wird das komplette Bild transformiert.

Die projektive Transformationsmatrix HomMat2D kann z.B. mit vector_to_proj_hom_mat2d erzeugt werden.

Bei einer Homographie werden die zu projizierenden Punkte durch homogene Vektoren der Form (x, y, w) dargestellt. Ein euklidischer Punkt ergibt sich durch (x',y') = $(\frac{x}{w}, \frac{y}{w})$. Wie bei affine_trans_image entspricht bei projective_trans_image x der Zeilenkoordinate und y der Spaltenkoordinate. Mit dieser Konvention sind affine Transformationen ein Spezialfall der projektiven Transformationen, bei denen die letzte Zeile von HomMat2D die Form $(0, 0, c)$ besitzt.

Für Bilder vom Typ byte oder uint2 kann mittels des Systemparameters *'int_zooming'* (siehe set_system) zwischen schneller Berechnung in Fließkommaarithmetik (*'int_zooming'* = *'true'*) und hochgenauer Berechnung in Fließkommaarithmetik (*'int_zooming'* = *'false'*) gewählt werden. Insbesondere für Interpolation = *'bilinear'* kann es bei der schnellen Fließkommaarithmetik zu leichten Grauwertabweichungen kommen, da der schnellere Algorithmus nur eine geringere Genauigkeit von etwa 10^{-7} mal der Größe des Bildes erreicht. Bei starken Skalierungen ist daher *'int_zooming'* = *'false'* zu empfehlen.

Achtung

Der Transformation liegt das gleiche Koordinatensystem zugrunde, das auch bei dem Operator affine_trans_pixel verwendet wird. Das bedeutet, dass die Transformation nicht mit der Transformationsmatrix HomMat2D, sondern mit einer modifizierte Version davon durchgeführt wird. Eine Transformation mit projective_trans_image entspricht für jeden Punkt (Row_i, Col_i) des Bildes der folgenden Kette von Transformationen (Ein- und Ausgabekoordinaten als homogene Vektoren dargestellt):

$$\begin{pmatrix} RowTrans_i \\ ColTrans_i \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -0.5 \\ 0 & 1 & -0.5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat2D} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & +0.5 \\ 0 & 1 & +0.5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Row_i \\ Col_i \\ 1 \end{pmatrix}$$

Dies kann zu unerwarteten Ergebnissen führen, wenn die Transformationsmatrix unter Verwendung von Koordinaten erstellt wurde, die von dem Bild mit Operatoren wie z.B. area_center_gray abgeleitet wurden. Wenn z.B. ein rotationssymmetrisches Bild unter Verwendung von hom_mat2d_rotate um seinen mit area_center_gray bestimmten Schwerpunkt rotiert wird, so liegt das transformierte Bild nicht auf dem Originalbild. Dieser Effekt kann dadurch kompensiert werden, dass vor dem Aufruf von projective_trans_image die Transformationsmatrix HomMat2D durch die beiden folgenden Translationen modifiziert wird:

```
hom_mat2d_translate(HomMat2D, 0.5, 0.5, HomMat2DTmp)
hom_mat2d_translate_local(HomMat2DTmp, -0.5, -0.5,
HomMat2DAdapted)
projective_trans_image(Image, TransImage, HomMat2DAdapted,
'bilinear', 'false', 'false')
```

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

projective_trans_image kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden, wenn das Eingangsbild die maximale Größe für Bildobjekte des ausgewählten Gerätes nicht überschreitet und der Parameter TransformDomain auf *'false'* gesetzt wird. Das Ergebnis kann dabei geringfügig von dem auf der CPU berechneten abweichen.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **TransImage** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ergebnisbild.
- ▷ **HomMat2D** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Homogene projektive Transformationsmatrix.

▷ **Interpolation** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Interpolationsmethode für die Transformation.
Default: 'bilinear'
Werteliste: Interpolation ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear'}

▷ **AdaptImageSize** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Automatische Größenanpassung für Zielbild.
Default: 'false'
Werteliste: AdaptImageSize ∈ {'true', 'false'}

▷ **TransformDomain** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Soll die Region des Eingabebildes auch transformiert werden?
Default: 'false'
Werteliste: TransformDomain ∈ {'true', 'false'}

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

vector_to_proj_hom_mat2d, hom_vector_to_proj_hom_mat2d, proj_match_points_ransac, proj_match_points_ransac_guided, hom_mat3d_project

Siehe auch

projective_trans_image_size, projective_trans_contour_xld, projective_trans_region, projective_trans_point_2d, projective_trans_pixel

Modul

Foundation

projective_trans_image_size (Image : TransImage : HomMat2D, Interpolation, Width, Height, TransformDomain :)

Berechnen der projektive Transformation eines Bildes bei vorgegebener Zielgröße.

projective_trans_image_size wendet die durch die homogene Transformationsmatrix HomMat2D beschriebene projektive Transformation (Homographie) auf das Eingabebild Image an und speichert das Ergebnis in das Ausgabebild TransImage.

TransImage wird dabei auf die Zielgröße Height×Width beschnitten. Ansonsten entspricht der Operator der Alternative projective_trans_image.

Achtung

Der Transformation liegt das gleiche Koordinatensystem zugrunde, das auch bei dem Operator affine_trans_pixel verwendet wird. Das bedeutet, dass die Transformation nicht mit der Transformationsmatrix HomMat2D, sondern mit einer modifizierte Version davon durchgeführt wird. Eine Transformation mit projective_trans_image_size entspricht für jeden Punkt (Row_i, Col_i) des Bildes der folgenden Kette von Transformationen (Ein- und Ausgabekoordinaten als homogene Vektoren dargestellt):

$$\begin{pmatrix} RowTrans_i \\ ColTrans_i \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -0.5 \\ 0 & 1 & -0.5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat2D} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & +0.5 \\ 0 & 1 & +0.5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Row_i \\ Col_i \\ 1 \end{pmatrix}$$

Dies kann zu unerwarteten Ergebnissen führen, wenn die Transformationsmatrix unter Verwendung von Koordinaten erstellt wurde, die von dem Bild mit Operatoren wie z.B. area_center_gray abgeleitet wurden. Wenn z.B. ein rotationssymmetrisches Bild unter Verwendung von hom_mat2d_rotate um

seinen mit area_center_gray bestimmten Schwerpunkt rotiert wird, so liegt das transformierte Bild nicht auf dem Originalbild. Dieser Effekt kann dadurch kompensiert werden, dass vor dem Aufruf von projective_trans_image_size die Transformationsmatrix HomMat2D durch die beiden folgenden Translationen modifiziert wird:

```
hom_mat2d_translate(HomMat2D, 0.5, 0.5, HomMat2DTmp)
hom_mat2d_translate_local(HomMat2DTmp, -0.5, -0.5,
HomMat2DAdapted)
projective_trans_image_size(Image, TransImage, HomMat2DAdapted,
'bilinear', Width, Height, 'false')
```

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

projective_trans_image_size kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden, wenn das Eingangsbild die maximale Größe für Bildobjekte des ausgewählten Gerätes nicht überschreitet und der Parameter TransformDomain auf *'false'* gesetzt wird. Das Ergebnis kann dabei geringfügig von dem auf der CPU berechneten abweichen.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **TransImage** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ergebnisbild.
- ▷ **HomMat2D** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Homogene projektive Transformationsmatrix.
- ▷ **Interpolation** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Interpolationsmethode für die Transformation.
  Default: 'bilinear'
  Werteliste: Interpolation ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear'}
- ▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite des Ausgabebildes.
- ▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe des Ausgabebildes.
- ▷ **TransformDomain** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Soll die Region des Eingabebildes auch transformiert werden?
  Default: 'false'
  Werteliste: TransformDomain ∈ {'true', 'false'}

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

vector_to_proj_hom_mat2d, hom_vector_to_proj_hom_mat2d, proj_match_points_ransac, proj_match_points_ransac_guided, hom_mat3d_project

Siehe auch

projective_trans_image, projective_trans_contour_xld, projective_trans_region, projective_trans_point_2d, projective_trans_pixel

Modul

Foundation

rotate_image (Image : ImageRotate : Phi, Interpolation :)

Rotieren von Bildern um das Zentrum.

rotate_image dreht das Bild Image gegen den Uhrzeigersinn um Phi Grad um den Bildmittelpunkt und gibt das Ergebnis im Ausgabebild ImageRotate zurück. Das Ausgabebild hat die gleiche Größe wie das Eingabebild. Die einzigen Ausnahmen sind Drehungen um 90 und 270 Grad, wo Breite und Höhe vertauscht werden. Der Definitionsbereich des Eingabebildes wird ignoriert, d.h., als das volle Rechteck des Bildes angenommen. Der Definitionsbereich des Ausgabebildes entspricht der Überschneidung des transformierten Rechtecks und des Rechtecks des Ausgabebildes.

Falls Phi ein Vielfaches von 90 Grad ist, ist dieser Operator viel schneller als der allgemeine Operator affine_trans_image. Der Parameter Interpolation entspricht der Wirkung bei affine_trans_image. Bei Rotationen um 90, 180 und 270 Grad wird der Parameter ignoriert. Wenn es erforderlich ist, den Definitionsbereich ebenfalls mit zu rotieren, muss der Operator projective_trans_image genutzt werden.

Für Bilder vom Typ byte, int2 oder uint2 kann mittels des Systemparameters *'int_zooming'* (siehe set_system) zwischen schneller Berechnung in Festkommaarithmetik (*'int_zooming' = 'true'*) und hochgenauer Berechnung in Fließkommaarithmetik (*'int_zooming' = 'false'*) gewählt werden. Mit Ausnahme der Rotationen um 90, 180 oder 270 Grad kann es bei der Festkommaberechnung zu leichten Grauwertabweichungen kommen. Auch die Domäne der Ergebnisbilder kann sich in diesem Fall leicht unterscheiden.

Achtung

Der Definitionsbereich des Eingabebildes wird ignoriert, d.h., als das volle Rechteck des Bildes angenommen. Der Definitionsbereich des Ausgabebildes entspricht der Überschneidung des transformierten Rechtecks und des Rechtecks des Ausgabebildes. Der Winkel Phi wird in Grad und nicht im Bogenmaß angegeben. rotate_image wird für Rotationen um 90, 180 und 270 Grad nicht intern parallelisiert!

rotate_image kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden, wenn das Eingangsbild die maximale Größe für Bildobjekte des ausgewählten Gerätes nicht überschreitet. Aus numerischen Gründen kann es dabei zu geringfügigen Abweichungen des Ergebnisses gegenüber der Ausführung auf der CPU kommen.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **ImageRotate** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Rotiertes Ausgabebild.
- ▷ **Phi** (input_control) ..... angle.deg ⇝ *real* / integer
  Rotationswinkel.
  Default: 90
  Wertevorschläge: Phi ∈ {90, 180, 270}
  Wertebereich: 0 ≤ Phi ≤ 360
  Minimale Schrittweite: 0.001
  Empfohlene Schrittweite: 0.2
- ▷ **Interpolation** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der Interpolation.
  Default: 'constant'
  Werteliste: Interpolation ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic', 'constant', 'weighted'}

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
dev_display (Image)
rotate_image(Image,RotImage,270,'constant')
dev_display (RotImage)
```

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

hom_mat2d_rotate, affine_trans_image

Siehe auch

mirror_image

Modul

Foundation

zoom_image_factor (Image : ImageZoomed : ScaleWidth, ScaleHeight, Interpolation :)

Skalieren von Bildern um einen Vergrößerungsfaktor.

zoom_image_factor vergrößert das Bild Image um einen Faktor ScaleWidth in der Breite und einen Faktor ScaleHeight in der Höhe. Der Parameter Interpolation gibt dabei die Art der verwendeten Interpolationsmethode an (siehe affine_trans_image). Die Domäne des Eingabebildes wird ignoriert, d.h. es wird die volle Domäne des Bildrechtecks angenommen.

Achtung

Falls der Systemparameter *'int_zooming'* auf *'true'* gesetzt ist, kann die intern verwendete Integer-Arithmetik in den folgenden drei Fällen zu Fehlern führen: Zum einen kann das Ergebnisbild leicht fehlerhafte Grauwerte enthalten, wenn zoom_image_factor auf ein uint2 oder int2 Bild mit hohem Dynamikbereich (das heißt, Bilder mit Werten nahe an den Grenzen der entsprechenden Typen) angewendet wird und gleichzeitig Skalierungsfaktoren kleiner als 0.5 verwendet werden. Zum zweiten können undefinierte Grauwerte am unteren und am rechten Bildrand entstehen, wenn für Interpolation ein anderer Wert als *'nearest_neighbor'* gewählt wird, ein großer Skalierungsfaktor angewendet wird und außerdem ein großes Ergebnisbild entsteht. Die maximale Breite B_{max} dieses Randes mit undefinierten Grauwerten kann mit der Formel $B_{max} = 0.5 \cdot S \cdot I / 2^{15}$ abgeschätzt werden, wobei S den Skalierungsfaktor in einer Dimension und I die Größe des Ausgabebildes in der entsprechenden Dimension darstellt. Zum dritten können undefinierte Grauwerte an allen Bildrändern entstehen, wenn für Interpolation *'nearest_neighbor'* gewählt wird, es sich um ein Real-Bild handelt, und wenn sowohl Eingabe- als auch Ergebnisbild groß sind. In allen Fällen wird empfohlen, den Systemparameter *'int_zooming'* mittels set_system auf *'false'* zu setzen.

Wird *'nearest_neighbor'* als Interpolationsmethode gesetzt, können die Ergebnisse für verschiedene Bildtypen leicht voneinander abweichen. Grund dafür sind Bildtyp-spezifische Optimierungen des Interpolationsverfahrens.

zoom_image_factor wird für ScaleWidth = 0.5 und ScaleHeight = 0.5 nicht intern parallelisiert. Außerdem erfolgt keine interne Parallelisierung für Interpolation=*'nearest_neighbor'*.

zoom_image_factor kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden, wenn das Eingangsbild die maximale Größe für Bildobjekte des ausgewählten Gerätes nicht überschreitet. Aus numerischen Gründen kann es dabei zu geringfügigen Abweichungen des Ergebnisses gegenüber der Ausführung auf der CPU kommen.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
Eingabebild.

▷ **ImageZoomed** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
Skaliertes Ausgabebild.

▷ **ScaleWidth** (input_control) ..... extent.x ⇝ *real*
Faktor für Breite des Zielbildes.
Default: 0.5
Wertevorschläge: ScaleWidth ∈ {0.25, 0.5, 1.5, 2.0}
Wertebereich: 0.001 ≤ ScaleWidth ≤ 10.0
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **ScaleHeight** (input_control) ..... extent.y ⇝ *real*
Faktor für Höhe des Zielbildes.
Default: 0.5
Wertevorschläge: ScaleHeight ∈ {0.25, 0.5, 1.5, 2.0}
Wertebereich: 0.001 ≤ ScaleHeight ≤ 10.0
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **Interpolation** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art der Interpolation.
Default: 'constant'
Werteliste: Interpolation ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic', 'constant', 'weighted'}

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
dev_display (Image)
zoom_image_factor (Image, ZoomImage, 0.25, 0.25, 'constant')
dev_display (ZoomImage)
```

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

zoom_image_size, affine_trans_image, hom_mat2d_scale

Siehe auch

hom_mat2d_scale, affine_trans_image

Modul

Foundation

zoom_image_size (Image : ImageZoom : Width, Height,
Interpolation :)

Skalieren von Bildern auf eine vorgegebene Größe.

zoom_image_size vergrößert das Bild Image auf die durch Width und Height vorgegebene Größe. Der Parameter Interpolation gibt dabei die Art der verwendeten Interpolationsmethode an (siehe affine_trans_image). Die Domäne des Eingabebildes wird ignoriert, d.h. es wird die volle Domäne des Bildrechtecks angenommen.

Achtung

Falls der Systemparameter *'int_zooming'* auf *'true'* gesetzt ist, kann die intern verwendete Integer-Arithmetik in den folgenden drei Fällen zu Fehlern führen: Zum einen kann das Ergebnisbild leicht fehlerhafte Grauwerte enthalten, wenn zoom_image_size auf ein uint2 oder int2 Bild mit hohem Dynamikbereich (das heißt, Bilder mit Werten nahe an den Grenzen der entsprechenden Typen) angewendet wird und gleichzeitig Skalierungsfaktoren (Verhältnis von Ausgabe- zu Eingabebildgröße) kleiner als 0.5 verwendet werden. Zum zweiten können undefinierte Grauwerte am unteren und am rechten Bildrand entstehen, wenn für Interpolation ein anderer Wert als *'nearest_neighbor'* gewählt wird, ein großer Skalierungsfaktor angewendet wird und außerdem ein großes Ergebnisbild entsteht. Die maximale Breite B_{max} dieses Randes mit undefinierten Grauwerten kann mit der Formel $B_{max} = 0.5 \cdot S \cdot I/2^{15}$ abgeschätzt werden, wobei S den Skalierungsfaktor in einer Dimension und I die Größe des Ausgabebildes in der entsprechenden Dimension darstellt. Zum dritten können undefinierte Grauwerte an

allen Bildrändern entstehen, wenn für Interpolation *'nearest_neighbor'* gewählt wird, es sich um ein Real-Bild handelt, und wenn sowohl Eingabe- als auch Ergebnisbild groß sind. In allen Fällen wird empfohlen, den Systemparameter *'int_zooming'* mittels set_system auf *'false'* zu setzen.

Wird *'nearest_neighbor'* als Interpolationsmethode gesetzt, können die Ergebnisse für verschiedene Bildtypen leicht voneinander abweichen. Grund dafür sind Bildtyp-spezifische Optimierungen des Interpolationsverfahrens.

zoom_image_size wird nicht intern parallelisiert, wenn Width und Height den halben Dimensionen von Image entsprechen. Außerdem erfolgt keine interne Parallelisierung für Interpolation=*'nearest_neighbor'*.

zoom_image_size kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden, wenn das Eingangsbild die maximale Größe für Bildobjekte des ausgewählten Gerätes nicht überschreitet. Aus numerischen Gründen kann es dabei zu geringfügigen Abweichungen des Ergebnisses gegenüber der Ausführung auf der CPU kommen.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Eingabebild
- ▷ **ImageZoom** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Skaliertes Ausgabebild.
- ▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite des Zielbildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: Width ∈ {128, 256, 512}
  Wertebereich: 2 ≤ Width ≤ 512
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- ▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe des Zielbildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: Height ∈ {128, 256, 512}
  Wertebereich: 2 ≤ Height ≤ 512
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- ▷ **Interpolation** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der Interpolation.
  Default: 'constant'
  Werteliste: Interpolation ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic', 'constant', 'weighted'}

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
dev_display (Image)
zoom_image_size(Image,ZoomImage,200,200,'constant')
dev_display (ZoomImage)
```

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

zoom_image_factor, affine_trans_image, hom_mat2d_scale

Siehe auch

hom_mat2d_scale, affine_trans_image

Modul

Foundation

11.6 Glättung

Dieses Kapitel beschreibt Operatoren für Glättungsfilter. Für weitere Informationen über Filter und deren Anwendung verweisen wir auf die Einleitung zum Kapitel Filter.

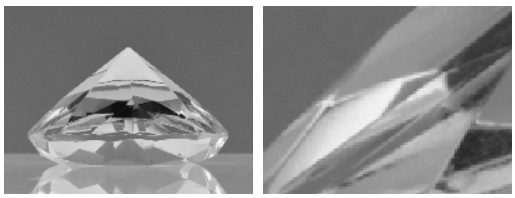
Allgemeine Informationen über Glättungsfilter

Glättungsfilter sind Filter zur Unterdrückung des Rauschens eines Bildes. Zu diesem Zweck wird angenommen, dass im ungestörten oder richtigen Bild der Grauwert eines jeden Punktes sich nicht komplett von seiner Umgebung abhebt, im Idealfall gar nur wenig variiert. Dann kann es hilfreich sein, den gemessenen Wert durch eine Abschätzung anhand benachbarter Datenpunkte zu ersetzen. Eine solche Abschätzung kann auf verschiedene Arten erhalten werden. HALCON stellt daher verschiedene Glättungsfilter zur Verfügung.

Die verschiedenen Operatoren sind für verschiedene Arten von Rauschen geeignet und unterscheiden sich auch bezüglich ihrer Geschwindigkeit. Informationen zur Komplexität (wie die Skalierung) ist, wenn zur Verfügung stehend, in der spezifischen Operator-Referenz zu finden. Während die meisten Operatoren ein einzelnes Bild behandeln, gibt es auch solche, die ein Bild in Abhängigkeit eines anderen Bildes bearbeiten (z.B. Mehrkanalfilter wie `mean_n` und `rank_n` oder kantenerhaltende Filter wie `guided_filter` und `bilateral_filter`, welche ein Führungsbild benutzen können). Es sei erwähnt, dass manche Filter beide Möglichkeiten haben und weitere Information jeweils in der spezifischen Operator-Referenz steht.

Glättungsfilter für ein Einzelbild mit zufälligem Rauschen

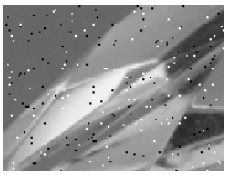
Diese Glättungsfilter wenden ihre Glättungsfunktion auf jedem Kanal des Eingabebildes separat an und geben ein geglättetes Bild mit gleicher Anzahl Kanäle zurück. In der folgenden Tabelle listen wir verschiedene, implementierte Glättungsfilter und wenden diese auf drei verschiedene Arten zufälligen Rauschens an. Die gezeigten Bilder geben bloß einen Hinweis auf die Möglichkeiten des Operators für das gegebene Rauschen. Das geglättete Bild ist stark von den verwendeten Parametern und dem Bild abhängig. Zum Vergleich zeigen wir die verschiedenen verrauschten Bilder ungefiltert in der ersten Zeile der Tabelle. Das rauschfreie Bild ist in der folgenden Abbildung zu sehen ((1) das ganze Bild sowie (2) der Bildausschnitt, der für eine deutlichere Visualisierung möglicher Effekte auf Kanten oder Überbleibsel des Salt & Pepper Rauschens verwendet wird).



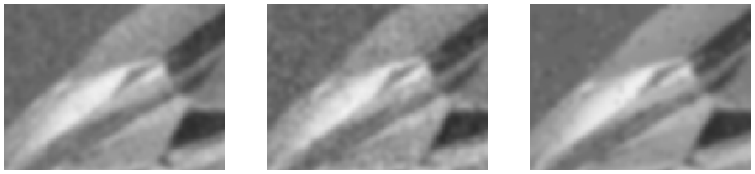
(1) (2)

(1) Rauschfreies Bild, (2) gewählter Bildausschnitt zur besseren Visualisierung der Filtereigenschaften

Zusätzlich markiert sind Filter, die speziell in Bezug auf Geschwindigkeit (G), Erhaltung von Kanten (E) oder einen Kompromiss (K) zwischen den beiden entworfen wurden. Die Zahlen in Klammern verweisen auf weitere Informationen am Ende der Tabelle.

Weißes Rauschen	Gauß'sches Rauschen	Salt & Pepper Rauschen	Zeitdauer[1]	Alternativen
Verrauschtes Bild				
				

binomial_filter(G)



1|2

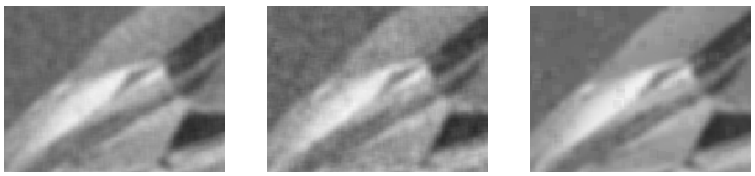
gauss_filter, smooth_image, derivate_gauss, isotropic_diffusion

smooth_image

2 | 9

binomial_filter, gauss_filter, mean_image, derivate_gauss, isotropic_diffusion

mean_image(G)



1 | 1

binomial_filter, gauss_filter, smooth_image, mean_image_shape

anisotropic_diffusion(E)[2]

805|2568

bilateral_filter, guided_filter

guided_filter(E)[2,3]

13 | 62

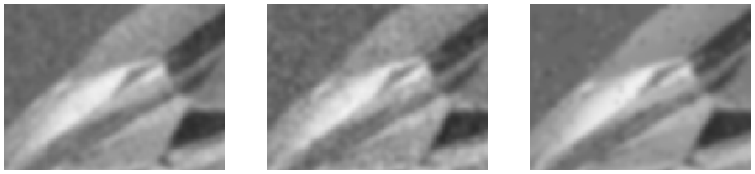
bilateral_filter, anisotropic_diffusion, median_image

bilateral_filter(E)[3]

16 | 54

guided_filter, anisotropic_diffusion, median_image

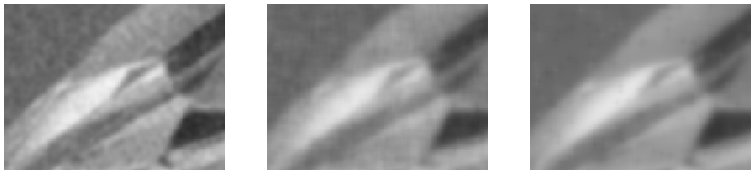
gauss_filter



1 | 4

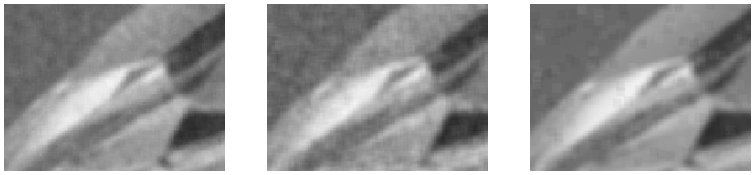
binomial_filter, smooth_image, derivate_gauss, isotropic_diffusion

isotropic_diffusion(E)[2]



11 | 51

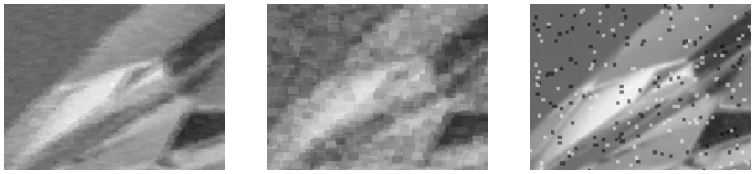
sigma_image



10 | 33

anisotropic_diffusion, rank_image

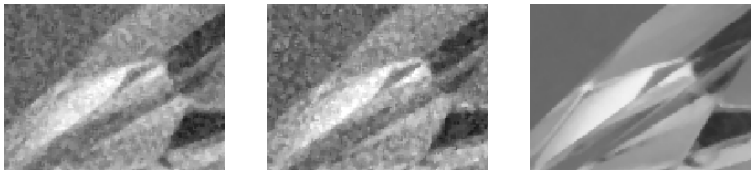
midrange_image



3 | 11

sigma_image

median_image(E)



3 | 4

median_rect, rank_image, rank_rect

median_rect(K)

2 | 3

median_image, rank_rect, rank_image

median_separate(K)

7 | 24 median_image

median_weighted

14 | 47 median_image, trimmed_mean, sigma_image

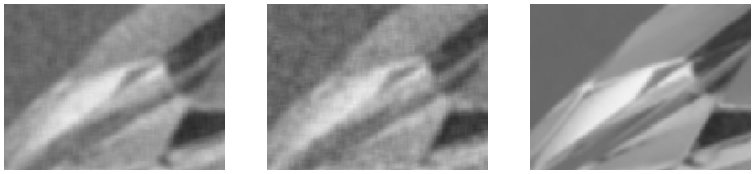
rank_rect(E)

2 | 8 rank_image, median_rect, median_image

rank_image(E)

3 | 15 rank_rect, median_image, median_rect

mean_sp

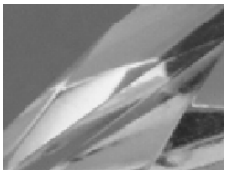


4 | 9 mean_image, median_image, median_separate, eliminate_min_max

eliminate_min_max

11 | 42

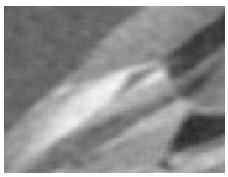
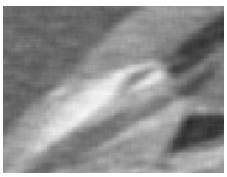
eliminate_sp



1 | 10

mean_sp, mean_image, median_image, eliminate_min_max

trimmed_mean

7 | 29

sigma_image, median_weighted, median_image

Anmerkungen zu den Zahlen in den eckigen Klammern in der obigen Tabelle:

1. Die Zahlen in der Spalte 'Zeitdauer' geben Hinweise zur Laufzeit, welche der Operator für die Bildverarbeitung benötigt. Die Zeitangaben sind in willkürlichen Einheiten. Erhalten wurden sie durch Mittlung über mehrere Glättungen der unterschiedlich verrauschten Bilder. Die Laufzeit des Operators hängt von vielen Faktoren ab, nicht zuletzt von den Parametern oder der Bildgröße. Für jeden Filter steht die erste Zahl für ein Bild der Größe 800x600, die Zweite für ein Bild der Größe 1497x1160. Die gezeigten Bilder sind Ausschnitte des geglätteten kleineren Bildes mit uns vernünftig erscheinenden Parameterwerten (dabei führen die verwendeten Parameter weder notwendigerweise zu den besten Resultaten noch zur schnellsten Laufzeit). Selbst wenn zwei Filter den selben Parameternamen als Eingabegröße verwenden, haben wir nicht notwendigerweise die selben Werte verwendet. Die Zeitangaben dienen also eher zur groben Orientierung.
2. Dieser Operator kann iterativ verwendet werden.
3. Dieser Operator verwendet ein Führungsbild (welches auch das Bild Image selbst sein kann).

Glättungsfilter für ein Einzelbild mit systematischem Rauschen

Videobilder, die aus zwei Halbbildern zusammengesetzt sind, können systematische Fehler enthalten. In solchen Fällen kann der Operator fill_interlace helfen.

Operatoren zur Glättung über mehrere Kanäle

Diese Glättungsfilter nehmen als Eingabe ein Bild mehrerer Kanäle und geben ein Bild mit nur einem Kanal (Graubild) zurück. In HALCON sind folgende Filter dieser Gruppe implementiert:

- mean_n
- rank_n

Weitere Operatoren

Mit den Glättungsfiltern verbunden ist der folgende Operator: info_smooth, welcher Informationen zum Operator smooth_image zurück gibt.

Glossar

Im Folgenden werden die wichtigsten Begriffe, die im Umfeld von Glättungsfiltern verwendet werden, beschrieben:

Glättung Glättung bezeichnet das Anwenden einer Filterfunktion auf ein gegebenes Bild, um die wichtigsten Datenmuster zu erfassen und gleichzeitig das Rauschen zu unterdrücken.

Zufälliges Rauschen Als zufälliges Rauschen verstehen wir stationäre Änderungen der Helligkeits- oder Farbinformation der Pixel um einen zufälligen Wert, wobei ein Mittelwert von 0 über das ganze Bild angenommen wird.

Systematisches Rauschen Systematisches Rauschen ist berechenbares Rauschen, verursacht z.B. durch den spezifischen Aufbau zur Bildgewinnung.

anisotropic_diffusion (Image : ImageAniso : Mode, Contrast, Theta, Iterations :)

Anisotrope Glättung eines Bildes.

Der Operator anisotropic_diffusion führt eine anisotrope Diffusion des Eingabebildes Image nach dem Modell von Perona und Malik durch. Dieser Vorgang wird auch als nichtlinear isotrope Diffusion bezeichnet. Ordnet man dem Bild eine Grauwertfunktion u zu, so ist der Algorithmus eine Diskretisierung der partiellen Differentialgleichung

$$u_t = div(g(|\nabla u|^2, c)\nabla u)$$

mit dem durch Image definierten Anfangswert $u = u_0$ zu einem Zeitpunkt t_0. Die Gleichung wird dabei Iterations mal in Zeitschritten der Länge Theta iteriert, so dass das Ausgabebild ImageAniso die Grauwertfunktion zum Zeitpunkt $t_0 + \texttt{Iterations} \cdot \texttt{Theta}$ zeigt.

Ziel der anisotropen Diffusion ist es, in flächigen Bildbereichen Bildstörungen wie Rauschen zu eliminieren, ohne dabei Bildkanten zu verwischen. Die Unterscheidung zwischen Kanten und Flächen wird durch den Schwellenwert Contrast für die Größe der Grauwertdifferenz zwischen benachbarten Pixeln getroffen. Contrast wird auch als Kontrastparameter bezeichnet und mit c abgekürzt.

Der variable Diffusionskoeffizient g kann dabei verschiedenen monoton fallenden Funktionen mit Werten zwischen *0* und *1* folgen und bestimmt das Antwortverhalten des Diffusionsvorganges auf eine Kante. Über den Parameter Mode stehen die folgenden Funktionen zur Verfügung:

$$g_1(x, c) = \frac{1}{\sqrt{1 + 2\frac{x}{c^2}}}$$

Die Wahl der Funktion g_1, wenn Mode auf *'parabolic'* gesetzt wird, garantiert, dass die zugehörige Differentialgleichung parabolisch ist, so dass eine Wohlgestelltheitstheorie für das Problem existiert und das Verfahren für beliebige Schrittweiten Theta stabil ist. In diesem Falle bleibt es aber bei einer leichten Diffusion auch über Kanten hinweg, deren Stärke c übersteigt.

$$g_2(x, c) = \frac{1}{1 + \frac{x}{c^2}}$$

Die in der Veröffentlichung von Perona und Malik verwendete Funktion bei Wahl von *'perona-malik'* für Mode besitzt nicht die theoretischen Eigenschaften von g_1, hat sich in der Praxis aber dennoch als ausreichend stabil erwiesen. Die theoretische Instabilität zeigt sich in einer leichten Schärfung von starken Kanten.

$$g_3(x, c) = 1 - \exp(-C\frac{c^8}{x^4})$$

Die von Weickert vorgeschlagene Wahl g_3 bei Mode=*'weickert'* mit der Konstanten $C = 3.31488$ ist eine Steigerung von g_2 im Bezug auf die Kantenschärfe. Der Übergang zwischen Glättung und Schärfung erfolgt hier sehr abrupt an der Stelle $x = c^2$.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Eingabebild.

▷ **ImageAniso** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Ausgabebild.

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Diffusionskoeffizient als Funktion der Kantenstärke.
Default: 'weickert'
Werteliste: `Mode` ∈ {'weickert', 'perona-malik', 'parabolic'}

▷ **Contrast** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Kontrastparameter.
Default: 5.0
Wertevorschläge: `Contrast` ∈ {2.0, 5.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0}
Restriktion: Contrast > 0

▷ **Theta** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Zeitschritt.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Theta` ∈ {0.5, 1.0, 3.0}
Restriktion: Theta > 0

▷ **Iterations** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl Iterationen.
Default: 10
Wertevorschläge: `Iterations` ∈ {1, 3, 10, 100, 500}
Restriktion: Iterations >= 1

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Alternativen

`bilateral_filter`, `guided_filter`

Literatur

J. Weickert; „'Anisotropic Diffusion in Image Processing'; PhD Thesis; Fachbereich Mathematik, Universität Kaiserslautern; 1996.

P. Perona, J. Malik; „Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion"; Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 12(7), pp. 629-639; IEEE; 1990.

G. Aubert, P. Kornprobst; „Mathematical Problems in Image Processing"; Applied Mathematical Sciences 147; Springer, New York; 2002.

Modul

Foundation

bilateral_filter (Image, ImageJoint : ImageBilateral : SigmaSpatial, SigmaRange, GenParamName, GenParamValue :)

Bilaterale Filterung eines Bildes.

`bilateral_filter` führt eine gemeinsame bilaterale Filterung des Eingabebildes `Image` und des Führungsbildes `ImageJoint` durch und liefert das Ergebnis in `ImageBilateral` zurück. `Image` und `ImageJoint` müssen dieselbe Größe haben und vom gleichen Typ sein.

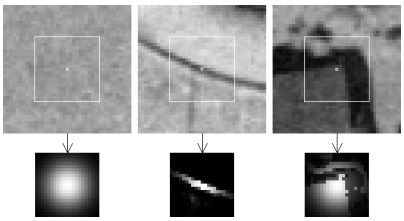
`SigmaSpatial` definiert die Größe der Filtermaske und korrespondiert mit der Standardabweichung eines gewöhnlichen Gaussfilters. Größere Werte erhöhen den Einflussbereich des Filters und führen dazu, dass weniger Details erhalten bleiben.

SigmaRange wird verwendet, um die Filtermaske abhängig vom Inhalt von ImageJoint um das aktuelle Pixel zu verändern. Nur Pixel in Bereichen mit schwachen Kanten, die einen niedrigeren Kontrast als SigmaRange haben, beeinflussen die Glättung. Es ist zu beachten, dass der Kontrast in uint2- oder real-Bildern deutlich vom Defaultwert von SigmaRange abweichen kann und der Parameter daher gesondert eingestellt werden muss.

GenParamName und GenParamValue können zurzeit verwendet werden, um den Trade-off zwischen Geschwindigkeit und Genauigkeit zu steuern (siehe unten).

Einfluss des Führungsbildes

Jedes Pixel von Image wird mit einer Filtermaske, die von ImageJoint abhängt, gefiltert. Die Filtermaske kombiniert eine Gauss'sche Nähefunktion, die von SigmaSpatial abhängt, und eine Gauss'sche Ähnlichkeitsfunktion, die Grauwertunterschiede abhängig von SigmaRange gewichtet.



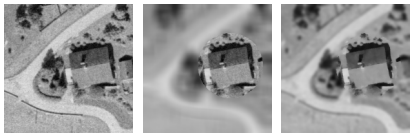
Beispiele von lokalen Filtermasken abhängig von ImageJoint: Links: In homogenen Bereichen entspricht die Filtermaske einer Gaußglocke. Mitte: Die Filtermaske passt sich der Linie an. Das heißt, nur dunkle Pixel werden geglättet, die Kanten bleiben erhalten. Rechts: Die Filtermaske ähnelt der Ecke. Man beachte, dass sie über den Schatten in Bereiche mit ähnlichen Grauwerten hineinragt.

Sind Image und ImageJoint identisch, verhält sich bilateral_filter wie ein kantenerhaltender Glättungsfilter, dessen Maskengröße von SigmaSpatial bestimmt wird. Pixel an Kanten mit einem Kontrast, der deutlich über SigmaRange liegt, werden erhalten, während Pixel in homogenen Bereichen geglättet werden.

(1) (2) (3)

(1) Image und (2) ImageJoint sind identisch. Das führt zu kantenerhaltender Glättung in (3) ImageBilateral.

Sind Image und ImageJoint verschieden, wird jeder Pixel von Image mit einer Filtermaske geglättet, die von ImageJoint beeinflusst wird. Pixel und Positionen, wo ImageJoint starke Kanten aufweist, deren Kontrast deutlich über SigmaRange liegt, werden weniger geglättet als Pixel in homogenen Bereichen.



(1) (2) (3)

(1) Image und (2) ImageJoint sind verschieden. Nur Kanten in Bereichen, wo ImageJoint Kanten hat, bleiben in (3) ImageBilateral erhalten.

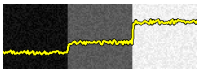
Ist ImageJoint konstant, verhält sich bilateral_filter äquivalent zu einer Gauss-Glättung mit SigmaSpatial (siehe gauss_filter oder smooth_image).

(1) (2) (3)

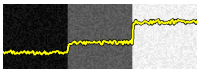
(2) ImageJoint ist konstant. Das entspricht einer Gauss-Glättung von (1) Image. (3) ImageBilateral.

Einfluss der Glättungsparameter

Die folgenden Beispiele zeigen den Einfluss von SigmaRange auf einem künstlichen Bild. In diesem Bild liegt das Rauschlevel bei 10 Grauwerten, die linke Kante hat einen Kontrast von 50 Grauwerten, die rechte Kante hat einen Kontrast von 100 Grauwerten. Die gelbe Linie zeigt das Grauwertprofil eines horizontalen Querschnitts.



Originalbild mit überlagertem Grauwertprofil. Das Bild wird sowohl für Image als auch für ImageJoint verwendet.



Filterergebnis mit SigmaRange = 1: Kein Effekt, da SigmaRange unter dem Rauschlevel liegt. Daher wird das Rauschen als Kante behandelt und erhalten.

Filterergebnis mit SigmaRange = 25: Das Rauschen wird geglättet, die Kanten bleiben erhalten.

Filterergebnis mit SigmaRange = 50: Die schwächere Kante wird geglättet, die stärkere Kante bleibt erhalten.

Filterergebnis mit SigmaRange = 100: Beide Kanten werden geglättet.

Generische Parameter

Die folgenden Werte für GenParamName werden unterstützt:

'sampling_method' Per Default verwendet `bilateral_filter` einen Näherungsalgorithmus, der nur eine Teilmenge von abgetasteten Punkten für die Berechnung der lokalen Filtermasken verwendet.

Mit *'sampling_method'* kann die verwendete Abtastmethode ausgewählt werden. Mögliche Werte sind:

'grid' **(Default)** Verwendet ein reguläres Gitter zur Abtastung der Filtermasken.

'poisson_disk' Verwendet eine Poisson-Disk-Abtastung. Diese Methode ist langsamer als *'grid'*, möglicherweise liefert sie aber weniger Artefakte.

'exact' Verwendet alle verfügbaren Punkte. Diese Methode ist die genaueste, aber auch die langsamste. Falls *'exact'* verwendet wird, wird *'sampling_ratio'* ignoriert.

'sampling_ratio' Steuert, wie viele Punkte für die Abtastung verwendet werden.

Durch Setzen von *'sampling_ratio'* auf *1.0* wird die exakte Methode verwendet. Eine niedrigere Abtastrate führt zu einer schnelleren Filterung, aber auch zu etwas ungenaueren Ergebnissen.

Empfohlene Werte: 0.25, 0.5, 0.75, 1.0

Default: 0.50

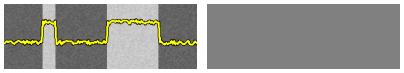
Rolling-Bilateral-Filter

`bilateral_filter` kann iterativ aufgerufen werden. In dem Fall wird das Ergebnis einer Iteration als Führungsbild der nächsten Iteration verwendet. Das kann nützlich sein, z.B. um kleine Strukturen aus dem Originalbild zu entfernen, auch wenn sie einen hohen Kontrast haben.

Das folgende Beispiel zeigt den Effekt des Rolling-Filters anhand eines künstlichen Beispielbildes. In diesem Bild liegt das Rauschlevel bei 10 Grauwerten, der Kontrast zwischen dunklen und hellen Bereichen beträgt 100 Grauwerte. Der linke helle Streifen ist 10 Pixel breit, der rechte Streifen 40 Pixel. Die gelbe Linie zeigt das Grauwertprofil eines horizontalen Querschnitts.

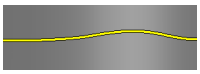
Verwendete Parameter: ImageJoint konstant, SigmaSpatial = 25, SigmaRange = 15.

```
* Verwenden des Rolling-Bilateral-Filter
* (verwende ein konstantes Führungsbild für die erste Iteration).
gen_image_proto(Image, ImageJoint, 128)
for I := 1 to 6 by 1
   bilateral_filter(Image, ImageJoint, ImageJoint, 25, 15, [], [])
endfor
```



(1) (2)

(1) Eingabebild `Image` und (2) `ImageJoint` für die erste Iteration des Rolling-Filters.



Ergebnis nach der ersten Iteration: Der schmalere Streifen ist verschwunden.

Ergebnis nach der dritten Iteration: Die Kanten des rechten Streifens sind teilweise wiederhergestellt.

Ergebnis nach der sechsten Iteration: Die Kanten des rechten Streifens sind komplett wiederhergestellt.

Mathematischer Hintergrund

Die Berechnung der gefilterten Grauwerte I'_i beruht auf folgender Formel:

$$I'_i = \frac{1}{K_i} \sum_{k \in \omega_i} c_{ik} \cdot s_{ik} \cdot I_k$$

Dabei ist c_{ik} die Nähefunktion (closeness function)

$$c_{ik} = exp\left(\frac{-\|i-k\|^2}{2 \cdot SigmaSpatial^2}\right)$$

und s_{ik} die Ähnlichkeitsfunktion (similarity function)

$$s_{ik} = exp\left(\frac{-(J_i - J_k)^2}{2 \cdot SigmaRange^2}\right).$$

K_i ist ein Normalisierungsfaktor

$$K_i = \sum_{k \in \omega_i} c_{ik} \cdot s_{ik}.$$

I'_i, I_i und J_i sind die Grauwerte von `ImageBilateral`, `Image` und `ImageJoint` an der Pixelposition i. ω_i ist die Umgebung um den Pixel i.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Zu filterndes Bild.
- ▷ **ImageJoint** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Führungsbild.
- ▷ **ImageBilateral** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Gefiltertes Ausgabebild.
- ▷ **SigmaSpatial** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Größe der Gaußglocke der Nähefunktion.
  Default: 3.0
  Wertevorschläge: `SigmaSpatial` ∈ {1.0, 2.0, 3.0, 10.0}
  Restriktion: SigmaSpatial > 0.6
- ▷ **SigmaRange** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Größe der Gaußglocke der Ähnlichkeitsfunktion.
  Default: 20.0
  Wertevorschläge: `SigmaRange` ∈ {3.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0}
  Restriktion: SigmaRange > 0.0001
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'sampling_ratio', 'sampling_method'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Werte der generischen Parameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'grid', 'poisson_disk', 'exact', 0.5, 0.25, 0.75, 1.0}

Beispiel

```
read_image (Image, 'mreut')
* Edge-preserving smoothing
bilateral_filter (Image, Image, ImageBilateral, 5, 20, [], [])
* Rolling filter (5 iterations)
gen_image_proto (Image, ImageJoint, 0)
for I := 1 to 5 by 1
  bilateral_filter (Image, ImageJoint, ImageJoint, 5, 20, [], [])
endfor
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`read_image`

Nachfolger

`threshold`, `dyn_threshold`, `var_threshold`, `regiongrowing`

Alternativen

`guided_filter`, `anisotropic_diffusion`, `median_image`

Literatur

C. Tomasi, R. Manduchi: "Bilateral filtering for gray and color images"; Sixth International Conference in Computer Vision; S. 839-846; January 1998.

F. Banterle, M. Corsini, P. Cignoni, R. Scopigno: "A Low-Memory, Straightforward and Fast Bilateral Filter Through Subsampling in Spatial Domain"; Computer Graphics Forum, no. 1, vol 31; S. 19-23; February 2012.

G. Petschnigg, R. Szeliski, M. Agrawala, M. Cohen, H. Hoppe, K. Toyama: “Digital Photography with Flash and No-flash Image Pairs“; ACM Trans., no. 3, vol. 23; S. 9; August 2004.

R. Bridson: “Fast Poisson Disk Sampling in Arbitrary Dimensions“; ACM SIGGRAPH 2007 Sketches, no. 22; 2007.

Modul

Foundation

binomial_filter (Image : ImageBinomial : MaskWidth, MaskHeight :)

Glättung eines Bildes mit dem Binomialfilter.

binomial_filter glättet das Bild Image mit einem Binomialfilter mit einer Maskengröße von MaskWidth × MaskHeight Pixeln und liefert das geglättete Bild in ImageBinomial zurück. Der Binomialfilter ist eine sehr gute Annäherung eines Gaußfilters, die extrem effizient mit ganzzahligen Operationen berechnet werden kann. Daher ist binomial_filter sehr schnell. Sei $m =$ MaskHeight und $n =$ MaskWidth. Dann sind die Filterkoeffizienten b_{ij} durch Binomialkoeffizienten

$$\binom{l}{k} = \frac{l!}{k!(l-k)!}$$

wie folgt gegeben:

$$b_{ij} = \frac{1}{2^{n+m-2}} \binom{m-1}{i} \binom{n-1}{j}$$

Hierbei ist $i = 0, \ldots, m-1$ und $j = 0, \ldots, n-1$. Der Binomialfilter führt näherungsweise dieselbe Glättung durch wie ein Gaußfilter mit $\sigma = \sqrt{n-1}/2$, wobei der Einfachheit halber $m = n$ angenommen wird. Im Detail ist der Zusammenhang zwischen n und σ wie folgt:

n	σ
3	0.7523
5	1.0317
7	1.2505
9	1.4365
11	1.6010
13	1.7502
15	1.8876
17	2.0157
19	2.1361
21	2.2501
23	2.3586
25	2.4623
27	2.5618
29	2.6576
31	2.7500
33	2.8395
35	2.9262
37	3.0104

Falls unterschiedliche Werte für MaskHeight und MaskWidth gewählt werden, stimmt der obige Zusammenhang zwischen n und σ immer noch und bezieht sich auf die Stärke der Glättung in Zeilen- und Spaltenrichtung.

binomial_filter kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **ImageBinomial** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Geglättetes Bild.
- ▷ **MaskWidth** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Filterbreite.
  Default: 5
  Werteliste: MaskWidth ∈ {1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37}
- ▷ **MaskHeight** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Filterhöhe.
  Default: 5
  Werteliste: MaskHeight ∈ {1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert binomial_filter den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

read_image, grab_image

Nachfolger

regiongrowing, threshold, sub_image, dyn_threshold, auto_threshold

Alternativen

gauss_filter, smooth_image, derivate_gauss, isotropic_diffusion

Siehe auch

mean_image, anisotropic_diffusion, sigma_image, gen_lowpass

Modul

Foundation

eliminate_min_max (Image : FilteredImage : MaskWidth, MaskHeight, Gap, Mode :)

Ortsraumglättung zur Entfernung von Rauschspitzen.

eliminate_min_max filtert Rauschspitzen aus einem verrauschten Bild. Hierfür wird das Bild punktweise im Ortsraum verarbeitet. Um Kanten und Linien nicht allzu sehr zu glätten, werden nur diejenigen Bildpunkte ersetzt, die ein lokales Minimum bzw. Maximum darstellen. Der Gedanke hierbei ist, dass bei Kanten oder Linien noch mindestens ein weiterer Punkt innerhalb der lokalen Umgebung existiert, der ungefähr denselben Grauwert besitzt wie der betrachtete. Dadurch bleibt die Bedingung eines lokalen Minimums/Maximums unerfüllt, der Punkt wird nicht ersetzt und die Kante/Linie nicht geglättet. Um die Strenge der Ersetzungsbedingung beeinflussen zu können, kann mit Gap angegeben werden, um wie viel kleiner bzw. größer das lokale Minimum/Maximum gegenüber den anderen Grauwerten mindestens sein muss.

Somit gilt, mit $g(x,y)$ als Grauwert an der Stelle (x,y) und $E(x,y)$ als die Grauwerte der MaskWidth $\times$ MaskHeight großen, rechteckigen lokalen Umgebung des Punktes (x,y), außer dem Grauwert des Punktes selbst, dass ein Pixel ersetzt wird

- falls $g(x,y) \geq$ Gap $+ max(E(x,y))$, oder
- falls $g(x,y) +$ Gap $<= min(E(x,y))$.
- Andernfalls bleibt $g(x,y)$ unverändert.

Mit welchem neuen Wert ein zu ersetzender Punkt belegt wird, ist durch Mode zu steuern:

- Mode = *1*: Ersetzung eines lokalen Maximums durch das nächstkleinere lokale Maximum und Ersetzung eines lokalen Minimums durch das nächstgrößere lokale Minimum.
- Mode = *2*: Ersetzung durch das (ungewichtete) arithmetische Mittel aller Punkte innerhalb der lokalen Umgebung (inkl. des betrachteten Punktes).
- Mode = *3*: Ersetzung durch den Median-Wert aller Punkte der lokalen Umgebung (inkl. des betrachteten Punktes) (auch bei allen anderen Werten von Mode außer *1*, *2*).

Die Breite und Höhe der (rechteckigen) lokalen Punktumgebung wird durch MaskWidth und MaskHeight festgelegt. Bemerkung zur Randbehandlung: Punkte jenseits des Bildrands werden nicht in die Betrachtung einbezogen. Sei z.B. eine 3×3-Maske gegeben, so reduziert sich die lokale Umgebung des Punktes $(0,0)$ auf die Werte von $(1,0)$, $(0,1)$ und $(1,1)$.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Werden für MaskWidth und MaskHeight gerade statt ungerader Werte übergeben, verwendet die Routine an ihrer Stelle die nächstgrößeren ungeraden Werte (damit ist der Schwerpunkt der Filtermaske immer eindeutig bestimmt). Die Filtermaskenbreite bzw. -höhe darf die Bildbreite bzw. -höhe nicht überschreiten.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
Bild, das gefiltert werden soll.

▷ **FilteredImage** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
Geglättetes Bild.

▷ **MaskWidth** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Breite der rechteckigen Filtermaske.
Default: 3
Wertevorschläge: MaskWidth ∈ {3, 5, 7, 9}
Wertebereich: 3 ≤ MaskWidth ≤ width(Image)
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: odd(MaskWidth)

▷ **MaskHeight** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Höhe der rechteckigen Filtermaske.
Default: 3
Wertevorschläge: MaskHeight ∈ {3, 5, 7, 9}
Wertebereich: 3 ≤ MaskHeight ≤ width(Image)
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: odd(MaskWidth)

▷ **Gap** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Mindestabstand vom lokalen Minimum/Maximum zu allen anderen Grauwerten der lokalen Punktumgebung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: Gap ∈ {1.0, 2.0, 5.0, 10.0}

▷ **Mode** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Ersetzungsvorschrift für zu ersetzende Grauwerte.
Default: 3
Werteliste: Mode ∈ {1, 2, 3}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `eliminate_min_max` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Bei einer leeren Eingabe wird mit einer entsprechenden Fehlermeldung abgebrochen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

`wiener_filter`, `wiener_filter_ni`

Siehe auch

`mean_sp`, `mean_image`, `median_image`, `median_weighted`, `binomial_filter`, `gauss_filter`, `smooth_image`

Literatur

M. Imme:„A Noise Peak Elimination Filter“; S. 204-211 in CVGIP Graphical Models and Image Processing, Vol. 53, No. 2, March 1991

M. Lückenhaus:„Grundlagen des Wiener-Filters und seine Anwendung in der Bildanalyse“; Diplomarbeit; Technische Universität München, Institut für Informatik; Lehrstuhl Prof. Radig; 1995.

Modul

Foundation

eliminate_sp

`eliminate_sp ( Image : ImageFillSP : MaskWidth, MaskHeight, MinThresh, MaxThresh : )`

Ersetzen der Werte außerhalb der Schwellen durch den Mittelwert.

`eliminate_sp` ersetzt alle Grauwerte außerhalb des angegebenen Grauwertintervalls (`MinThresh` bis `MaxThresh`) durch den Mittelwert der Nachbarn. Es werden für die Mittlung aber nur die Nachbarpunkte herangezogen, die ebenfalls innerhalb des Grauwertintervalls liegen. Ist in der Umgebung kein solcher Punkt enthalten, wird der Originalgrauwert verwendet. Die Grauwerte im Eingabebild, die innerhalb des Grauwertintervalls liegen, werden ebenfalls unverändert übernommen.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Werden für `MaskHeight` oder `MaskWidth` gerade statt ungerade Werte übergeben, verwendet die Routine an ihrer Stelle die nächstgrößeren ungeraden Werte (damit ist der Schwerpunkt der Filtermaske immer eindeutig bestimmt).

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild.

▷ **ImageFillSP** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
Geglättetes Bild.

▷ **MaskWidth** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Breite der Filtermaske.
Default: 3
Wertevorschläge: `MaskWidth` ∈ {3, 5, 7, 9, 11}
Wertebereich: 3 ≤ MaskWidth (lin)
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: odd(MaskWidth) && MaskWidth < width(Image) * 2

▷ **MaskHeight** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
Höhe der Filtermaske.
Default: 3
Wertevorschläge: MaskHeight ∈ {3, 5, 7, 9, 11}
Wertebereich: 3 ≤ MaskHeight (lin)
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: odd(MaskHeight) && MaskHeight < height(Image) * 2

▷ **MinThresh** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Mindestgrauwert.
Default: 1
Wertevorschläge: MinThresh ∈ {1, 5, 7, 9, 11, 15, 23, 31, 43, 61, 101}

▷ **MaxThresh** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Maximalgrauwert.
Default: 254
Wertevorschläge: MaxThresh ∈ {5, 7, 9, 11, 15, 23, 31, 43, 61, 101, 200, 230, 250, 254}
Restriktion: MinThresh <= MaxThresh

Beispiel

```
read_image(Image,'mreut')
dev_display(Image)
eliminate_sp(Image,ImageFillSP,3,3,101,201)
dev_display(ImageFillSP)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

disp_image

Alternativen

mean_sp, mean_image, median_image, eliminate_min_max

Siehe auch

binomial_filter, gauss_filter, smooth_image, anisotropic_diffusion, sigma_image, eliminate_min_max

Modul

Foundation

fill_interlace (ImageCamera : ImageFilled : Mode :)

Interpolation von 2 Video-Halbbildern.

fill_interlace berechnet aus einem Videobild, das aus zwei Halbbildern zusammengesetzt ist, ein interpoliertes Vollbild bzw. entfernt gerade oder ungerade Bildzeilen. Wird ein Bild mit einer Videokamera aufgenommen, so besteht dies aus zwei Halbbildern, die mit einem zeitlichen Abstand aufgenommen wurden, aber in der digitalen Form in einem gemeinsamen Bild abgelegt sind. Hierdurch können starke Fehler bei der weiteren Verarbeitung entstehen. Um diese Fehler etwas zu mildern, wird das Videobild modifiziert. Dabei wird entweder jede zweite Zeile neu berechnet oder entfernt. Der Parameter Mode gibt an, ob dies für gerade (*'even'* bzw. *'rmeven'*) oder ungerade (*'odd'* bzw. *'rmodd'*) Zeilennummern gemacht werden soll. In den Modi *'even'* bzw. *'odd'* werden die Grauwerte in den erzeugten Zeilen als Mittelwert aus dem direkten Nachbarn oberhalb bzw. unterhalb des aktuellen Punktes

berechnet. In den Modi *'rmeven'* bzw. *'rmodd'* werden gerade bzw. ungerade Zeilen entfernt (dementsprechend hat dann das Ausgabebild nur noch die halbe Höhe des Eingabebildes). Hat `Mode` den Wert *'switch'*, dann werden gerade und ungerade Zeilen vertauscht.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **`ImageCamera`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Graubild, bestehend aus zwei Halbbildern.
- ▷ **`ImageFilled`** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Vollbild mit interpolierten bzw. entfernten Zeilen.
- ▷ **`Mode`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Angabe, ob die geraden oder ungeraden Zeilen ersetzt bzw. entfernt werden sollen.
  Default: 'odd'
  Werteliste: `Mode` ∈ {'odd', 'even', 'rmodd', 'rmeven', 'switch'}

Beispiel

```
read_image(Image,'video_image')
fill_interlace(Image,New,'odd')
sobel_amp(New,Sobel,'sum_abs',3)
```

Komplexität

Pro Bildpunkt: $O(2)$.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `fill_interlace` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`read_image`, `grab_image`

Nachfolger

`sobel_amp`, `edges_image`, `regiongrowing`, `diff_of_gauss`, `threshold`, `dyn_threshold`, `auto_threshold`, `mean_image`, `binomial_filter`, `gauss_filter`, `anisotropic_diffusion`, `sigma_image`, `median_image`

Siehe auch

`median_image`, `binomial_filter`, `gauss_filter`, `crop_part`

Modul

Foundation

`gauss_filter` (Image : ImageGauss : Size :)

Glättung mit diskreten Gaußfunktionen.

gauss_filter glättet Bilder mittels der diskreten Gaußfunktion, welche eine Annäherung der kontinuierlichen Gauß-Funktion ist, die durch die folgende Formel definiert wird,

$$G_\sigma(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(\frac{-x^2}{2\sigma^2}\right)$$

Die glättende Wirkung erhöht sich dabei mit zunehmender Filtergröße. Es werden folgende Filtergrößen (Size) unterstützt (in Klammer steht der sigma-Wert der Gaußfunktion):

- *3* (0.600)
- *5* (1.075)
- *7* (1.550)
- *9* (2.025)
- *11* (2.550)

Zur Randbehandlung werden die Grauwerte der Bilder an den Bildrändern gespiegelt. Im Gegenteil zu dem Operator gauss_image, wächst den Wert des Sigma Parameters gradlinig mit der Filtergröße.

Als Alternative zu gauss_filter bietet sich binomial_filter an. binomial_filter ist deutlich effizienter als gauss_filter. Es ist zu beachten, dass die Maskengröße in binomial_filter nicht dieselbe Glättung wie bei gauss_filter bewirkt. Korrespondierende Maskengrößen lassen sich über die jeweiligen sigma-Werte der Gaußfunktion bestimmen.

gauss_filter kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Allerdings kann das Ergebnis von dem der skalaren Implementierung geringfügig abweichen.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Damit gauss_filter auf einem OpenCL-Gerät ausgeführt werden kann, muss Image eine Breite und Höhe von mindestens 64 Pixeln aufweisen.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Zu glättendes Bild.
- ▷ **ImageGauss** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Gefiltertes Bild.
- ▷ **Size** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Gewünschte Filtergröße.
  Default: 5
  Werteliste: Size ∈ {3, 5, 7, 9, 11}

Beispiel

```
gauss_filter(Input,Gauss,7)
regiongrowing(Gauss,Segments,7,7,5,100)
```

Komplexität

Pro Bildpunkt: $O(Size * 2)$.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gauss_filter den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

read_image, grab_image

Nachfolger

regiongrowing, threshold, sub_image, dyn_threshold, auto_threshold

Alternativen

binomial_filter, smooth_image, derivate_gauss, isotropic_diffusion

Siehe auch

mean_image, anisotropic_diffusion, sigma_image, gen_lowpass

Modul

Foundation

guided_filter (Image, ImageGuide : ImageGuided : Radius, Amplitude :)

Geführte Filterung eines Bildes.

guided_filter filtert das Eingabebild Image mit Hilfe des Führungsbildes ImageGuide und liefert das Ergebnis in ImageGuided zurück. Image und ImageGuide müssen die selbe Größe haben und vom selben Typ sein.

Der Radius bestimmt die Größe der Filtermaske. Größere Werte erhöhen den Einflussbereich des Filters und führen dazu, dass weniger Details erhalten bleiben. Der Wert von Radius hat keinen Einfluss auf die Laufzeit des Operators.

Amplitude wird verwendet, um zu entscheiden, was eine Kante und was eine homogene Fläche ist. Größere Werte von Amplitude führen dazu, dass stärkere Kanten geglättet werden. Als Daumenregel sollte Amplitude kleiner sein als der Kontrast der Kanten, die erhalten werden sollen. Es ist zu beachten, dass der Kontrast in uint2- oder real-Bildern deutlich vom Defaultwert von Amplitude abweichen kann und der Parameter daher gesondert eingestellt werden muss.

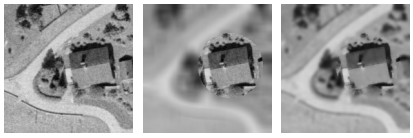
Einfluss des Führungsbildes

Sind Image und ImageGuide identisch, verhält sich guided_filter wie ein kantenerhaltender Glättungsfilter mit einer Filtermaske mit dem Radius Radius. Pixel an Kanten mit einem Kontrast, der deutlich über Amplitude liegt, werden erhalten, während Pixel in homogenen Bereichen geglättet werden. Daher ist guided_filter eine schnelle Alternative zu anisotropic_diffusion oder bilateral_filter.

(1) (2) (3)

(1) Image und (2) ImageGuide sind identisch. Das führt zu kantenerhaltender Glättung in (3) ImageGuided.

Sind Image und ImageGuide verschieden, wird Image mit einer Filtermaske mit Radius Radius geglättet, außer in Bereichen, wo ImageGuide Kanten mit deutlich höherem Kontrast als Amplitude aufweist.



(1) (2) (3)

(1) Image und (2) ImageGuide sind verschieden. Nur Kanten in Bereichen, wo ImageGuide Kanten hat, bleiben in (3) ImageGuided erhalten.

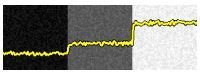
Ist ImageGuide konstant, verhält sich guided_filter äquivalent zu 2 aufeinanderfolgenden Aufrufen von mean_image mit Maskengröße 2*Radius+1.

(1) (2) (3)

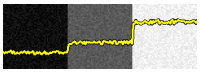
(2) ImageGuide ist konstant. Das entspricht einer doppelten Glättung von (1) Image mit mean_image. (3) ImageGuided.

Einfluss der Glättungsparameter

Die folgenden Beispiele zeigen den Einfluss von Amplitude auf einem künstlichen Bild. In diesem Bild liegt das Rauschlevel bei 10 Grauwerten, die linke Kante hat einen Kontrast von 50 Grauwerten, die rechte Kante hat einen Kontrast von 100 Grauwerten. Die gelbe Linie zeigt das Grauwertprofile eines horizontalen Querschnitts.



Originalbild mit überlagertem Grauwertprofil. Das Bild wird sowohl für Image als auch für ImageGuide verwendet.



Filterergebnis mit Amplitude = 1: Kein Effekt, da Amplitude unter dem Rauschlevel liegt. Daher wird das Rauschen als Kante behandelt und erhalten.

Filterergebnis mit Amplitude = 25: Das Rauschen wird geglättet, die Kanten werden erhalten.

Filterergebnis mit Amplitude = 50: Die schwächere Kante wird geglättet, die stärkere Kante wird erhalten.

Filterergebnis mit Amplitude = 100: Beide Kanten werden geglättet.

Rolling-Guided-Filter

guided_filter kann iterativ aufgerufen werden. In dem Fall wird das Ergebnis einer Iteration als Führungsbild der nächsten Iteration verwendet. Das kann nützlich sein, z.B. um kleine Strukturen aus dem Originalbild zu entfernen, auch wenn sie einen hohen Kontrast haben.

Im folgenden Beispiel wird der Rolling-Guided-Filter verwendet, um die Textur vom Originalbild zu trennen.

```
* Verwenden des Rolling-Guided-Filter
* (verwende ein konstantes Führungsbild für die erste Iteration).
gen_image_proto(Image, ImageStructure, 0)
for I := 1 to 4 by 1
    guided_filter(Image, ImageStructure, ImageStructure, 1.5, 10)
endfor
* Extrahiere die Textur durch Abziehen der großen Strukturen vom
Original.
sub_image(Image, ImageStructure, ImageTexture, 1, 128)
```

Da sich guided_filter mit konstantem ImageGuide ähnlich zu mean_image verhält, kann die erste Iteration durch einen Aufruf von mean_image (oder einem ähnlichen Glättungsfilter) ersetzt werden, was schneller ist.

Mathematischer Hintergrund

Die Berechnung der gefilterten Grauwerte I'_i an der Position i beruht auf folgender Formel:

$$I'_i = \overline{a_i} G_i + \overline{b_i}$$

wobei

$$a_i = \frac{\frac{1}{|\omega_i|} \sum_{k \in \omega_i} G_k I_k - \overline{G_i I_i}}{\sigma^2_{G_i} + Amplitude^2}$$

und

$$b_i = \overline{I_i} - a_i \overline{G_i}.$$

Dabei sind I_i und G_i die Grauwerte von Image und ImageGuide an der Pixelposition i. ω_i ist die Umgebung um i mit dem Radius Radius. $\overline{a_i}$, $\overline{b_i}$, $\overline{I_i}$ und $\overline{G_i}$ sind die Mittelwerte aller a, b, I oder G in ω_i. σ_{G_i} ist die Standardabweichung aller Grauwerte von G in ω_i. Und $|\omega_i|$ ist die Anzahl der Pixel in ω_i.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **ImageGuide** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Führungsbild.
- ▷ **ImageGuided** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ausgabebild.
- ▷ **Radius** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Radius der Filterung.
  Default: 3
  Wertevorschläge: Radius ∈ {1, 2, 3, 5, 10}
  Restriktion: Radius > 0
- ▷ **Amplitude** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Steuert den Einfluss der Kanten bei der Filterung.
  Default: 20.0
  Wertevorschläge: Amplitude ∈ {3.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0}
  Restriktion: Amplitude > 0

Beispiel

```
read_image (Image, 'mreut')
* Edge-preserving smoothing
guided_filter (Image, Image, ImageGuided, 5, 20)
* Rolling filter (5 iterations)
gen_image_proto (Image, ImageGuide, 0)
for I := 1 to 5 by 1
  guided_filter (Image, ImageGuide, ImageGuide, 5, 20)
endfor
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`read_image`

Nachfolger

`threshold`, `dyn_threshold`, `regiongrowing`

Alternativen

`bilateral_filter`, `anisotropic_diffusion`, `median_image`

Literatur

Kaiming He, Jian Sun, Xiaoou Tang: „Guided Image Filtering“; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence; PAMI-35, no. 6; S. 1397-1409; 2013.

Modul

Foundation

info_smooth (: : Filter, Alpha : Size, Coeffs)

Informationen zum Glättungsfilter `smooth_image`.

`info_smooth` liefert eine Abschätzung des Einzugsgebiets der in der Routine `smooth_image` verwendeten Glättungsfilter. Dazu werden die zugrundeliegenden kontinuierlichen Impulsantworten der `Filter` abgetastet, bis ein Filterkoeffizient kleiner als fünf Prozent des Maximalkoeffizienten (im Ursprung) ist. `Alpha` ist der Filterparameter (siehe `smooth_image`). Derzeit werden vier Filter unterstützt (Parameter `Filter`):

’deriche1’, ’deriche2’, ’shen’ und ’gauss’.

Der Gaußfilter wurde dabei konventionell mittels Filtermasken implementiert (bei den drei anderen handelt es sich um rekursive Filter). Im Falle des Gaußfilters werden daher zusätzlich zur Filtergröße auch die Filterkoeffizienten (der eindimensionalen Impulsantwort $f(n)$ mit $n \geq 0$) in `Coeffs` zurückgeliefert.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Filter** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des gewünschten Filters.
Default: ’deriche2’
Werteliste: `Filter` ∈ {’deriche1’, ’deriche2’, ’shen’, ’gauss’}

▷ **Alpha** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Filterparameter: kleine Werte bewirken starke Glättung (bei ’gauss’ umgekehrt).
Default: 0.5
Wertevorschläge: `Alpha` ∈ {0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0, 10.0}
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1
Restriktion: Alpha > 0.0

▷ **Size** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Einzugsgebiet des Filters ist etwa Size x Size Pixel groß.

▷ **Coeffs** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Falls Gaußfilter: Koeffizienten der „positiven“ Hälfte der 1D-Impulsantwort.

Beispiel

```
info_smooth('deriche2',0.5,Size,Coeffs)
smooth_image(Input,Smooth,'deriche2',7)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `info_smooth` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_image`

Nachfolger

`smooth_image`

Siehe auch

`smooth_image`

Modul

Foundation

isotropic_diffusion (Image : SmoothedImage : Sigma, Iterations :)

Isotrope Glättung eines Bildes.

Der Operator `isotropic_diffusion` führt eine isotrope Diffusion des Eingabebildes `Image` durch. Dies entspricht einer Faltung der Bildmatrix mit einer Gaussmaske mit Standardabweichung `Sigma`. Wird der Parameter `Iterations` auf *0* gesetzt, so wird eine solche Faltung explizit durchgeführt. Für Eingabebilder mit voller ROI entspricht `isotropic_diffusion` dann genau dem Operator `derivate_gauss` bei Wahl von *'none'* für den Parameter `Component`. Ist die Grauwertmatrix größer als die ROI von `Image`, so unterscheiden sich die Operatoren dadurch, dass `derivate_gauss` die Grauwerte außerhalb der ROI miteinbezieht, während `isotropic_diffusion` in jedem Fall die Grauwerte am Rand der ROI spiegelt. Der Rechenaufwand steigt linear mit dem Wert von `Sigma` an.

Besitzt `Iterations` einen positiven Wert, so wird der Glättungsvorgang als Anwendung der Wärmeleitungsgleichung

$$u_t = \Delta u$$

auf die Grauwertfunktion u mit dem durch die Grauwerte von `Image` definierten Anfangswert $u = u_0$ zu einem Zeitpunkt t_0 interpretiert. Diese Gleichung wird dann in `Iterations` Schritten über ein iteratives Verfahren für parabolische partielle Differentialgleichungen bis zum Zeitpunkt $t_0 + \frac{1}{2}\texttt{Sigma}^2$ gelöst, was äquivalent zur obigen Faltung ist. Der Rechenaufwand ist hier proportional zum Wert von `Iterations` und unabhängig von `Sigma`. Für kleine Werte von `Iterations` ist die Rechengenauigkeit aber sehr gering. Die Wahl von $\texttt{Iterations} < 3$ ist daher nicht empfehlenswert.

Für kleinere Werte von `Sigma` ist die Faltungsimplementierung im Normalfall die schnellere Variante. Da die Laufzeit des Differentialgleichungslösers nur von der Anzahl der Iterationen und nicht von `Sigma` abhängt, ist für große Werte von `Sigma` und der Wahl von wenigen Iterationen (z.B. $\texttt{Iterations} = 3$) typischerweise diese Implementierung schneller.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **SmoothedImage** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ausgabebild.
- ▷ **Sigma** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Standardabweichung der Gaussverteilung.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {0.1, 0.5, 1.0, 3.0, 10.0, 20.0, 50.0}
  Restriktion: Sigma > 0
- ▷ **Iterations** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Anzahl Iterationen.
  Default: 10
  Wertevorschläge: `Iterations` ∈ {0, 3, 10, 100, 500}
  Restriktion: Iterations >= 0

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Modul

Foundation

mean_image (Image : ImageMean : MaskWidth, MaskHeight :)

Glättung durch Mittelwertbildung.

`mean_image` führt eine lineare Glättung mit den Grauwerten aller Eingabebilder (`Image`) durch. Die Filtermatrix besteht aus Einsen (gleich gewichtet) und hat die Größe `MaskHeight` × `MaskWidth`. Das Ergebnis der Faltung wird durch `MaskHeight` × `MaskWidth` dividiert. Als Randbehandlung werden die Grauwerte an den Bildrändern gespiegelt.

Für `mean_image` sind spezielle Optimierungen unter Verwendung von SIMD Technologie implementiert. Ob diese tatsächlich zur Anwendung kommen, kann über den Systemparameter *'mmx_enable'* (siehe `set_system`) gesteuert werden. Falls *'mmx_enable'* auf *'true'* gesetzt wird (und die verwendete Hardware SIMD Technologie unterstützt), wird die Berechnung intern unter Verwendung von SIMD Technologie durchgeführt. Es ist zu beachten, dass der Beschleunigungseffekt von SIMD Technologie bei großen, kompakten Eingaberegionen am größten ist. Im Einzelfall kann aber die Ausführung von `mean_image`, abhängig von der Eingaberegion und den Hardwareeigenschaften, mit SIMD Technologie auch länger dauern als ohne.

In jedem Falle wirkt es sich günstig auf das Laufzeitverhalten von `mean_image` aus, wenn man die Eingaberegion von `Image` so wählt, dass es zu keiner Randbehandlung kommt.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Werden für `MaskHeight` oder `MaskWidth` gerade statt ungerade Werte übergeben, verwendet die Routine an ihrer Stelle die nächstgrößeren ungeraden Werte (damit ist der Schwerpunkt der Filtermaske immer eindeutig bestimmt).

Für real-Bilder wird die Filterantwort intern mit einfach genauer Fließkommaarithmetik (single precision) berechnet. Dies kann zu Überläufen (und damit zu fehlerhaften Ergebnissen) führen, wenn der gesamte Wertebereich von real-Bildern verwendet wird.

`mean_image` kann für byte-, int2-, uint2-, int4- und real-Bilder auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden, wenn `MaskHeight` kleiner als zweimal die Höhe von `Image` ist. Der OpenCL Code berechnet die Filterantwort intern mit 32 bit Integerarithmetik (für real-Bilder wird einfach genaue Fließkommaarithmetik verwendet). Dies kann

zu Überläufen (und damit zu fehlerhaften Ergebnissen) führen, wenn der gesamte Wertebereich von int4- oder real-Bildern verwendet wird. Da zur Verbesserung der Laufzeit für eine `MaskWidth` größer 9 ein vollständiger Scan jeder Zeile von `Image` berechnet wird, kann es in diesem Fall auch bei byte-, int2- oder uint2-Bildern zu Überläufen kommen, wenn `Image` sehr breit ist. In solchen Fällen muss die CPU-Version von `mean_image` verwendet werden.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / vector_field

Zu glättendes Bild.

▷ **`ImageMean`** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / vector_field

Geglättetes Bild.

▷ **`MaskWidth`** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*

Breite der Filtermaske.
Default: 9
Wertevorschläge: `MaskWidth` ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 15, 23, 31, 43, 61, 101}
Wertebereich: 1 ≤ MaskWidth
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: odd(MaskWidth) && MaskWidth < width(Image) * 2

▷ **`MaskHeight`** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*

Höhe der Filtermaske.
Default: 9
Wertevorschläge: `MaskHeight` ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 15, 23, 31, 43, 61, 101}
Wertebereich: 1 ≤ MaskHeight
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: odd(MaskHeight) && MaskHeight < height(Image) * 2

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
mean_image(Image,Mean,3,3)
dev_display(Mean)
```

Komplexität

Pro Bildpunkt: O(15).

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `mean_image` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`reduce_domain`, `rectangle1_domain`

Nachfolger

dyn_threshold, regiongrowing

Alternativen

binomial_filter, gauss_filter, smooth_image, mean_image_shape

Siehe auch

anisotropic_diffusion, sigma_image, convol_image, gen_lowpass

Modul

Foundation

mean_image_shape (Image, Mask : ImageMean : :)

Glättung durch Mittelwertbildung mit beliebiger Maske.

mean_image_shape führt eine Mittelwertfilterung des Eingabebildes Image mit einer Maske, die durch die Region Mask beschrieben wird, durch und liefert das gefilterte Bild in ImageMean zurück. Die Form der Maske kann beliebig gewählt werden und z.B. mit Operatoren wie gen_circle oder draw_region erzeugt werden. Die Position der Maske spielt dabei keine Rolle, da der Schwerpunkt der Maskenregion als Referenzpunkt der Maske verwendet wird. Als Randbehandlung werden die Grauwerte an den Bildrändern gespiegelt.

Für mean_image_shape sind spezielle Optimierungen unter Verwendung von SIMD Technologie implementiert. Ob diese tatsächlich zur Anwendung kommen, kann über den Systemparameter *'avx2_enable'* (siehe set_system) gesteuert werden. Falls *'avx2_enable'* auf *'true'* gesetzt wird (und die verwendete Hardware SIMD Technologie unterstützt), wird die Berechnung intern unter Verwendung von SIMD Technologie durchgeführt. Diese Optimierungen werden nur für Byte-Bilder und im Falle von Masken, deren Fläche kleiner als 129 ist, verwendet.

Es ist zu beachten, dass mean_image_shape kompakte Eingaberegionen am schnellsten verarbeiten kann.

In jedem Falle wirkt es sich günstig auf das Laufzeitverhalten von mean_image_shape aus, wenn man die Eingaberegion von Image so wählt, dass es zu keiner Randbehandlung kommt.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Zu filterndes Bild.
- ▷ **Mask** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Filtermaske.
- ▷ **ImageMean** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Gefiltertes Bild.

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
gen_circle (Circle, 10, 10, 2)
mean_image_shape (Image, Circle, ImageMean)
dev_display (ImageMean)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert mean_image_shape den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

read_image, reduce_domain, rectangle1_domain, gen_circle

Nachfolger

dyn_threshold, regiongrowing

Alternativen

binomial_filter, gauss_filter, smooth_image, mean_image

Siehe auch

anisotropic_diffusion, sigma_image, convol_image, gen_lowpass

Modul

Foundation

mean_n (Image : ImageMean : :)

Mittlung der Grauwerte zwischen mehreren Kanälen.

mean_n bildet den pixelweisen Mittelwert aller Kanäle. Es wird für jeden Koordinatenpunkt die Summe alle Grauwerte an diese Koordinate berechnet. Das Ergebnisbild wird mit dem Mittelwert der Grauwerte (Summe geteilt durch Anzahl der Kanäle) belegt. Das Ausgabebild hat einen Kanal.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Mehrkanaliges Graubild.
- ▷ **ImageMean** (output_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Ergebnis der Mittlung.

Beispiel

```
compose3(Channel1,Channel2,Channel3,&MultiChannel);
mean_n(MultiChannel,&Mean);
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

compose2, compose3, compose4, compose5, add_channels

Alternativen

rank_n

Siehe auch

count_channels, mean_image

Modul

Foundation

mean_sp (Image : ImageSPMean : MaskWidth, MaskHeight, MinThresh, MaxThresh :)

Unterdrückung von Salz- und Pfeffer-Rauschen.

mean_sp führt eine Glättung durch Mittelwertbildung durch. Dabei gehen nur die Grauwerte in die Mittlung mit ein, die in dem Intervall von MinThresh bis MaxThresh liegen. Zu helle oder zu dunkle Grauwerte werden bei der Summierung ignoriert. Liegt kein Grauwert bei der Summierung innerhalb des vorgegebenen Intervalls, so wird der Originalgrauwert übernommen. Setzt man die Schwellen auf *0* bzw. *255* so verhält sich mean_sp, abgesehen von der Laufzeit, wie mean_image.

mean_sp wird verwendet um extreme Grauwerte (Salz- und Pfeffer-Rauschen = weiße und schwarze Punkte) zu unterdrücken.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Werden für MaskHeight oder MaskWidth gerade statt ungerade Werte übergeben, verwendet die Routine an ihrer Stelle die nächstgrößeren ungeraden Werte (damit ist der Schwerpunkt der Filtermaske immer eindeutig bestimmt).

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **ImageSPMean** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Geglättetes Bild.
- ▷ **MaskWidth** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite der Filtermaske.
  Default: 3
  Wertevorschläge: MaskWidth ∈ {3, 5, 7, 9, 11}
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 2
  Empfohlene Schrittweite: 2
  Restriktion: odd(MaskWidth) && MaskWidth < width(Image) * 2
- ▷ **MaskHeight** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe der Filtermaske.
  Default: 3
  Wertevorschläge: MaskHeight ∈ {3, 5, 7, 9, 11}
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 2
  Empfohlene Schrittweite: 2
  Restriktion: odd(MaskHeight) && MaskHeight < height(Image) * 2
- ▷ **MinThresh** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Mindestgrauwert.
  Default: 1
  Wertevorschläge: MinThresh ∈ {1, 5, 7, 9, 11, 15, 23, 31, 43, 61, 101}
  Wertebereich: 0 ≤ MinThresh
- ▷ **MaxThresh** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Maximalgrauwert.
  Default: 254
  Wertevorschläge: MaxThresh ∈ {5, 7, 9, 11, 15, 23, 31, 43, 61, 101, 200, 230, 250, 254}
  Restriktion: MinThresh <= MaxThresh

Beispiel

```
read_image(Image,'mreut')
dev_display(Image)
mean_sp(Image,ImageMeansp,3,3,101,201)
dev_display(ImageMeansp)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`mean_image`, `median_image`, `median_separate`, `eliminate_min_max`

Siehe auch

`anisotropic_diffusion`, `sigma_image`, `binomial_filter`, `gauss_filter`, `smooth_image`, `eliminate_min_max`

Modul

Foundation

median_image (Image : ImageMedian : MaskType, Radius, Margin :)

Medianfilterung mit verschiedenen Masken.

`median_image` führt eine Medianfilterung des Eingabebildes `Image` mit einer quadratischen oder kreisförmigen Maske durch und liefert das gefilterte Bild in `ImageMedian` zurück. Die Form der Maske kann mit `MaskType` gewählt werden. Der Radius der Maske wird mit `Radius` bestimmt.

Konzeptuell sortiert der Medianfilter alle Grauwerte innerhalb der Maske aufsteigend und wählt dann den Median der Grauwerte aus. Der Median ist der „mittlere“ der sortierten Grauwerte, d.h. der Grauwert mit dem Rang (Position) $(N-1)/2+1$ der sortierten Grauwerte, wobei N die Anzahl der Pixel der Filtermaske ist. Hierbei entspricht der Rang 1 dem kleinsten Grauwert und der Rang N dem größten Grauwert innerhalb der Maske (siehe auch `rank_image`).

Die Filtermaske wird über die Parameter `Radius` und `MaskType` festgelegt. Dabei bestimmt `Radius` die Größe der Maske und `MaskType` die Form mit folgenden Optionen:

'circle' Die Maske besteht aus den Pixeln innerhalb eines Kreises mit `Radius` um das Pixel des Maskenzentrums.

'square' Die Maske besteht aus den Pixeln innerhalb eines Quadrats mit einer Kantenlänge von 2·`Radius` +1 Pixel.

`median_image` kann unter anderem zur Glättung von Bildern, zum Unterdrücken unerwünschter Objekte (z.B. Punkte und Linienstrukturen), die kleiner als die Maske sind, und somit zur Schätzung der Hintergrundbeleuchtung für eine Shading-Korrektur oder als Vorverarbeitung für die dynamische Schwellenwertoperation (siehe `dyn_threshold`) verwendet werden.

Bei der Filterung kann über `Margin` zwischen verschiedenen Randbehandlungen gewählt werden:

Grauwert Bildpunkte außerhalb der Bildränder werden als konstant (mit dem angegebenen Grauwert) angenommen.

'continued' Fortsetzung der Grauwerte Randpunkte.

'cyclic' Zyklische Fortsetzung der Bildränder.

'mirrored' Spiegelung der Bildpunkte an den Bildrändern.

Wird eine quadratische Maske mit `Radius` 1 oder 2 (und somit eine 3x3 oder 5x5 Pixel Filtermaske) mit der Randbehandlung *'mirrored'* verwendet, kann `median_image` auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

`median_image` verwendet einen Algorithmus mit einer Laufzeit pro Pixel, die von der Maskenhöhe 2 ·

Radius + 1 abhängt. Daher ist median_image für quadratische Masken mit einer großen Maskenhöhe langsamer als median_rect. Die genaue Maskenhöhe, ab der median_rect schneller ist, ist abhängig von der Rechnerarchitektur (Prozessortyp, Verfügbarkeit von SIMD-Befehlen wie SSE2 oder MMX, Cachegröße und -durchsatz, Speicherdurchsatz). Typischerweise ist das für eine Maskenhöhe > 15 der Fall, kann aber z.B. bei nicht vorhandenen SIMD-Befehlen und langsamem Speicher auch erst für größere Maskenhöhen zutreffen.

Weiterhin ist zu beachten, dass median_rect aufgrund der rekursiven Implementierung die Filterantwort intern auf dem kleinsten umschließenden Rechteck der Region des Bildes berechnet. Falls die Region nur einen sehr kleinen Teil des umschließenden Rechtecks abdeckt, kann es daher vorkommen, dass median_image auch für größere Maskenhöhen schneller als median_rect ist.

Aus Laufzeitgründen wird das Eingabebild Image nicht auf NaNs überprüft. Die Verwendung eines Eingabebildes mit NaNs führt zum Absturz von HALCON.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Zu filterndes Bild.
- ▷ **ImageMedian** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Gefiltertes Bild.
- ▷ **MaskType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Art der Filtermaske.
  Default: 'circle'
  Werteliste: MaskType ∈ {'circle', 'square'}
- ▷ **Radius** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Radius der Filtermaske.
  Default: 1
  Wertevorschläge: Radius ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 15, 19, 25, 31, 39, 47, 59}
  Wertebereich: $1 \leq$ Radius ≤ 4095
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 2
- ▷ **Margin** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer / real
  Randbehandlung.
  Default: 'mirrored'
  Wertevorschläge: Margin ∈ {'mirrored', 'cyclic', 'continued', 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 255}

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
median_image (Image, Median, 'circle', 3, 'continued')
dev_display(Median)
```

Komplexität

Pro Bildpunkt: $O(2 \cdot \text{Radius} + 1)$.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert median_image den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

read_image

Nachfolger

threshold, dyn_threshold, regiongrowing

Alternativen

median_rect, rank_image, rank_rect

Siehe auch

gray_erosion_rect, gray_dilation_rect, gray_erosion_shape, gray_dilation_shape, gray_erosion, gray_dilation

Literatur

T.S. Huang, G.J. Yang, G.Y. Tang; „A Fast Two-Dimensional Median Filtering Algorithm“; IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 27, no. 1, pp. 13-18, 1979.

R. Haralick, L. Shapiro; „Computer and Robot Vision“; Addison-Wesley, 1992, pp. 318-320.

Modul

Foundation

median_rect (Image : ImageMedian : MaskWidth, MaskHeight :)

Medianfilterung mit rechteckigen Masken.

median_rect führt eine Medianfilterung des Eingabebildes Image mit einer rechteckigen Maske der Größe MaskWidth × MaskHeight durch und liefert das gefilterte Bild in ImageMedian zurück.

Konzeptuell sortiert der Medianfilter alle Grauwerte innerhalb der Maske aufsteigend und wählt dann den Median der Grauwerte aus. Der Median ist der „mittlere“ der sortierten Grauwerte, d.h. der Grauwert mit dem Rang (Position) $(\texttt{MaskWidth} \cdot \texttt{MaskHeight} - 1)/2 + 1$ der sortierten Grauwerte, wobei der Rang 1 dem kleinsten Grauwert und der Rang MaskWidth·MaskHeight dem größten Grauwert innerhalb der Maske entspricht (siehe auch rank_rect).

median_rect kann unter anderem zur Glättung von Bildern, zum Unterdrücken unerwünschter Objekte (z.B. Punkte und Linienstrukturen), die kleiner als die Maske sind, und somit zur Schätzung der Hintergrundbeleuchtung für eine Shading-Korrektur oder als Vorverarbeitung für die dynamische Schwellenwertoperation (siehe dyn_threshold) verwendet werden.

median_rect kann bei Verwendung einer quadratischen 3x3 oder 5x5 Filtermaske auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Werden für MaskWidth oder MaskHeight gerade statt ungerade Werte übergeben, verwendet median_rect an ihrer Stelle die nächstgrößeren ungeraden Werte.

median_rect verwendet einen Algorithmus mit konstanter Laufzeit pro Pixel, so dass die Laufzeit des Operators nur von der Eingabebildgröße und nicht von der Maskengröße abhängt. Daher ist median_rect für große Masken die schnellste Implementierung des Medianfilters in HALCON. Abhängig von der Rechnerarchitektur (Prozessortyp, Verfügbarkeit von SIMD-Befehlen wie SSE2 oder MMX, Cachegröße und -durchsatz, Speicherdurchsatz) ist für kleine Werte von MaskHeight die in median_image und rank_image verwendete Implementierung schneller als median_rect. Typischerweise ist das für $\texttt{MaskHeight} \leq 15$ der Fall, kann aber z.B. bei nicht vorhandenen SIMD-Befehlen und langsamem Speicher auch für größere Werte von MaskHeight zutreffen.

Weiterhin ist zu beachten, dass median_rect aufgrund der rekursiven Implementierung die Filterantwort intern auf dem kleinsten umschließenden Rechteck der Region des Bildes berechnet. Falls die Region nur einen sehr kleinen Teil des umschließenden Rechtecks abdeckt, kann es daher vorkommen, dass median_image und rank_image auch für größere Werte von MaskHeight schneller als median_rect sind.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
Zu filterndes Bild.

▷ **ImageMedian** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
Gefiltertes Bild.

▷ **MaskWidth** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Breite der Filtermaske.
Default: 15
Wertevorschläge: `MaskWidth` ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 31, 49, 51, 61, 71, 81, 91, 101}
Wertebereich: 3 ≤ `MaskWidth` ≤ 4095
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **MaskHeight** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Höhe der Filtermaske.
Default: 15
Wertevorschläge: `MaskHeight` ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 31, 49, 51, 61, 71, 81, 91, 101}
Wertebereich: 3 ≤ `MaskHeight` ≤ 4095
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2

Komplexität

Pro Bildpunkt: $O(1)$.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `median_rect` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`read_image`

Nachfolger

`threshold`, `dyn_threshold`, `regiongrowing`

Alternativen

`median_image`, `rank_rect`, `rank_image`

Siehe auch

`gray_erosion_rect`, `gray_dilation_rect`, `gray_erosion_shape`, `gray_dilation_shape`, `gray_erosion`, `gray_dilation`

Literatur

S. Perreault, P. Hébert; „Median Filtering in Constant Time“; IEEE Transactions on Image Processing vol. 16, no. 9, pp. 2389-2394, 2007.

D. Cline, K.B. White, P.K. Egbert; „Fast 8-Bit Median Filtering Based On Separability“; International Conference on Image Processing, vol. V, pp. 281-284, 2007.

Modul

Foundation

median_separate (Image : ImageSMedian : MaskWidth, MaskHeight, Margin :)

Separierte Medianfilterung mit Rechteckmasken.

median_separate führt eine abgewandelte Variante der Median-Filterung durch: Es werden zunächst zwei Hilfsbilder erzeugt. Das erste entsteht aus einer Medianfilterung mit einer horizontalen, ein Pixel hohen und MaskWidth breiten Maske und anschließender Filterung mit einer vertikalen, MaskHeight hohen und ein Pixel breiten Maske. Das zweite Hilfsbild entsteht durch Filterung mit den gleichen Masken, wobei aber die Reihenfolge der Anwendung umgekehrt wird. Zuerst wird die vertikale, dann die horizontale Maske angewendet. Das Ausgabebild ergibt sich durch pixelweise Mittlung der beiden Hilfsbilder.

median_separate ist deutlich schneller als der normale median_image, da beide Masken ein Pixel breit sind und somit eine sehr effiziente Verarbeitung möglich ist. Die Laufzeit ist praktisch *unabhängig* von der Größe der Maske. median_separate lässt sich beispielsweise gut nach Texturfiltern einsetzen, da dort große Masken benötigt werden.

Zur Verbesserung der Glättung kann der Filter auch mehrfach hintereinander angewandt werden.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Aus Laufzeitgründen wird das Eingabebild Image nicht auf NaNs überprüft. Die Verwendung eines Eingabebildes mit NaNs führt zum Absturz von HALCON.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Zu filterndes Bild.
- ▷ **ImageSMedian** (output_object) .... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Mediangefiltertes Bild.
- ▷ **MaskWidth** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite der Rangmaske.
  Default: 25
  Wertevorschläge: MaskWidth ∈ {1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 27, 43, 51, 67, 91, 121, 151}
  Wertebereich: 1 ≤ MaskWidth ≤ 401
  Minimale Schrittweite: 2
  Empfohlene Schrittweite: 2
- ▷ **MaskHeight** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe der Rangmaske.
  Default: 25
  Wertevorschläge: MaskHeight ∈ {1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 27, 43, 51, 67, 91, 121, 151}
  Wertebereich: 1 ≤ MaskHeight ≤ 401
  Minimale Schrittweite: 2
  Empfohlene Schrittweite: 2
- ▷ **Margin** (input_control) ..... string ⇝ *string* / integer / real
  Randbehandlung.
  Default: 'mirrored'
  Wertevorschläge: Margin ∈ {'mirrored', 'cyclic', 'continued', 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 255}

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
median_separate(Image,MedianSeparate,5,5,3)
dev_display(MedianSeparate)
```

Komplexität

Pro Bildpunkt: O(40).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`texture_laws`, `sobel_amp`, `deviation_image`

Nachfolger

`learn_ndim_norm`, `regiongrowing`, `auto_threshold`

Alternativen

`median_image`

Siehe auch

`rank_image`

Literatur

R. Haralick, L. Shapiro; „Computer and Robot Vision“; Addison-Wesley, 1992, Seite 319

Modul

Foundation

`median_weighted ( Image : ImageWMedian : MaskType, MaskSize : )`

Gewichtete Medianfilterung mit verschiedenen Rangmasken.

`median_weighted` berechnet den Median der Grauwerte innerhalb einer lokalen Umgebung. Im Gegensatz zu `median_image`, bei dem alle Grauwerte innerhalb der Umgebung genau einmal eingehen, werden bei `median_weighted` die Grauwerte, abhängig von ihrer Position mehrfach gewichtet. Dabei wird ein Grauwert, entsprechend seiner Gewichtung mehrfach in das zu sortierende Feld aufgenommen. Es stehen folgende Masken zur Verfügung:

'gauss' (`MaskSize` = 3)

$$\begin{matrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{matrix}$$

'inner' (`MaskSize` = 3)

$$\begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

Der `median_weighted` ist, dass im Gegensatz zu `median_image` Grauwertecken erhalten bleiben.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
Zu filterndes Bild.

▷ **`ImageWMedian`** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
Mediangefiltertes Bild.

▷ **`MaskType`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art der Median-Maske.
Default: 'inner'
Werteliste: `MaskType` ∈ {'inner', 'gauss'}

▷ **MaskSize** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Maskengröße.
Default: 3
Werteliste: MaskSize ∈ {3}

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
median_weighted(Image,MedianWeighted,'gauss',3)
dev_display(MedianWeighted)
```

Komplexität

Pro Bildpunkt: $O(F * log(F))$ mit F = Fläche von MaskType.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

read_image

Nachfolger

threshold, dyn_threshold, regiongrowing

Alternativen

median_image, trimmed_mean, sigma_image

Literatur

R. Haralick, L. Shapiro; „Computer and Robot Vision“; Addison-Wesley, 1992, Seite 319

Modul

Foundation

midrange_image (Image, Mask : ImageMidrange : Margin :)

Mittelwert aus Maximum und Minimum innerhalb einer beliebigen Maske.

midrange_image bildet den Mittelwert aus Maximum und Minimum innerhalb der angegebenen Maske im gesamten Bild. Es kann bei der Filterung zwischen verschiedenen Randbehandlungen (Margin) gewählt werden:

Grauwert Bildpunkte außerhalb der Bildränder werden als konstant (mit dem angegebenen Grauwert) angenommen.

'continued' Fortsetzung der Randpunkte.

'cyclic' Zyklische Fortsetzung der Bildränder.

'mirrored' Spiegelung der Bildpunkte an den Bildrändern.

Die angegebene Maske (= Region des Maskenobjekts) wird so über die zu filternden Bilder geschoben, dass der Schwerpunkt der Maske alle Bildpunkte einmal berührt.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Zu filterndes Bild.
- ▷ **Mask** (input_object) . . . . . region ⇝ *object*
  Filtermaske.
- ▷ **ImageMidrange** (output_object) . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Gefiltertes Bild.
- ▷ **Margin** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer / real
  Randbehandlung.
  Default: 'mirrored'
  Wertevorschläge: `Margin` ∈ {'mirrored', 'cyclic', 'continued', 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 255}

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
draw_region(Region,WindowHandle)
midrange_image(Image,Region,Midrange,'mirrored')
dev_display(Midrange)
```

Komplexität

Pro Bildpunkt: $O(sqrt(F) * 5)$ mit F = Fläche von `Mask`.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `midrange_image` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`read_image`, `draw_region`, `gen_circle`, `gen_rectangle1`

Nachfolger

`threshold`, `dyn_threshold`, `regiongrowing`

Alternativen

`sigma_image`

Siehe auch

`gen_circle`, `gen_rectangle1`, `gray_erosion_rect`, `gray_dilation_rect`, `gray_range_rect`

Literatur

R. Haralick, L. Shapiro; „Computer and Robot Vision“; Addison-Wesley, 1992, Seite 319

Modul

Foundation

`rank_image ( Image, Mask : ImageRank : Rank, Margin : )`

Rangfilterung mit beliebigen Masken.

`rank_image` führt eine Rangfilterung des Eingabebildes `Image` mit einer Maske, die durch die Region `Mask` beschrieben wird, durch und liefert das gefilterte Bild in `ImageRank` zurück. Die Form der Maske kann beliebig

gewählt werden und z.B. mit Operatoren wie gen_circle oder draw_region erzeugt werden. Die Position der Maske spielt dabei keine Rolle, da der Schwerpunkt der Maskenregion als Referenzpunkt der Maske verwendet wird.

Konzeptuell sortiert der Rangfilter alle Grauwerte innerhalb der Maske aufsteigend und wählt dann den Grauwert mit dem Rang Rank aus. Dabei entspricht der Rang 1 dem kleinsten Grauwert und der Rang A dem größten Grauwert innerhalb der Maske. Hierbei ist A die Fläche von Mask (siehe area_center). Für $\texttt{Rank} = (A-1)/2+1$ liefert rank_image den Median zurück (siehe median_image). Für $\texttt{Rank} = 1$ entspricht rank_image einer Grauwerterosion (siehe gray_erosion_rect, gray_erosion_shape und gray_erosion), für $\texttt{Rank} = A$ entspricht rank_rect einer Grauwertdilatation (siehe gray_dilation_rect, gray_dilation_shape und gray_dilation).

rank_image kann unter anderem zur Rauschunterdrückung oder zum Unterdrücken unerwünschter Objekte, die kleiner als die Maske sind, verwendet werden. Außerdem ist rank_image unempfindlicher gegenüber Rauschen als die entsprechenden Operatoren der Grauwertmorphologie. Um eine robustere Version der Grauwertmorphologie zu erhalten, empfiehlt es sich daher, anstatt 1 bzw. A etwas höhere bzw. niedrigere Werte für Rank zu wählen.

Bei der Filterung kann über Margin zwischen verschiedenen Randbehandlungen gewählt werden:

Grauwert Bildpunkte außerhalb der Bildränder werden als konstant (mit dem angegebenen Grauwert) angenommen.

'continued' Fortsetzung der Randpunkte.

'cyclic' Zyklische Fortsetzung der Bildränder.

'mirrored' Spiegelung der Bildpunkte an den Bildrändern.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

rank_image verwendet einen Algorithmus mit einer Laufzeit pro Pixel, die von der Anzahl der Sehnen der Maske Mask abhängt. Daher ist rank_image für rechteckige Masken mit einer großen Maskenhöhe langsamer als rank_rect. Die genaue Maskenhöhe, ab der rank_rect schneller ist, ist abhängig von der Rechnerarchitektur (Prozessortyp, Verfügbarkeit von SIMD-Befehlen wie SSE2 oder MMX, Cachegröße und -durchsatz, Speicherdurchsatz). Typischerweise ist das für eine Maskenhöhe > 15 der Fall, kann aber z.B. bei nicht vorhandenen SIMD-Befehlen und langsamem Speicher auch erst für größere Maskenhöhen zutreffen.

Weiterhin ist zu beachten, dass rank_rect aufgrund der rekursiven Implementierung die Filterantwort intern auf dem kleinsten umschließenden Rechteck der Region des Bildes berechnet. Falls die Region nur einen sehr kleinen Teil des umschließenden Rechtecks abdeckt, kann es daher vorkommen, dass rank_image auch für größere Maskenhöhen schneller als rank_rect ist.

rank_image sollte weder mit $\texttt{Rank} = 1$ zur Berechnung einer Grauwerterosion noch mit $\texttt{Rank} = A$ zur Berechnung einer Grauwertdilatation verwendet werden. In diesen Fällen sind die Operatoren gray_erosion_rect, gray_erosion_shape oder gray_erosion bzw. gray_dilation_rect, gray_dilation_shape oder gray_dilation typischerweise schneller als rank_image.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Zu filterndes Bild.
- ▷ **Mask** (input_object) . . . . . region ⇝ *object*
  Filtermaske.
- ▷ **ImageRank** (output_object) . . . . . multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Gefiltertes Bild.
- ▷ **Rank** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Rang des Ausgabegrauwerts.
  Default: 5
  Wertevorschläge: Rank ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 31, 49, 51, 61, 71, 81, 91, 101}
  Wertebereich: $1 \leq \texttt{Rank} \leq 4095$
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **Margin** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer / real
Randbehandlung.
Default: 'mirrored'
Wertevorschläge: Margin ∈ {'mirrored', 'cyclic', 'continued', 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 255}

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
draw_region (Region, WindowHandle)
rank_image (Image, Region, ImageRank, 5, 'mirrored')
dev_display(ImageRank)
```

Komplexität

Pro Bildpunkt: $O(N)$, wobei N die Anzahl der Sehnen von Mask ist (siehe runlength_features).

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert rank_image den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

read_image, draw_region, gen_circle, gen_rectangle1, gen_rectangle2

Nachfolger

threshold, dyn_threshold, regiongrowing

Alternativen

rank_rect, median_image, median_rect

Siehe auch

gray_erosion_rect, gray_dilation_rect, gray_erosion_shape, gray_dilation_shape, gray_erosion, gray_dilation

Literatur

T.S. Huang, G.J. Yang, G.Y. Tang; „A Fast Two-Dimensional Median Filtering Algorithm“; IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 27, no. 1, pp. 13-18, 1979.

R. Haralick, L. Shapiro; „Computer and Robot Vision“; Addison-Wesley, 1992, pp. 318-320.

Modul

Foundation

rank_n (Image : RankImage : RankIndex :)

Rückgabe der Grauwerte mit angegebenem Rang aus mehreren Kanälen.

rank_n gibt pixelweise das Ergebnis der Rang-Funktion über alle Kanäle des Eingabebildes Image zurück.

Für jedes Pixel des Eingabebildes gilt: Die Grauwerte aller Kanäle an dieser Position werden aufsteigend sortiert. Dann wird das Pixel mit Index RankIndex ausgewählt und im Ausgabebild an die gleiche Position geschrieben. Das Ausgabebild hat einen Kanal.

Die Spezialfälle RankIndex = *1* und RankIndex = *'(Anzahl Eingabekanäle)'* liefern jeweils das Minimum bzw. Maximum. RankIndex = *'(Anzahl Eingabekanäle + 1) / 2'* liefert den Median (hierbei bezeichnet / die ganzzahlige Division). Für ein fünfkanaliges Bild liefert also *3* den Median.

Der Operator rank_n ist nicht mit dem Operator rank_image zu verwechseln der die Rang-Funktion innerhalb einer bestimmten Maske durchführt.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
  Mehrkanaliges Graubild.
- ▷ **RankImage** (output_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
  Ergebnis der Rang-Funktion.
- ▷ **RankIndex** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Rang der zurückzugebenden Grauwertbilder.
  Default: 2
  Wertevorschläge: RankIndex ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20}

Beispiel

```
compose5 (Image1, Image2, Image3, Image4, Image5, MultiChannelImage)
rank_n (MultiChannelImage, ImageMin, 1)
rank_n (MultiChannelImage, ImageMax, 5)
rank_n (MultiChannelImage, ImageMedian, 3)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

compose2, compose3, compose4, compose5, add_channels

Alternativen

mean_n

Siehe auch

count_channels, rank_image

Modul

Foundation

rank_rect (Image : ImageRank : MaskWidth, MaskHeight, Rank :)

Rangfilterung mit rechteckigen Rangmasken.

rank_rect führt eine Rangfilterung des Eingabebildes Image mit einer rechteckigen Maske der Größe MaskWidth × MaskHeight durch und liefert das gefilterte Bild in ImageRank zurück.

Konzeptuell sortiert der Rangfilter alle Grauwerte innerhalb der Maske aufsteigend und wählt dann den Grauwert mit dem Rang Rank aus. Dabei entspricht der Rang 1 dem kleinsten Grauwert und der Rang MaskWidth · MaskHeight dem größten Grauwert innerhalb der Maske. Für Rank = (MaskWidth · MaskHeight − 1)/2 + 1 liefert rank_rect den Median zurück (siehe median_rect). Für Rank = 1 entspricht rank_rect einer Grauwerterosion (siehe gray_erosion_rect, gray_erosion_shape und gray_erosion), für Rank = MaskWidth · MaskHeight entspricht rank_rect einer Grauwertdilatation (siehe gray_dilation_rect, gray_dilation_shape und gray_dilation).

rank_rect kann unter anderem zur Rauschunterdrückung oder zum Unterdrücken unerwünschter Objekte, die kleiner als die Maske sind, verwendet werden. Außerdem ist rank_rect unempfindlicher gegenüber Rauschen

als die entsprechenden Operatoren der Grauwertmorphologie. Um eine robustere Version der Grauwertmorphologie zu erhalten, empfiehlt es sich daher, anstatt 1 bzw. MaskWidth · MaskHeight etwas höhere bzw. niedrigere Werte für Rank zu wählen.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Werden für MaskHeight oder MaskWidth gerade statt ungerade Werte übergeben, verwendet rank_rect an ihrer Stelle die nächstgrößeren ungeraden Werte.

rank_rect verwendet einen Algorithmus mit konstanter Laufzeit pro Pixel, so dass die Laufzeit des Operators nur von der Eingabebildgröße und nicht von der Maskengröße abhängt. Daher ist rank_rect für große Masken die schnellste Implementierung des Rangfilters in HALCON. Abhängig von der Rechnerarchitektur (Prozessortyp, Verfügbarkeit von SIMD-Befehlen wie SSE2 oder MMX, Cachegröße und -durchsatz, Speicherdurchsatz) ist für kleine Werte von MaskHeight die in rank_image verwendete Implementierung schneller als rank_rect. Typischerweise ist das für MaskHeight $\leq$ 15 der Fall, kann aber z.B. bei nicht vorhandenen SIMD-Befehlen und langsamem Speicher auch für größere Werte von MaskHeight zutreffen.

Weiterhin ist zu beachten, dass rank_rect aufgrund der rekursiven Implementierung die Filterantwort intern auf dem kleinsten umschließenden Rechteck der Region des Bildes berechnet. Falls die Region nur einen sehr kleinen Teil des umschließenden Rechtecks abdeckt, kann es daher vorkommen, dass rank_image auch für größere Werte von MaskHeight schneller als rank_rect ist.

rank_rect sollte weder mit Rank = 1 zur Berechnung einer Grauwerterosion noch mit Rank = MaskWidth · MaskHeight zur Berechnung einer Grauwertdilatation verwendet werden. In diesen Fällen sind die Operatoren gray_erosion_rect oder gray_erosion_shape bzw. gray_dilation_rect oder gray_dilation_shape für fast alle Maskengrößen schneller als rank_rect.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
Zu filterndes Bild.

▷ **ImageRank** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
Gefiltertes Bild.

▷ **MaskWidth** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Breite der Filtermaske.
Default: 15
Wertevorschläge: MaskWidth ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 31, 49, 51, 61, 71, 81, 91, 101}
Wertebereich: 3 ≤ MaskWidth ≤ 4095
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **MaskHeight** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Höhe der Filtermaske.
Default: 15
Wertevorschläge: MaskHeight ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 31, 49, 51, 61, 71, 81, 91, 101}
Wertebereich: 3 ≤ MaskHeight ≤ 4095
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **Rank** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Rang des Ausgabegrauwerts.
Default: 5
Wertevorschläge: Rank ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 31, 49, 51, 61, 71, 81, 91, 101}
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: 1 <= Rank && Rank <= MaskWidth * MaskHeight

Komplexität

Pro Bildpunkt: $O(1)$.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert rank_rect den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system

('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

read_image

Nachfolger

threshold, dyn_threshold, regiongrowing

Alternativen

rank_image, median_rect, median_image

Siehe auch

gray_erosion_rect, gray_dilation_rect, gray_erosion_shape, gray_dilation_shape, gray_erosion, gray_dilation

Literatur

S. Perreault, P. Hébert; „Median Filtering in Constant Time“; IEEE Transactions on Image Processing, vol. 16, no. 9, pp. 2389-2394, 2007.

D. Cline, K.B. White, P.K. Egbert; „Fast 8-Bit Median Filtering Based On Separability“; International Conference on Image Processing, vol. V, pp. 281-284, 2007.

Modul

Foundation

sigma_image (Image : ImageSigma : MaskHeight, MaskWidth, Sigma :)

Nichtlineare Glättung mit dem Sigmafilter.

sigma_image führt eine nichtlineare Glättung der Grauwerte aller Eingabebilder (Image) durch. Alle Bildpunkte in einem rechteckigen Fenster (MaskHeight × MaskWidth) werden verwendet, um den neuen Grauwert des zentralen Bildpunktes in diesem Fenster zu bestimmen. Zunächst wird die Standardabweichung der Grauwerte aller Bildpunkte in diesem Fenster berechnet. Dann werden alle Bildpunkte des Fensters, deren Grauwert von dem des zentralen Bildpunktes um weniger als Sigma abweicht, verwendet, um den neuen Wert des zentralen Bildpunktes zu berechnen. Der Grauwert des zentralen Bildpunktes ergibt sich aus dem Mittelwert dieser ausgewählten Bildpunkte. Wenn kein Bildpunkt für die Mittelwertbestimmung der Grauwerte ausgewählt werden konnte, wird der Grauwert des zentralen Bildpunktes unverändert übernommen.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Werden für MaskHeight oder MaskWidth gerade statt ungerade Werte übergeben, verwendet die Routine an ihrer Stelle die nächstgrößeren ungeraden Werte (damit ist der Schwerpunkt der Filtermaske immer eindeutig bestimmt).

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real

Zu glättendes Bild.

▷ **ImageSigma** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real

Geglättetes Bild.

▷ **MaskHeight** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Fenstergröße für Mittlung (Anzahl Zeilen).
Default: 5
Wertevorschläge: MaskHeight ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
Wertebereich: 3 ≤ MaskHeight
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: odd(MaskHeight)

▷ **MaskWidth** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Fenstergröße für Mittlung (Anzahl Spalten).
Default: 5
Wertevorschläge: MaskWidth ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
Wertebereich: 3 ≤ MaskWidth
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: odd(MaskWidth)

▷ **Sigma** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Maximale Differenz zum Mittelwert.
Default: 3
Wertevorschläge: Sigma ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 20, 30, 50}
Wertebereich: 0 ≤ Sigma
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 2

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
sigma_image(Image,ImageSigma,5,5,3)
dev_display(ImageSigma)
```

Komplexität

Pro Bildpunkt: O(MaskHeight × MaskWidth).

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert sigma_image den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

read_image

Nachfolger

threshold, dyn_threshold, regiongrowing

Alternativen

anisotropic_diffusion, rank_image

Siehe auch

smooth_image, binomial_filter, gauss_filter, mean_image

Literatur

R. Haralick, L. Shapiro; „Computer and Robot Vision“; Addison-Wesley, 1992, Seite 325

Modul

Foundation

smooth_image (Image : ImageSmooth : Filter, Alpha :)

Glättung mit verschiedenen Filtern.

smooth_image dient zur Glättung von Graustufenbildern mittels rekursiver Filter (nach Deriche und Shen) bzw. mittels des konventionell implementierten Gaußfilters. Konkret lassen sich über den Parameter Filter folgende vier Filter auswählen:

'deriche1', 'deriche2', 'shen' und 'gauss'.

Die „Filterbreite“ (d.h. das Einzugsgebiet und damit die glättende Wirkung der Filter) ist frei wählbar. Sie nimmt bei den Deriche- und dem Shen-Filter mit wachsendem Filterparameter Alpha ab, beim Gaußfilter hingegen zu (Alpha ist in diesem Fall die Standardabweichung der Gaußfunktion). Eine Abschätzung des Einzugsgebiets der Filter für konkrete Werte von Alpha liefert die Routine info_smooth.

Nicht-rekursive Filter, wie hier der Gaußfilter, werden häufig mittels Filtermasken realisiert. In diesem Fall erhöht sich die Laufzeit natürlich mit wachsender Filterbreite. Die Laufzeit der rekursiven Filter ist hingegen praktisch konstant. Lediglich die Randbehandlung (Spiegelung der Randpunkte) ist bei „breiteren“ Filter etwas aufwändiger. Das Einzugsgebiet der Deriche- bzw. des Shen-Filters ist also fast ohne Mehraufwand beliebig vergrößerbar. Der daraus resultierende Laufzeitvorteil gegenüber dem Gaußfilter nimmt naturgemäß mit wachsender „Filterbreite“ zu. Allerdings ist nur der Gaußfilter isotrop, alle anderen Filter sind anisotrop (wobei der 'deriche2'-Filter nur schwach richtungs-sensitiv ist). Eine vergleichbare glättende Wirkung der Filter erhält man bei folgender Wahl von Alpha:

$$\begin{aligned} \texttt{Alpha}('deriche2') &= \frac{\texttt{Alpha}('deriche1')}{2} \\ \texttt{Alpha}('shen') &= \frac{\texttt{Alpha}('deriche1')}{2} \\ \texttt{Alpha}('gauss') &= \frac{1.77}{\texttt{Alpha}('deriche1')} \end{aligned}$$

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Zu glättende Bilder.
- **ImageSmooth** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Geglättete Bilder.
- **Filter** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Gewünschter Filter.
  Default: 'deriche2'
  Werteliste: Filter ∈ {'deriche1', 'deriche2', 'shen', 'gauss'}
- **Alpha** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Filterparameter: kleine Werte bewirken starke Glättung (bei *'gauss'* umgekehrt).
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: Alpha ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0, 10.0}
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
  Restriktion: Alpha > 0

Beispiel

```
info_smooth('deriche2',0.5,Size,Coeffs)
smooth_image(Input,Smooth,'deriche2',7)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt liefert `smooth_image` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`read_image`

Nachfolger

`threshold`, `dyn_threshold`, `regiongrowing`

Alternativen

`binomial_filter`, `gauss_filter`, `mean_image`, `derivate_gauss`, `isotropic_diffusion`

Siehe auch

`info_smooth`, `median_image`, `sigma_image`, `anisotropic_diffusion`

Literatur

R.Deriche: „Fast Algorithms for Low-Level Vision“; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence; PAMI-12, no. 1; S. 78-87; 1990.

Modul

Foundation

`trimmed_mean` `( Image, Mask : ImageTMean : Number, Margin : )`

Glättung mit einer beliebigen Rangmaske.

`trimmed_mean` führt eine nichtlineare Glättung der Grauwerte aller Eingabebilder (`Image`) durch. Die Verschiebungsmaske (`Mask`) wird in Form einer Region übergeben. Berechnet wird der Mittelwert von `Number` Grauwert, die in der Nähe des Medians liegen. Es kann bei der Filterung zwischen verschiedenen Randbehandlungen (`Margin`) gewählt werden:

Grauwert Bildpunkte außerhalb der Bildränder werden als konstant (mit dem angegebenen Grauwert) angenommen.

'continued' Fortsetzung der Randpunkte.

'cyclic' Zyklische Fortsetzung der Bildränder.

'mirrored' Spiegelung der Bildpunkte an den Bildrändern.

Die angegebene Maske (= Region des Maskenbildes) wird so über die zu filternden Bilder geschoben, dass der Schwerpunkt der Maske alle Bildpunkte einmal berührt. Für jeden solchen Bildpunkt werden alle Nachbarpunkte, die von der Maske überdeckt werden, bzgl. ihrer Grauwerte aufsteigend sortiert. Jede solche sortierte Sequenz von Grauwerten enthält somit genau so viele Grauwerte, wie die Maske Bildpunkte hat. Sei F die Fläche der Maske, dann wird aus diesen Sequenzen der Mittelwert folgendermaßen berechnet: Die ersten (F - Number)/2 Grauwerte werden ignoriert. Dann werden die folgenden `Number` Grauwerte aufsummiert und durch `Number` dividiert. Die verbleibenden (F - `Number`)/2 Grauwerte werden wiederum ignoriert.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
Zu filterndes Bild.

▷ **Mask** (input_object) . . . . . region ⇝ *object*
Bild, dessen Region als Filtermaske dient.

▷ **ImageTMean** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
Gefiltertes Ergebnisbild.

▷ **Number** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Punkte über die gemittelt wird. Typischer Wert: Fläche(Mask) / 2.
Default: 5
Wertevorschläge: `Number` ∈ {1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31}
Wertebereich: 1 ≤ `Number` ≤ 401
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **Margin** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer / real
Randbehandlung.
Default: 'mirrored'
Wertevorschläge: `Margin` ∈ {'mirrored', 'cyclic', 'continued', 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 255}

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
draw_region(Region,WindowHandle)
trimmed_mean(Image,Region,TrimmedMean,5,'mirrored')
dev_display(TrimmedMean)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `trimmed_mean` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`read_image`, `draw_region`, `gen_circle`, `gen_rectangle1`

Nachfolger

`threshold`, `dyn_threshold`, `regiongrowing`

Alternativen

`sigma_image`, `median_weighted`, `median_image`

Siehe auch

`gen_circle`, `gen_rectangle1`, `gray_erosion_rect`, `gray_dilation_rect`

Literatur

R. Haralick, L. Shapiro; „Computer and Robot Vision“; Addison-Wesley, 1992, Seite 320

Modul

Foundation

11.7 Inpainting

harmonic_interpolation (Image,
Region : InpaintedImage : Precision :)

Harmonische Interpolation auf einer Bildregion.

Der Operator harmonic_interpolation rekonstruiert die in Image zerstörten Bilddaten innerhalb der Region Region, indem er dort die diskrete Laplacegleichung $u_{xx} + u_{yy} = 0$ auf der Grauwertfunktion u löst. Die mit den Dirichlet-Randwerten aus Image außerhalb von Region eindeutige Lösung wird in InpaintedImage zurückgeliefert.

Diese Methode nennt man harmonische Interpolation, da in der Funktionentheorie die Lösungen der Laplacegleichung als harmonische Funktionen bezeichnet werden.

Falls Region den Rand der Grauwertmatrix von Image berührt und damit einige der Dirichlet-Randwerte nicht existieren, werden stattdessen von Neumann-Randwerte verwendet. Dies bedeutet, dass die Grauwerte am Rand von Image gespiegelt werden. Existieren überhaupt keine Dirichlet-Randwerte, so wird ein konstantes Bild mit Grauwert *0* zurückgeliefert.

Die Ortsableitungen werden diskretisiert durch $u_{xx}(x,y) = u(x-1,y) - 2u(x,y) + u(x+1,y)$ und $u_{yy}(x,y) = u(x,y-1) - 2u(x,y) + u(x,y+1)$. Die Gleichung wird mit Hilfe eines iterativen Konjugierte Gradienten Lösers behandelt, der die Genauigkeit schrittweise verbessert, bis die Maximum-Norm des Update-Schrittes unter den Anteil Precision der Norm der Eingabedaten fällt oder die maximale Anzahl von *1000* Schritten erreicht ist. Precision $= 0.01$ entspricht so einer relativen Rechengenauigkeit von 1%.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **Region** (input_object) . . . . . region ⇝ *object*
  Inpaintingregion.
- ▷ **InpaintedImage** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ausgabebild.
- ▷ **Precision** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Rechengenauigkeit.
  Default: 0.001
  Wertevorschläge: Precision ∈ {0.0, 0.0001, 0.001, 0.01}
  Restriktion: Precision >= 0.0

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

inpainting_ct, inpainting_aniso, inpainting_mcf, inpainting_texture, inpainting_ced

Literatur

L.C. Evans; „Partial Differential Equations“; AMS, Providence; 1998.

W. Hackbusch; „Iterative Lösung großer schwachbesetzter Gleichungssysteme“; Teubner, Stuttgart;1991.

Modul

Foundation

inpainting_aniso (Image, Region : InpaintedImage : Mode, Contrast, Theta, Iterations, Rho :)

Inpainting eines Bildbereiches durch anisotrope Diffusion.

Der Operator inpainting_aniso nutzt die anisotrope Diffusion von Grauwerten nach dem Modell von Perona und Malik, um an die Bildregion Region des Eingabebildes Image angrenzende Bildkanten in Region hinein fortzusetzen und zu verbinden.

Dadurch kann die Struktur der Bildkanten in Region konsistent zur umgebenden Bildmatrix gemacht werden, so dass eine Überdeckung von Fehlstellen oder Störobjekten im Eingabebild, ein sogenanntes Inpainting, für einen menschlichen Beobachter schwächer in Erscheinung tritt, da keine auffälligen Artefakte oder Schmiereffekte zurückbleiben.

Ordnet man dem Bild eine Grauwertfunktion u zu, so ist der Algorithmus eine Diskretisierung der partiellen Differentialgleichung

$$u_t = div(g(|\nabla u|^2, c)\nabla u)$$

mit dem durch Image definierten Anfangswert $u = u_0$ zu einem Zeitpunkt $t_0 = 0$. Die Gleichung wird dabei Iterations mal in Zeitschritten der Länge Theta iteriert, so dass das Ausgabebild InpaintedImage die Grauwertfunktion zum Zeitpunkt Iterations $\cdot$ Theta enthält.

Ziel der anisotropen Diffusion, die auch als nichtlinear isotrope Diffusion bezeichnet wird, ist es ursprünglich, in flächigen Bildbereichen Bildstörungen wie Rauschen zu eliminieren, ohne dabei Bildkanten zu verwischen. Die Unterscheidung zwischen Kanten und Flächen wird durch den Schwellenwert Contrast für die Größe der Grauwertdifferenz zwischen benachbarten Pixeln getroffen. Contrast wird auch als Kontrastparameter bezeichnet und mit c abgekürzt. Wird die Kanteninformation durch Glättung der Kantenamplitude in der Umgebung der bereits vorhandenen Kanten ausgebreitet, so ist es darüber hinaus möglich, die Kanten in das Rechengebiet Region hinein fortzusetzen. Die Standardabweichung dieses Glättungsvorganges wird durch den Parameter Rho bestimmt.

Der verwendete Algorithmus entspricht im Wesentlichen dem im anisotropen Diffusionsfilter anisotropic_diffusion, allerdings geschieht hier keine Randbehandlung durch Spiegelung der Grauwerte am Rand von Region. Stattdessen ist dieses Verfahren nur auf Regionen anwendbar, die einen Abstand von mindestens 3 Pixeln zum Rand der Bildmatrix von Image einhalten, da die Grauwerte auf diesem Streifen um Region genutzt werden, um Randwerte für die verwendete Differentialgleichung zu definieren und so die Konsistenz zur Umgebung von Region herzustellen. Dabei ist zu beachten, dass der Inpaintingvorgang sich auf diejenigen Pixel beschränkt, die innerhalb der ROI des Eingabebildes Image liegen. Umfasst diese nicht die gesamte Region Region, so wird ein Streifen um die Schnittmenge aus Region und der ROI verwendet, um die Randwerte zu definieren.

Das Ergebnis des Diffusionsvorganges ist auch hier abhängig von den Grauwerten im Rechengebiet des Eingabebildes Image. Es ist zu beachten, dass bereits vorhandene Bildkanten dort erhalten werden. Dies gilt insbesondere auch für Grauwertsprünge am Rand von Region, die etwa durch Inpainting mit einem konstanten Grauwert entstehen. Soll das Verfahren zum Inpainting verwendet werden, empfiehlt es sich, zuvor den Operator harmonic_interpolation anzuwenden, um sämtliche störenden Kanten aus dem Rechengebiet zu entfernen und die maximale Grauwertdifferenz zwischen Nachbarpixeln zu minimieren, es sei denn das ursprüngliche Bild enthält in Region bereits Informationen, die erhalten werden sollen.

Der variable Diffusionskoeffizient g der Differentialgleichung kann verschiedenen monoton fallenden Funktionen mit Werten zwischen *0* und *1* folgen und bestimmt das Antwortverhalten des Diffusionsvorganges auf eine Kante. Über den Parameter Mode stehen die folgenden Funktionen zur Verfügung:

$$g_1(x, c) = \frac{1}{\sqrt{1 + 2\frac{x}{c^2}}}$$

Die Wahl der Funktion g_1, wenn Mode auf *'parabolic'* gesetzt wird, garantiert, dass die zugehörige Differentialgleichung parabolisch ist, so dass eine Wohlgestelltheitstheorie für das Problem existiert und das Verfahren für beliebige Schrittweiten Theta stabil ist. In diesem Falle bleibt es aber bei einer leichten Diffusion auch über Kanten hinweg, deren Stärke c übersteigt.

$$g_2(x, c) = \frac{1}{1 + \frac{x}{c^2}}$$

Die in der Veröffentlichung von Perona und Malik verwendete Funktion bei Wahl von *'perona-malik'* für `Mode` besitzt nicht die theoretischen Eigenschaften von g_1, hat sich in der Praxis aber dennoch als ausreichend stabil erwiesen. Die theoretische Instabilität zeigt sich in einer leichten Schärfung von starken Kanten.

$$g_3(x,c) = 1 - \exp(-C\frac{c^8}{x^4})$$

Die von Weickert vorgeschlagene Wahl g_3 bei `Mode`=*'weickert'* mit der Konstanten $C = 3.31488$ ist eine Steigerung von g_2 im Bezug auf die Kantenschärfe. Der Übergang zwischen Glättung und Schärfung erfolgt hier sehr abrupt an der Stelle $x = c^2$.

Darüber hinaus ist für `Mode` noch der Wert *'shock'* möglich, durch den eine kontrastinvariante Abwandlung der anisotropen Diffusion gewählt wird. In dieser Variante wird die Erzeugung von Kanten nicht durch die Variation des Diffusionskoeffizienten g erreicht, sondern ein konstanter Koeffizient $g = 1$ und damit isotrope Diffusion verwendet. Zusätzlich wird ein Schockfilter vom Typ

$$u_t = -sgn(\nabla|\nabla u|)|\nabla u|$$

eingesetzt, der ebenso wie ein negativer Diffusionskoeffizient der Kantenschärfung dient, diese Schärfung aber unabhängig vom Absolutwert von $|\nabla u|$ bewirkt. In diesem Modus hat `Contrast` nicht die Bedeutung eines Kontrastparameters, sondern bestimmt das Verhältnis zwischen Diffusions- und Schockfilteranteil in jedem Iterationsschritt. Der Wert *0* entspräche demnach reiner isotroper Diffusion, wie sie im Operator `isotropic_diffusion` verwendet wird. Der Parameter ist so skaliert, dass sich Diffusion und Schärfung für `Contrast` = *1* gerade aufheben. Ein Wert `Contrast` > *1* sollte nicht verwendet werden, da das Verfahren dadurch instabil wird.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **`Region`** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Inpaintingregion.
- ▷ **`InpaintedImage`** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ausgabebild.
- ▷ **`Mode`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art des Kantenschärfungsalgorithmus.
  Default: 'weickert'
  Werteliste: `Mode` ∈ {'weickert', 'perona-malik', 'parabolic', 'shock'}
- ▷ **`Contrast`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Kontrastparameter.
  Default: 5.0
  Wertevorschläge: `Contrast` ∈ {0.5, 2.0, 5.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0}
  Restriktion: Contrast > 0
- ▷ **`Theta`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Schrittweite.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: `Theta` ∈ {0.5, 1.0, 5.0, 10.0, 30.0, 100.0}
  Restriktion: Theta > 0
- ▷ **`Iterations`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl Iterationen.
  Default: 10
  Wertevorschläge: `Iterations` ∈ {1, 3, 10, 100, 500}
  Restriktion: Iterations >= 1
- ▷ **`Rho`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Glättungskoeffizient für Kanteninformation.
  Default: 3.0
  Wertevorschläge: `Rho` ∈ {0.0, 0.1, 0.5, 1.0, 3.0, 10.0}
  Restriktion: Rho >= 0

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
gen_rectangle1 (Rectangle, 270, 180, 320, 230)
harmonic_interpolation (Image, Rectangle, InpaintedImage, 0.01)
inpainting_aniso (InpaintedImage, Rectangle, InpaintedImage2, \
                  'perona-malik', 5.0, 100, 50, 0.5)
dev_display(InpaintedImage2)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Alternativen

harmonic_interpolation, inpainting_ct, inpainting_mcf, inpainting_texture, inpainting_ced

Literatur

J. Weickert; „Anisotropic Diffusion in Image Processing“; PhD Thesis; Fachbereich Mathematik, Universität Kaiserslautern; 1996.

P. Perona, J. Malik; „Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion“; Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 12(7), pp. 629-639; IEEE; 1990.

G. Aubert, P. Kornprobst; „Mathematical Problems in Image Processing“; Applied Mathematical Sciences 147; Springer, New York; 2002.

Modul

Foundation

inpainting_ced (Image, Region : InpaintedImage : Sigma, Rho, Theta, Iterations :)

Inpainting eines Bildbereiches durch kohärenzverstärkende Diffusion.

Der Operator inpainting_ced führt einen anisotropen Diffusionsvorgang in der Region Region des Eingabebildes Image durch mit dem Ziel, durch Verstärkung der Kohärenz der in Image enthaltenen Bildstrukturen unterbrochene Bildkanten diffusiv miteinander zu verbinden ohne sie dabei senkrecht zur Kantenrichtung zu verschmieren. Dieser Mechanismus entspricht dem des Operators coherence_enhancing_diff, der auf einer Diskretisierung der anisotropen Diffusionsgleichung

$$u_t = div(G(u)\nabla u)$$

nach Weickert beruht. Diese Gleichung, mit einer von den Grauwerten in Image abhängigen 2×2 Koeffizientenmatrix G, ist eine Verallgemeinerung der Krümmungsfluss- oder intrinsischen Wärmeleitungsgleichung

$$u_t = div(\frac{\nabla u}{|\nabla u|})|\nabla u| = curv(u)|\nabla u|$$

mit der durch das Eingabebild Image zu einem Zeitpunkt $t_0 = 0$ definierten Grauwertfunktion u. Der Operator mean_curvature_flow ist eine direkte Anwendung der Krümmungsflussgleichung, mit Hilfe des Operators inpainting_mcf, kann sie auch für das Image Inpainting genutzt werden. Die diskrete Gleichung wird in Iterations Zeitschritten der Länge Theta gelöst, so dass das Ausgabebild InpaintedImage die Grauwertfunktion zur Zeit Iterations · Theta enthält.

Um die Kantenrichtungen insbesondere bei verrauschten Eingabedaten stabiler zu bestimmen, kann der Berechnung der Grauwertgradienten ein zusätzlicher isotroper Glättungsschritt vorgeschaltet werden. Der Parameter

Sigma bestimmt die Stärke dieser Glättung als Standardabweichung des zugehörigen Gauß-Faltungskernes, wie er auch im Operator isotropic_diffusion zur isotropen Glättung eines Bildes verwendet wird.

Ebenso wie im Operator inpainting_mcf wird hier die Struktur der Bilddaten in Region durch Glättung der Niveaulinien vereinfacht. So lassen sich störende Objekte aus dem Bild entfernen, wobei die Kanten der Umgebung stetig fortgesetzt werden. Diesen Vorgang bezeichnet man als Image Inpainting. Ziel ist es, dass keine auffälligen Artefakte oder Schmiereffekte zurückbleiben, damit die Bildmanipulation für einen menschlichen Beobachter möglichst schwach sichtbar wird.

Während die Matrix G im Fall des Krümmungsflusses inpainting_mcf gegeben wird durch

$$G_{MCF}(u) = I - \frac{1}{|\nabla u|^2} \nabla u (\nabla u)^T,$$

wobei I die Einheitsmatrix bezeichnet, wird die Matrix G_{MCF} in inpainting_ced komponentenweise in Ortsrichtung durch einen Gaußfilter mit Standardabweichung Rho geglättet und anschließend aus den Eigenwerten λ_1, λ_2 und Eigenvektoren w_1, w_2 der so entstandenen Matrix die endgültige Koeffizientenmatrix

$$G_{CED} = g_1\left((\lambda_1 - \lambda_2)^2\right) w_1 (w_1)^T + g_2\left((\lambda_1 - \lambda_2)^2\right) w_2 (w_2)^T$$

konstruiert, wobei die Funktionen

$$\begin{aligned} g_1(p) &= 0.001 \\ g_2(p) &= 0.001 + 0.999 \exp\left(\frac{-1}{p}\right) \end{aligned}$$

empirisch bestimmt und aus der Veröffentlichung von Weickert entnommen sind.

Die Diffusionsrichtung wird bei inpainting_mcf also alleine durch die lokale Richtung des Grauwertgradienten bestimmt, wohingegen G_{CED} die makroskopische Struktur der Bildobjekte auf der Skala Rho wiedergibt und die Stärke der Diffusion in inpainting_ced davon abhängt, wie gut diese Struktur definiert ist.

Um bestmögliche Übereinstimmung der erzeugten Kanten mit den Bilddaten der Umgebung zu erreichen, werden nicht wie bei Filtern üblich die Grauwerte am Rand des Rechengebietes Region gespiegelt, um die Glättung mit der Filtermaske zum Wert Rho auf den randnahen Pixeln durchzuführen. Stattdessen wird die Existenz von Grauwerten auf einem $ceil(3.1 * Rho) + 2$ Pixel breiten Streifen um Region vorausgesetzt und diese Werte bei der Anwendung der Faltungsmaske mitverwendet. Das bedeutet, Region muss mindestens diesen Abstand zum Rand der Bildmatrix Image einhalten. Durch die Einbeziehung der Grauwerte und Richtungsinformationen in diesem erweiterten Gebiet wird erreicht, dass die Fortsetzung der Kanten nicht nur stetig, sondern auch glatt, das heißt ohne Knicke, erfolgt. Es ist zu beachten, dass der Inpaintingvorgang sich auf diejenigen Pixel beschränkt, die innerhalb der ROI des Eingabebildes Image liegen. Umfasst diese nicht die gesamte Region Region, so wird ein Streifen um die Schnittmenge aus Region und der ROI verwendet, um die Randwerte zu definieren.

Um die Anzahl der notwendigen Iterationen bis zum Erreichen eines zufriedenstellenden Zustandes zu reduzieren, kann es sinnvoll sein, die Grauwertmatrix in Region vor Aufruf von inpainting_ced durch den Operator harmonic_interpolation mit der harmonischen Interpolante, einer stetigen Funktion mit minimaler Krümmung, vorzuinitialisieren.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **Region** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Inpaintingregion.
- ▷ **InpaintedImage** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ausgabebild.
- ▷ **Sigma** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Glättungsparameter für Ableitungsoperator.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: Sigma ∈ {0.0, 0.1, 0.5, 1.0}
  Restriktion: Sigma >= 0

▷ **Rho** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Glättungsparameter für Diffusionskoeffizienten.
Default: 3.0
Wertevorschläge: Rho ∈ {0.0, 1.0, 3.0, 5.0, 10.0, 30.0}
Restriktion: Rho >= 0

▷ **Theta** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Zeitschritt.
Default: 0.5
Wertevorschläge: Theta ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5}
Restriktion: 0 < Theta <= 0.5

▷ **Iterations** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl Iterationen.
Default: 10
Wertevorschläge: Iterations ∈ {1, 5, 10, 20, 50, 100, 500}
Restriktion: Iterations >= 1

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
gen_rectangle1 (Rectangle, 270, 180, 320, 230)
harmonic_interpolation (Image, Rectangle, InpaintedImage, 0.01)
inpainting_ced (InpaintedImage, Rectangle, InpaintedImage2, \
                0.5, 3.0, 0.5, 1000)
dev_display(InpaintedImage2)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Alternativen

harmonic_interpolation, inpainting_ct, inpainting_aniso, inpainting_mcf, inpainting_texture

Literatur

J. Weickert, V. Hlavac, R. Sara; „Multiscale texture enhancement“; Computer analysis of images and patterns, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 970, pp. 230-237; Springer, Berlin; 1995.

J. Weickert, B. ter Haar Romeny, L. Florack, J. Koenderink, M. Viergever; „A review of nonlinear diffusion filtering“; Scale-Space Theory in Computer Vision, Lecture Notes in Comp. Science, Vol. 1252, pp. 3-28; Springer, Berlin; 1997.

Modul

Foundation

inpainting_ct (Image, Region : InpaintedImage : Epsilon, Kappa, Sigma, Rho, ChannelCoefficients :)

Inpainting eines Bildbereiches mittels Kohärenztransport.

Der Operator inpainting_ct führt ein Inpainting auf der Region Region im Bild Image durch, indem Bildinformation vom Rand dieser Region entlang der Kohärenzrichtung in das Innere transportiert wird.

Das grundlegende Konzept dieses Operators ist Inpainting durch Fortsetzten unterbrochener Höhenlinien. Somit müssen der Bildinhalt und die Inpaintingregion so beschaffen sein, dass diese Idee anwendbar ist. Das heißt, wenn eine Höhenlinie die Inpaintingregion beim Pixel p trifft, dann sollte es einen gegenüberliegenden Punkt q geben, an dem diese Höhenlinie weiterläuft so, dass die Fortsetzung Höhenlinie von zwei gegenüberliegenden Seiten funktioniert. In Fällen, in denen das Bild wenig Geometrie besitzt, kann ein diffusionsbasierter Inpainter, z.B., harmonic_interpolation bessere Ergebnisse liefern. Alternativ kann Kappa auf *0* gesetzt werden. Ein

Extremfall mit geringen globalen Geometrien sind reine Texturen. Dann wird die Idee hinter diesem Operator keine guten Ergebnisse produzieren (man denke z.B. an ein Schachbrettmuster mit einer großen Inpaintingregion relativ zu den Schachfeldern). Für diesen Typ Bild ist ein texturbasiertes Inpainting, wie z.B. `inpainting_texture`, zu empfehlen.

Der Operator verwendet ein sogenanntes Upwind-Schema, um den fehlenden Pixeln Grauwerte zuzuweisen, d.h.,:

- Die Reihenfolge der zu bearbeitenden Pixel ist durch deren euklidischen Abstand zum Rand der Inpaintingregion gegeben.
- Ein neuer Wert u_i wird als ein gewichtetes Mittel von bereits bekannten Werten u_j, die innerhalb einer Kreisscheibe vom Radius `Epsilon` um das aktuelle Pixel liegen, berechnet. Diese Kreisscheibe ist beschränkt auf bereits bekannte Pixel.
- Die Maskengröße dieses Schemas hängt von `Epsilon` ab.

Die anfänglich verwendeten Bilddaten stammen aus einem Streifen der Dicke `Epsilon` um die Inpaintingregion. Damit das Schema funktioniert, muss `Epsilon` mindestens 1 sein, sollte aber größer gewählt werden. Der maximale Wert für `Epsilon` hängt von den Grauwerten, die die in die Region transportiert werden sollen, ab. Eine Wahl von `Epsilon` $= 5$ ist in vielen Fällen anwendbar.

Da das Ziel ist, unterbrochene Höhenlinien zu schließen, muss deren Richtung geschätzt und als Gewicht verwendet werden. Die geschätzte Richtung heißt Kohärenzrichtung, und wird mit Hilfe des Strukturtensors S berechnet.

$$S = G_\rho * DvDv^T$$

und

$$v = G_\sigma * u$$

wobei $*$ die Faltung, u das Grauwertbild , D die Ableitung und G Gaußkerne mit Standardabweichungen σ bzw. ρ bezeichnen. Diese Standardabweichungen werden in den Parametern `Sigma` und `Rho` des Operators übergeben. `Sigma` sollte von der Größenordnung des Rauschens oder unwichtiger kleiner Objekte sein, welche dann durch durch das Vorglätten im Schätzschritt nicht mehr berücksichtigt werden. `Rho` legt die Größe des Fensters fest, welches um einen Pixel zur Richtungsschätzung gelegt wird. Die Kohärenzrichtung c ist die Eigenrichtung von S zum minimalen Eigenwert λ , d.h.

$$Sc = \lambda c, |c| = 1$$

Zur Bearbeitung von Mehrkanal- oder Farbbildern wird das obige Schema auf jeden Kanal separat angewendet. Die Gewichte aber müssen für alle Kanäle gleich sein, um die Information in allen Kanälen in die gleiche Richtung zu propagieren. Wegen der Abhängigkeit der Gewichte von der Kohärenzrichtung wird hier die gemeinsame Richtung als Eigenrichtung eines zusammengesetzten Strukturtensors berechnet. Wenn nun $u_1, ..., u_n$ die n Kanäle des Bildes bezeichnen, so werden die Kanalstrukturtensoren $S_1, ..., S_n$ berechnet und wie folgt zum zusammengesetzten Strukturtensor S kombiniert.

$$S = \sum_{i=1}^{n} a_i S_i$$

Die Koeffizienten a_i werden im Parameter `ChannelCoefficients` übergeben. `ChannelCoefficients` ist dabei ein Tupel der Länge n oder der Länge 1. Falls die Tupellänge 1 ist, wird das arithmetische Mittel verwendet, d.h. $a_i = 1/n$. Ist die Tupellänge genau die Anzahl der Kanäle, so werden die Koeffizienten a_i auf

$$a_i = \frac{\texttt{ChannelCoefficients}_i}{\sum_{i=1}^{n} \texttt{ChannelCoefficients}_i}$$

gesetzt, um eine gültige Konvexkombination zu erhalten. Deswegen müssen die `ChannelCoefficients` selbst größer gleich Null sein und deren Summe größer als Null. Sollte die Tupellänge weder 1 noch gleich der Anzahl der Kanäle sein, oder die Voraussetzung an die Koeffizienten verletzt, so gibt der Operator eine Fehlermeldung aus.

Der Zweck, andere `ChannelCoefficients` als das arithmetische Mittel zu benutzen, besteht darin, verschiedene Farbcodes zu adaptieren. Die Kohärenzrichtung ist eine geometrische Information des zusammengesetzten Bildes, welche durch starke Kontraste, wie z.B. Kanten, gegeben ist. Je kontrastreicher ein Kanal ist, desto mehr geometrische Information enthält er. Folglich sollte dessen Koeffizient, relativ zu den anderen, größer gewählt werden. Für RGB-Bilder ist *[0.299, 0.587, 0.114]* eine gute Wahl.

Das Gewicht in obigem Schema ist das Produkt einer Richtungskomponente und einer Distanzkomponente. Bezeichne p den 2D-Koordinatenvektor des aktuell zu bearbeitenden Pixels und q den 2D-Koordinatenvektor eines Pixels in der Nachbarschaft (die Kreisscheibe beschränkt auf bereits bekannte Pixel). Dann misst die Richtungskomponente die Abweichung des Differenzvektors $p - q$ von der Kohärenzrichtung. Falls die Abweichung, exponentiell skaliert mit β, groß ist, wird eine kleine Richtungskomponente zugewiesen. Ansonsten wird eine große Richtungskomponente zugewiesen. β wird gesteuert durch `Kappa` (in Prozent):

$$\beta = 20 * \texttt{Epsilon} * \texttt{Kappa}/100$$

`Kappa` definiert, wie wichtig es ist, Information entlang der Kohärenzrichtung zu propagieren, d.h. ein großer Wert für `Kappa` bewirkt scharfe Kanten, während ein kleines `Kappa` mehr Diffusion erlaubt.

Ein Sonderfall ist `Kappa` gleich Null: In dieser Situation ist die Richtungskomponente konstant (1). Die Richtungsschätzung wird dabei übersprungen, um Laufzeit zu sparen, und die Parameter `Sigma`, `Rho`, `ChannelCoefficients` werden in diesem Fall bedeutungslos, d.h. die Propagation von Information basiert nicht mehr auf den im Bild sichtbaren Strukturen.

Die Distanzkomponente ist $1/|p - q|$. Folglich wird, wenn q weit entfernt von p liegt, eine kleine Distanzkomponente zugewiesen, andernfalls, wenn q nahe bei p liegt, eine große Distanzkomponente.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **`Region`** (input_object) . . . . . region ⇝ *object*
  Inpaintingregion.
- ▷ **`InpaintedImage`** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ausgabebild.
- ▷ **`Epsilon`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Radius der Pixelnachbarschaft.
  Default: 5.0
  Wertebereich: $1.0 \leq$ `Epsilon` ≤ 20.0
  Minimale Schrittweite: 1.0
  Empfohlene Schrittweite: 1.0
- ▷ **`Kappa`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Schärfeparameter in Prozent.
  Default: 25.0
  Wertebereich: $0.0 \leq$ `Kappa` ≤ 100.0
  Minimale Schrittweite: 1.0
  Empfohlene Schrittweite: 1.0
- ▷ **`Sigma`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Vorglättungsparameter.
  Default: 1.41
  Wertebereich: $0.0 \leq$ `Sigma` ≤ 20.0
  Minimale Schrittweite: 0.001
  Empfohlene Schrittweite: 0.01
- ▷ **`Rho`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Glättungsparameter für die Richtungsschätzung.
  Default: 4.0
  Wertebereich: $0.001 \leq$ `Rho` ≤ 20.0
  Minimale Schrittweite: 0.001
  Empfohlene Schrittweite: 0.01

▷ **ChannelCoefficients** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
Kanalgewichte.
Default: 1

Beispiel

```
read_image (Image, 'claudia')
gen_circle (Circle, 333, 164, 35)
inpainting_ct (Image, Circle, InpaintedImage, 15, 25, 1.5, 3,1.0)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Alternativen

harmonic_interpolation, inpainting_aniso, inpainting_mcf, inpainting_ced, inpainting_texture

Literatur

Folkmar Bornemann, Tom März: „Fast Image Inpainting Based On Coherence Transport“; Journal of Mathematical Imaging and Vision; vol. 28, no. 3; pp. 259-278; 2007.

Modul

Foundation

inpainting_mcf (Image, Region : InpaintedImage : Sigma, Theta, Iterations :)

Inpainting eines Bildbereiches durch Glättung der Höhenlinien.

Der Operator inpainting_mcf setzt die an die Bildregion Region des Eingabebildes Image angrenzenden Bildkanten in Region hinein fort und verbindet sie durch Glättung der Niveaulinien der Grauwertfunktion von Image miteinander.

Dies geschieht durch Anwendung der Krümmungsfluss- oder intrinsischen Wärmeleitungsgleichung

$$u_t = div(\frac{\nabla u}{|\nabla u|})|\nabla u| = curv(u)|\nabla u|$$

auf die durch das Eingabebild Image zu einem Zeitpunkt $t_0 = 0$ definierte Grauwertfunktion u in der Region Region. Die diskretisierte Gleichung wird in Iterations Zeitschritten der Länge Theta gelöst, so dass das Ausgabebild InpaintedImage die Grauwertfunktion zur Zeit Iterations · Theta enthält.

Ein stationärer Zustand der Krümmungsflussgleichung, die auch die Grundlage des Operators mean_curvature_flow bildet, zeichnet sich dadurch aus, dass alle Niveaulinien von u die Krümmung *0* besitzen. Dies bedeutet, dass nach hinreichend vielen Iterationsschritten im Rechengebiet des Ergebnisbildes InpaintedImage nur noch gerade Kanten enthalten sind. Dadurch kann die Struktur der Objekte innerhalb von Region vereinfacht werden, wobei die verbleibenden Kanten stetig an die Kanten der umgebenden Bildmatrix anschließen. So wird eine Entfernung von Fehlstellen oder Störobjekten im Eingabebild, ein sogenanntes Inpainting, erreicht, ohne dass dies für einen menschlichen Beobachter deutlich in Erscheinung tritt, da keine auffälligen Artefakte oder Schmiereffekte zurückbleiben.

Um die Kantenrichtungen insbesondere bei verrauschten Eingabedaten stabiler zu bestimmen, kann der Berechnung der Grauwertgradienten ein zusätzlicher isotroper Glättungsschritt vorgeschaltet werden. Der Parameter Sigma bestimmt die Stärke dieser Glättung als Standardabweichung des zugehörigen Gauß-Faltungskernes, wie er auch im Operator isotropic_diffusion zur isotropen Glättung eines Bildes verwendet wird.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **Region** (input_object) . . . . . region ⇝ *object*
  Inpaintingregion.
- ▷ **InpaintedImage** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ausgabebild.
- ▷ **Sigma** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Glättungsparameter für Ableitungsoperator.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {0.0, 0.1, 0.5, 1.0}
  Restriktion: Sigma >= 0
- ▷ **Theta** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Zeitschritt.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: `Theta` ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5}
  Restriktion: 0 < Theta <= 0.5
- ▷ **Iterations** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Anzahl Iterationen.
  Default: 10
  Wertevorschläge: `Iterations` ∈ {1, 5, 10, 20, 50, 100, 500}
  Restriktion: Iterations >= 1

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Alternativen

`harmonic_interpolation`, `inpainting_ct`, `inpainting_aniso`, `inpainting_ced`, `inpainting_texture`

Literatur

M. G. Crandall, P. Lions; „Convergent Difference Schemes for Nonlinear Parabolic Equations and Mean Curvature Motion“; Numer. Math. 75 pp. 17-41; 1996.

G. Aubert, P. Kornprobst; „Mathematical Problems in Image Processing“; Applied Mathematical Sciences 147; Springer, New York; 2002.

Modul

Foundation

inpainting_texture (Image, Region : InpaintedImage : MaskSize, SearchSize, Anisotropy, PostIteration, Smoothness :)

Inpainting eines Bildbereiches durch Texturfortsetzung.

Der Operator `inpainting_texture` dient zur Entfernung größerer Objekte oder Bildstörungen aus der Region `Region` des Eingabebildes `Image`. Dazu werden Bildblöcke der Kantenlänge `MaskSize` aus dem intakten Teil des Bildes an den Rand des Rechengebietes angefügt, bis dieses vollständig mit neuen Grauwerten gefüllt ist. Dieser Vorgang wird als Image Inpainting bezeichnet. Das Rechengebiet heißt daher auch Inpaintinggebiet, und wird ausgehend von `Region` mit jedem eingefügten Rechteck verkleinert. Der Mittelpunkt des aktuell zu bearbeitenden Blockes befinde sich an einer Stelle x. Da x immer auf dem Rand des Inpaintinggebietes gewählt wird, überlappt dieser aktuelle Block mit den bekannten oder bereits eingefügten Grauwerten. Welcher andere Bildblock an die Stelle x passt, wird über seine Grauwertkorrelation mit den Grauwerten im Überlappungsbereich des aktuellen Blocks bestimmt. Als Korrelation wird die Summe der Quadrate der Grauwertdifferenzen verwendet.

Die Bildblöcke, die für die Korrelation herangezogen werden und als Kandidaten für die Datenquelle des nächsten Inpaintingschrittes dienen, bezeichnen wir als Vergleichsblöcke. Der Suchbereich für geeignete Grauwertmuster ist auf ein Quadrat der Kantenlänge 2· `SearchSize` um den Punkt x beschränkt, in dem sich die Mittelpunkte der Vergleichsblöcke befinden müssen.

Die Reihenfolge, in der die Pixel von `Region` aufgefüllt werden, hängt zum einen von der Größe des Überlappungsbereiches und damit von der Anzahl der für die Grauwertkorrelation zur Verfügung stehenden Pixel und zum anderen vom Betrag der Ableitung der Grauwertfunktion tangential zum Rand des Rechengebietes ab. Je größer der Wert des Parameters `Anisotropy` ist, desto stärker werden Punkte, an denen die Ableitung groß ist, bevorzugt. Dadurch wird z.B. erreicht, dass gerade Kanten, die durch den hohen Gradienten repräsentiert werden, durch das gesamte Rechengebiet hindurch fortgesetzt werden können, ohne bei kleiner werdendem Inpaintinggebiet durch das Inpainting von Bildstrukturen von anderen Teilen des Randes unterbrochen zu werden. Auf der anderen Seite führt ein größer Wert von `Anisotropy` aber auch dazu, dass eventuelle Scheinkanten, also während des Inpaintings zufällig entstandene unerwünschte Strukturen, ebenfalls propagiert und Störungen so vergrößert werden können.

Um die Bildung solcher Artefakte einzudämmen, kann der ursprüngliche Algorithmus um eine Nachiteration erweitert werden, bei der glatte oder unscheinbare Bildbereiche als Datenquellen für das Inpainting bevorzugt werden. Setzt man den Parameter `PostIteration` auf den Wert *'min_grad'*, so wird die Summe der Quadrate der Grauwertgradienten über die Vergleichsblöcke minimiert, setzt man ihn auf *'min_range_extension'*, so minimiert man das Anwachsen des Grauwertintervalls der Vergleichsblöcke gegenüber dem Referenzrechteck um den Punkt x. Hat `PostIteration` den Wert *'none'*, wird keine Nachiteration durchgeführt. Welche Blöcke für die nachträgliche Minimierung zulässig sind, wird durch den Parameter `Smoothness` festgelegt. Dieser bestimmt, wie viel größer die mittlere absolute Abweichung der Grauwerte in den zulässigen Vergleichsblöcken gegenüber der vom Ursprungsalgorithmus bestimmten minimalen Abweichung ausfallen darf. Mit zunehmendem Wert von `Smoothness` wird das Inpaintingergebnis daher glatter und Strukturen verschwinden. Die Passgenauigkeit der gewählten Vergleichsblöcke nimmt dabei ab. Wird `Smoothness` auf *0* gesetzt, so berücksichtigt die Nachiteration nur Vergleichsblöcke mit gleich starker Korrelation zum Referenzblock.

Kann das Inpainting nicht vollständig durchgeführt werden, weil Punkte x existieren, für die kein vollständiger Block mit intakten Grauwertinformationen im Suchbereich der Größe `SearchSize` vorhanden ist, so behalten die verbleibenden Pixel ihren ursprünglichen Grauwert und die ROI des Ausgabebildes `InpaintedImage` wird um den unbearbeiteten Bereich reduziert. Ist die Strukturgröße der ROI von `Image` oder des Rechengebietes `Region` kleiner als `MaskSize`, so kann die Laufzeit des Algorithmus extrem anwachsen. Es sollten daher nur klar strukturierte Eingaberegionen verwendet werden.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **`Region`** (input_object) . . . . . region ⇝ *object*
  Inpaintingregion.
- ▷ **`InpaintedImage`** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ausgabebild.
- ▷ **`MaskSize`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Größe der Inpaintingblöcke.
  Default: 9
  Wertevorschläge: `MaskSize` ∈ {7, 9, 11, 15, 21}
  Restriktion: MaskSize >= 3 && odd(MaskSize)
- ▷ **`SearchSize`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Größe des Suchfensters.
  Default: 30
  Wertevorschläge: `SearchSize` ∈ {15, 30, 50, 100, 1000}
  Restriktion: 2 * SearchSize > MaskSize
- ▷ **`Anisotropy`** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Einfluss der Kantenstärke auf die Inpaintingreihenfolge.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `Anisotropy` ∈ {0.0, 0.01, 0.1, 0.5, 1.0, 10.0}
  Restriktion: Anisotropy >= 0

▷ **PostIteration** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Nachiteration zur Artefaktreduzierung.
Default: 'none'
Werteliste: `PostIteration` ∈ {'none', 'min_grad', 'min_range_extension'}

▷ **Smoothness** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Grauwerttoleranz für Nachiteration.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Smoothness` ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0}
Restriktion: Smoothness >= 0

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Modul

Foundation

11.8 Kanten

close_edges (Edges, EdgeImage : RegionResult : MinAmplitude :)

Schließen von Kanten gemäß Amplitudenbild.

`close_edges` schließt die von einem Kantendetektor gelieferten Kanten zu Konturen. Dabei wird iterativ von jedem Kantenpunkt aus nach den beiden Nachbarpunkten mit stärkster Amplitude (i.e. größtem Gradienten) gesucht und diese beiden Punkte zur Kantenregion hinzugenommen, falls ihre Amplituden größer oder gleich der übergebenen Mindestamplitude sind. Als Eingabe erwartet die Routine also neben den Kanten (`Edges`) auch ein Amplitudenbild (`EdgeImage`), wie es beispielsweise die Routinen `edges_image` oder `sobel_amp` als Ergebnis liefern. Nicht berücksichtigt wird hingegen die Richtung der Konturen. Sie können daher in Gebieten mit Plateaus im Amplitudenbild zu „schwingen“ beginnen.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Edges** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Region mit ein Pixel breiten Kanten.

▷ **EdgeImage** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / int4
Kanten-Amplitudenbild.

▷ **RegionResult** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Ausgaberegionen (geschlossene Kanten).

▷ **MinAmplitude** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Mindestamplitude für Kanten.
Default: 16
Wertevorschläge: `MinAmplitude` ∈ {5, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 40, 50}
Wertebereich: 1 ≤ MinAmplitude
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Beispiel

```
sobel_amp(Image,&EdgeAmp,"sum_abs",5);
threshold(EdgeAmp,&EdgeRegion,40.0,255.0);
skeleton(EdgeRegion,&ThinEdge);
close_edges(ThinEdge,EdgeAmp,&CloseEdges,15);
skeleton(CloseEdges,&ThinCloseEdges);
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `close_edges` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`edges_image`, `sobel_amp`, `threshold`, `skeleton`

Nachfolger

`skeleton`

Alternativen

`close_edges_length`, `dilation1`, `closing`

Siehe auch

`gray_skeleton`

Modul

Foundation

close_edges_length (Edges, Gradient : ClosedEdges : MinAmplitude, MaxGapLength :)

Schließen von Kanten gemäß Amplitudenbild.

`close_edges_length` schließt die von einem Kantendetektor gelieferten Kanten zu Konturen. Als Eingabe erwartet die Routine also neben den Kanten (`Edges`) auch ein Amplitudenbild (`Gradient`), wie es beispielsweise die Routinen `edges_image` oder `sobel_amp` als Ergebnis liefern.

Der Konturschluss erfolgt in zwei Schritten: Zunächst werden ein Pixel große Lücken in den Eingabekonturstücken geschlossen und isolierte Kantenpunkte eliminiert. Im zweiten Schritt werden dann offene Konturen um maximal `MaxGapLength` verlängert, bis entweder die Kontur geschlossen ist oder kein Fortsetzungspunkt mit ausreichend signifikantem Gradienten mehr gefunden werden kann. Ein Gradientenwert gilt dabei als signifikant, wenn er größer oder gleich `MinAmplitude` ist. Kandidaten für den nächsten Fortsetzungspunkt sind der Nachbarpunkt in Richtung der Kontur (gemäß Gradient im aktuellen Endpunkt) sowie die beiden angrenzenden Nachbarpunkte (8er Nachbarschaft). Für jeden dieser drei potentiellen Fortsetzungspunkte wird die Summe aus dem eigenen Gradienten und dem maximalen Gradienten der nächsten drei möglichen Fortsetzungspunkte gebildet (*look ahead* der Länge 1). Der Punkt mit maximaler Summe wird dann als Fortsetzungspunkt ausgewählt.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Edges** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Region mit ein Pixel breiten Kanten.

▷ **Gradient** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object* : byte / uint2
Kanten-Amplitudenbild.

▷ **ClosedEdges** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Ausgaberegion (geschlossene Kanten).

▷ **MinAmplitude** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Mindestamplitude für Kanten.
Default: 16
Wertevorschläge: MinAmplitude ∈ {5, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 40, 50}
Wertebereich: 0 ≤ MinAmplitude ≤ 255
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **MaxGapLength** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Maximale Anzahl von Punkten, um die die Kanten verlängert werden.
Default: 3
Wertevorschläge: MaxGapLength ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 20, 30, 40, 50, 70, 100}
Wertebereich: 1 ≤ MaxGapLength ≤ 127
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Beispiel

```
sobel_amp(Image,&EdgeAmp,"sum_abs",5);
threshold(EdgeAmp,&EdgeRegion,40.0,255.0);
skeleton(EdgeRegion,&ThinEdge);
close_edges_length(ThinEdge,EdgeAmp,&CloseEdges,15,3);
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert close_edges_length den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

edges_image, sobel_amp, threshold, skeleton

Alternativen

close_edges, dilation1, closing

Literatur

M. Üsbeck: „Untersuchungen zur echtzeitfähigen Segmentierung“; Studienarbeit, Bayerisches Forschungszentrum für Wissensbasierte Systeme (FORWISS), Erlangen, 1993.

Modul

Foundation

derivate_gauss (Image : DerivGauss : Sigma, Component :)

Ableitungen der Gaußfunktion.

derivate_gauss berechnet verschiedene Ableitungen der Gaußfunktion und daraus abgeleiteter Größen. Dabei ist Sigma der Parameter der Gaußfunktion (d.h. die Glättung). Falls in Sigma ein Wert angegeben wird, ist die Glättung in Spalten- und Zeilenrichtung gleich. Falls zwei Werte in Sigma übergeben werden, wird mit dem ersten Wert die Glättung in Spaltenrichtung und mit dem zweiten Wert die Glättung in Zeilenrichtung festgelegt. Mögliche Werte für Component sind:

'none': Nur Glättung.

'x': 1. Ableitung nach x.

$$g'(x,y) = \frac{\partial g(x,y)}{\partial x}$$

'y': 1. Ableitung nach y.

$$g'(x,y) = \frac{\partial g(x,y)}{\partial y}$$

'gradient': Betrag des Gradienten.

$$g'(x,y) = \sqrt{\frac{\partial g(x,y)^2}{\partial x}\frac{\partial g(x,y)^2}{\partial y}}$$

'gradient_dir': Richtung des Gradienten im Bogenmaß.

$$\phi = \text{atan2}(\frac{\partial g(x,y)}{\partial y}, \frac{\partial g(x,y)}{\partial x})$$

'xx': 2. Ableitung nach x.

$$g'(x,y) = \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x^2}$$

'yy': 2. Ableitung nach y.

$$g'(x,y) = \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2}$$

'xy': Ableitung nach x und y.

$$g'(x,y) = \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x \partial y}$$

'xxx': 3. Ableitung nach x.

$$g'(x,y) = \frac{\partial^3 g(x,y)}{\partial x^3}$$

'yyy': 3. Ableitung nach y.

$$g'(x,y) = \frac{\partial^3 g(x,y)}{\partial y^3}$$

'xxy': Ableitung nach x, x und y.

$$g'(x,y) = \frac{\partial^3 g(x,y)}{\partial x^2 \partial y}$$

'xyy': Ableitung nach x, y und y.

$$g'(x,y) = \frac{\partial^3 g(x,y)}{\partial x \partial y^2}$$

'det': Determinante der Hessematrix:

$$DET = \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x^2}\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y \partial x}\right)^2$$

'laplace': Laplace-Operator (Spur der Hessematrix)

$$TR = \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2}$$

'mean_curvature': Mittlere Krümmung H

$$\begin{aligned}
a &= (1 + \frac{\partial g(x,y)^2}{\partial x})\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2} \\
b &= 2\frac{\partial g(x,y)}{\partial x}\frac{\partial g(x,y)}{\partial y}\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y \partial x} \\
c &= (1 + \frac{\partial g(x,y)^2}{\partial y})\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x^2} \\
d &= (1 + \frac{\partial g(x,y)^2}{\partial x} + \frac{\partial g(x,y)^2}{\partial y})^{\frac{3}{2}} \\
H &= \frac{a - b + c}{d} \\
H &= \frac{1}{2}(\kappa_{min} + \kappa_{max})
\end{aligned}$$

'gauss_curvature': Gaußkrümmung K

$$K = \frac{DET}{(1 + \frac{\partial g(x,y)^2}{\partial x} + \frac{\partial g(x,y)^2}{\partial y})^2}$$

'area': Differentielle Fläche A

$$\begin{aligned} A &= EG - F^2 \\ E &= 1 + \frac{\partial g(x,y)}{\partial x}^2 \\ F &= \frac{\partial g(x,y)}{\partial x}\frac{\partial g(x,y)}{\partial y} \\ G &= 1 + \frac{\partial g(x,y)}{\partial y}^2 \end{aligned}$$

'eigenvalue1': Erster Eigenwert

$$\begin{aligned} a &= \frac{\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2}}{2} \\ \lambda_1 &= a + \sqrt{a^2 - (\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x^2}\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 g(x,y)^2}{\partial y \partial x})} \end{aligned}$$

'eigenvalue2': Zweiter Eigenwert

$$\begin{aligned} a &= \frac{\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2}}{2} \\ \lambda_2 &= a - \sqrt{a^2 - (\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x^2}\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 g(x,y)^2}{\partial y \partial x})} \end{aligned}$$

'eigenvec_dir': Richtung des zum ersten Eigenwert gehörigen Eigenvektors im Bogenmaß

'main1_curvature' Erste Hauptkrümmung

$$\kappa_{max} = H + \sqrt{H^2 - K}$$

'main2_curvature' Zweite Hauptkrümmung

$$\kappa_{min} = H - \sqrt{H^2 - K}$$

'kitchen_rosenfeld': 2. Ableitung in Richtung senkrecht zum Gradienten

$$k = \frac{\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x^2}\frac{\partial g(x,y)^2}{\partial y} + \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2}\frac{\partial g(x,y)^2}{\partial x} - 2\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y \partial x}\frac{\partial g(x,y)^2}{\partial x}\frac{\partial g(x,y)^2}{\partial y}}{\frac{\partial g(x,y)^2}{\partial x} + \frac{\partial g(x,y)^2}{\partial y}}$$

'zuniga_haralick': Normierte 2. Ableitung in Richtung senkrecht zum Gradienten

$$k = \frac{\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x^2}\frac{\partial g(x,y)^2}{\partial y} + \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2}\frac{\partial g(x,y)^2}{\partial x} - 2\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y \partial x}\frac{\partial g(x,y)^2}{\partial x}\frac{\partial g(x,y)^2}{\partial y}}{\left(\frac{\partial g(x,y)^2}{\partial x} + \frac{\partial g(x,y)^2}{\partial y}\right)^{\frac{3}{2}}}$$

'2nd_ddg': 2. Ableitung in Richtung des Gradienten

$$k = \frac{\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x^2}\frac{\partial g(x,y)^2}{\partial x} + 2\frac{\partial g(x,y)}{\partial x}\frac{\partial g(x,y)}{\partial y}\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y \partial x} + \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2}\frac{\partial g(x,y)^2}{\partial y}}{\frac{\partial g(x,y)^2}{\partial x} + \frac{\partial g(x,y)^2}{\partial y}}$$

'de_saint_venant': 2. Ableitung in Richtung des Gradienten und senkrecht dazu

$$k = \frac{\frac{\partial g(x,y)}{\partial x}\frac{\partial g(x,y)}{\partial y}(\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2}) - (\frac{\partial g(x,y)^2}{\partial x} - \frac{\partial g(x,y)^2}{\partial y})\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x \partial y}}{\frac{\partial g(x,y)^2}{\partial x} + \frac{\partial g(x,y)^2}{\partial y}}$$

Achtung

Nebst der reinen C Version gibt es spezifische Implementierungen von `derivate_gauss` zur Beschleunigung. Eine solche Optimierung wird verwendet, wenn diese vom System unterstützt wird und der entsprechende Systemparameter `*_enable` auf *'true'* gesetzt ist, siehe `set_system`. Folgende Optimierungen werden unterstützt (der Priorität nach gelistet):

- *AVX512f* (*'avx512f_enable'*)
- *AVX* (Instruktionen (*'avx_enable'*)
- *SSE2* Instruktionen (*'sse2_enable'*)

Diese Implementierungen sind aufgrund numerischer Probleme im Vergleich zur reinen C Version etwas ungenauer. Mit den SSE2 Instruktionen bewegt sich der Unterschied beispielsweise in einer Größenordnung von $1.0e-5$ für 'byte' Bilder und *'none'*, *'x'* oder *'y'* als `Component`.

Wird Genauigkeit der Geschwindigkeit gegenüber bevorzugt, müssen vor dem Aufruf von `derivate_gauss` alle entsprechenden Systemparameter mit `set_system` auf *'false'* gesetzt werden. Dadurch verwendet `derivate_gauss` keine der Optimierungen. Vergessen Sie nicht den Systemparameter danach wieder auf *'true'* zu setzen.

`derivate_gauss` wird nur dann auf einem OpenCL-Gerät ausgeführt wenn `Sigma` eine Filterbreite bzw. Filterhöhe bis zu 129 impliziert. Das entspricht einem `Sigma` von weniger als 20.7 für `Component` = *'none'*. Außerdem ist die OpenCL Implementierung wie die SSE2 Implementierung aufgrund numerischer Probleme etwas ungenauer als die reine C Version.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Eingabebilder.

▷ **`DerivGauss`** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* real
Gefilterte Bilder.

▷ **`Sigma`** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Sigma der Gaußfunktion.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {0.7, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0}
Wertebereich: 0.01 ≤ `Sigma` ≤ 50.0
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **`Component`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Zu berechnende Ableitung oder Merkmal.
Default: 'x'
Werteliste: `Component` ∈ {'none', 'x', 'y', 'gradient', 'xx', 'yy', 'xy', 'xxx', 'yyy', 'xxy', 'xyy', 'det', 'mean_curvature', 'gauss_curvature', 'eigenvalue1', 'eigenvalue2', 'main1_curvature', 'main2_curvature', 'kitchen_rosenfeld', 'zuniga_haralick', '2nd_ddg', 'de_saint_venant', 'area', 'laplace', 'gradient_dir', 'eigenvec_dir'}

Beispiel

```
read_image(&Image,"mreut");
derivate_gauss(Image,&Gauss,3.0,"x");
zero_crossing(Gauss,&ZeroCrossings);
```

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

`zero_crossing`, `dual_threshold`

Alternativen

`laplace`, `laplace_of_gauss`, `binomial_filter`, `gauss_filter`, `smooth_image`, `isotropic_diffusion`

Siehe auch

`zero_crossing`, `dual_threshold`

Modul

Foundation

diff_of_gauss (Image : DiffOfGauss : Sigma, SigFactor :)

Näherung für den LoG-Operator (Laplace of Gaussian).

`diff_of_gauss` ist eine Näherung für den Laplace-Operator. Dieser wird hier als Differenz zweier Gaußfunktionen approximiert. Die Standardabweichungen dieser Gaußfunktionen ergeben sich nach Marr aus dem Parameter `Sigma` des Laplace-Operators und dem Verhältnis der beiden Standardabweichungen zueinander (`SigFactor`):

$$
\begin{aligned}
sigma1 &= \frac{\texttt{Sigma}}{\sqrt{-2\frac{\log(\frac{1}{\texttt{SigFactor}})}{\texttt{SigFactor}^2-1}}} \\
sigma2 &= \frac{sigma1}{\texttt{SigFactor}} \\
\texttt{DiffOfGauss} &= \texttt{Image} * gauss(sigma1) - \texttt{Image} * gauss(sigma2)
\end{aligned}
$$

Für $\texttt{SigFactor} = 1.6$ ergibt sich nach Marr eine Näherung an den Mexican-Hat-Operator (LoG, Laplace of Gaussian). Das Ergebnisbild wird in `DiffOfGauss` abgelegt.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebilder

▷ **DiffOfGauss** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* int2
Gefilterte Ausgabebilder.

▷ **Sigma** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Glättungsparameter des (zu approximierenden) Laplace-Operators.
Default: 3.0
Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {2.0, 3.0, 4.0, 5.0}
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1
Restriktion: Sigma > 0.0

▷ **SigFactor** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Verhältnis der Standardabweichungen der eingesetzten Gaußfunktionen (Marr empfiehlt 1.6).
Default: 1.6
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1
Restriktion: SigFactor > 0.0

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
diff_of_gauss(Image,Laplace,2.0,1.6)
zero_crossing(Laplace,ZeroCrossings)
```

Komplexität

Die Komplexität hängt linear von der Anzahl der Bildpunkte und der Größe von Sigma ab.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `diff_of_gauss` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

`zero_crossing`, `dual_threshold`

Alternativen

`laplace`, `derivate_gauss`

Literatur

D. Marr: „Vision (A computational investigation into human representation and processing of visual information)“; New York, W.H. Freeman and Company; 1982.

Modul

Foundation

edges_color (Image : ImaAmp, ImaDir : Filter, Alpha, NMS, Low, High :)

Farbkantendetektion mit Canny-, Deriche- oder Shen-Filtern.

`edges_color` extrahiert Farbkanten aus dem Eingabebild `Image`. Zur Definition von Farbkanten wird das mehrkanalige Bild `Image` als Abbildung $f : R^2 \mapsto R^n$ betrachtet, wobei n der Anzahl der Kanäle in `Image` entspricht. Für solche Funktionen existiert eine natürliche Erweiterung des Gradienten: der metrische Tensor G, welcher es erlaubt, die Größe der Veränderung von f für jede beliebige Richtung, die durch den Richtungsvektor v gegeben ist, zu berechnen. Zur Vereinfachung der Notation wird G als zweidimensionale Matrix betrachtet. Damit kann die Größe der Veränderung von f in Richtung v durch $v^T G v$ berechnet werden. Dabei ist

$$G = \begin{pmatrix} f_x^T f_x & f_x^T f_y \\ f_x^T f_y & f_y^T f_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial f_i}{\partial x}\frac{\partial f_i}{\partial x} & \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial f_i}{\partial x}\frac{\partial f_i}{\partial y} \\ \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial f_i}{\partial x}\frac{\partial f_i}{\partial y} & \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial f_i}{\partial y}\frac{\partial f_i}{\partial y} \end{pmatrix} .$$

Zur Kantenextraktion werden, wie auch bei `edges_image`, die partiellen Ableitungen der Bilder, die im metrischen Tensor berechnet werden müssen, mit den jeweiligen Kantenfiltern berechnet. Für `Filter` = *'canny'* werden die partiellen Ableitungen der Gaußmasken (siehe `derivate_gauss`) verwendet, für `Filter` = *'deriche1'* und `Filter` = *'deriche2'* die entsprechenden Deriche-Filter, für `Filter` = *'shen'* die entsprechenden Shen-Filter und für `Filter` = *'sobel_fast'* der Sobel-Filter. Wie bei einkanaligen Bildern wird die Gradientenrichtung dadurch definiert, dass die Größe der Veränderung von f in der Richtung v maximal ist. Diese Richtung

ist gegeben durch den Eigenvektor von G, der zum größten Eigenwert von G gehört. Die Wurzel aus dem größten Eigenwert ist das Äquivalent des Gradientenbetrags (der Amplitude) bei einkanaligen Bildern. Sie wird in ImaAmp zurückgeliefert. Für einkanalige Bilder sind beide Definitionen äquivalent. Da der Gradientenbetrag sich potentiell nicht im Eingabedatentyp (byte oder uint2) darstellen lässt, wird in ImaAmp der nächstgrößere Datentyp (uint2 oder int4) verwendet. Der Eigenvektor liefert gleichzeitig auch die Kantenrichtung. Diese ist, im Gegensatz zu einkanaligen Bildern, nur modulo 180 Grad definiert. Die Kantenrichtungen werden wie bei edges_image in 2-Grad-Schritten kodiert und in ImaDir zurückgeliefert. In Bildpunkten mit Kantenamplitude 0 wird als Kantenrichtung der Wert 255 (undefinierte Richtung) zurückgeliefert. Aus Geschwindigkeitsgründen wird für Filter = *'sobel_fast'* das Richtungsbild nicht explizit berechnet, und kann somit nicht zurückgegeben werden. In diesem Fall ist ImaDir ein leeres Bildobjekt.

Die „Filterbreite“ (d.h. das Einzugsgebiet der Filter) ist für alle Filter außer *'sobel_fast'* (wo die Filtergröße 3×3 ist und Alpha ignoriert wird) frei wählbar und kann mittels info_edges für konkrete Werte des Parameters Alpha abgeschätzt werden. Sie nimmt bei den Deriche- und Shen-Filtern mit Alpha ab bzw. beim Canny-Filter zu (Alpha ist in diesem Fall die Standardabweichung der zugrundeliegenden Gaußfunktion). „Breite“ Filter weisen eine höhere Rauschinvarianz, aber auch ein verringertes Auflösungsvermögen für Bilddetails auf. Nichtrekursive Filter, wie hier die Canny-Filter, werden mittels Filtermasken realisiert. In diesem Fall erhöht sich die Laufzeit mit wachsender Filterbreite. Die Laufzeit der rekursiver Filter ist hingegen konstant. Das Einzugsgebiet der Deriche- und Shen-Filter ist also ohne Mehraufwand beliebig vergrößerbar. Der daraus resultierende Laufzeitvorteil gegenüber dem Canny-Filter nimmt naturgemäß mit wachsender „Filterbreite“ zu. Zur Randbehandlung wird bei den rekursiven Filtern angenommen, das Bildsignal falle außerhalb des Bildes auf Null ab. Beim Canny-Operator wird hingegen das Bild durch Spiegelung der Randpunkte fortgesetzt. Das Signal-Rausch-Verhältnis der Filter ist vergleichbar, wenn Alpha wie folgt gewählt wird:

$$\begin{aligned} \texttt{Alpha}('deriche2') &= \texttt{Alpha}('deriche1')/2 \\ \texttt{Alpha}('shen') &= \texttt{Alpha}('deriche1')/2 \\ \texttt{Alpha}('canny') &= 1.77/\texttt{Alpha}('deriche1') \end{aligned}$$

edges_color bietet (optional) die Weiterverarbeitung der Filterergebnisse mittels Non-Maximum-Suppression (NMS = *'nms'*/*'inms'*/*'hvnms'*, sonst Wert *'none'*) und Hysterese-Schwellenwertoperation (Low,High, falls nicht erwünscht: einer der Werte negativ). Dies entspricht im wesentlichen nachfolgenden Aufrufen der Routinen

```
nonmax_suppression_dir(...,NMS,...)
hysteresis_threshold(...,Low,High,1000,...)
```

Die Hysterese-Schwellenwertoperation wird nicht angewandt, wenn NMS auf *'none'* gesetzt ist.

Für *'sobel_fast'* wird für alle Werte von NMS außer *'none'* dieselbe Non-Maximum-Suppression ausgeführt. Zusätzlich wird für *'sobel_fast'* auch noch eine Verdünnung der Kanten auf ein Pixel Breite durchgeführt.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **ImaAmp** (output_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* uint2 / int4
  Amplitudenbild.
- ▷ **ImaDir** (output_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* direction
  Richtungsbild.
- ▷ **Filter** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Gewünschter Kanten-Operator.
  Default: 'canny'
  Werteliste: Filter ∈ {'canny', 'deriche1', 'deriche2', 'shen', 'sobel_fast'}
- ▷ **Alpha** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Filterparameter: kleine Werte bewirken starke Glättung, also auch weniger Bilddetails (bei 'canny'

umgekehrt).
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Alpha` ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.7, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0}
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1
Restriktion: Alpha > 0.0

▷ **NMS** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Non-Maximum-Suppression ('none', falls nicht erwünscht).
Default: 'nms'
Werteliste: `NMS` ∈ {'nms', 'inms', 'hvnms', 'none'}

▷ **Low** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Untere Schwelle für Hysterese-Schwellenwertoperation (negativ, falls keine Schwellenwertbildung erwünscht).
Default: 20
Wertevorschläge: `Low` ∈ {5, 10, 15, 20, 25, 30, 40}
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 5
Restriktion: Low >= 1 || Low < 0

▷ **High** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Obere Schwelle für Hysterese-Schwellenwertoperation (negativ, falls keine Schwellenwertbildung erwünscht).
Default: 40
Wertevorschläge: `High` ∈ {10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70}
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 5
Restriktion: High >= 1 || High < 0 && High >= Low

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert `edges_color` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

`threshold`

Alternativen

`edges_color_sub_pix`

Siehe auch

`edges_image`, `edges_sub_pix`, `info_edges`, `nonmax_suppression_amp`, `hysteresis_threshold`

Literatur

C. Steger: „Subpixel-Precise Extraction of Lines and Edges"; International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. XXXIII, part B3; pp. 141-156; 2000.

C. Steger: „Unbiased Extraction of Curvilinear Structures from 2D and 3D Images"; Herbert Utz Verlag, München; 1998.

S. Di Zenzo: „A Note on the Gradient of a Multi-Image"; Computer Vision, Graphics, and Image Processing, vol. 33; pp. 116-125; 1986.

Aldo Cumani: „Edge Detection in Multispectral Images"; Computer Vision, Graphics, and Image Processing: Graphical Models and Image Processing, vol. 53, no. 1; pp. 40-51; 1991.

J.Canny: „Finding Edges and Lines in Images"; Report, AI-TR-720; M.I.T. Artificial Intelligence Lab., Cambridge; 1983.

J.Canny: „A Computational Approach to Edge Detection“; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence; PAMI-8, vol. 6; pp. 679-698; 1986.

R.Deriche: „Using Canny’s Criteria to Derive a Recursively Implemented Optimal Edge Detector“; International Journal of Computer Vision; vol. 1, no. 2; pp. 167-187; 1987.

R.Deriche: „Fast Algorithms for Low-Level Vision“; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence; PAMI-12, no. 1; pp. 78-87; 1990.

J. Shen, S. Castan: „An Optimal Linear Operator for Step Edge Detection“; Computer Vision, Graphics, and Image Processing: Graphical Models and Image Processing, vol. 54, no. 2; pp. 112-133; 1992.

Modul

Foundation

edges_color_sub_pix (Image : Edges : Filter, Alpha, Low, High :)

Subpixel-genaue Farbkantendetektion mit Deriche-, Shen- oder Canny-Filtern.

edges_color_sub_pix extrahiert subpixel-genaue Farbkanten aus dem Eingabebild Image. Die Definition von Farbkanten ist in der Beschreibung von edges_color erläutert. Es stehen dieselben Kantenfilter wie bei edges_color zur Verfügung: *'canny'*, *'deriche1'*, *'deriche2'* und *'shen'*. Zusätzlich steht noch ein schneller Sobel-Filter mit *'sobel_fast'* zur Verfügung. Die Filter werden durch den Parameter Filter spezifiziert.

Die „Filterbreite“ (Stärke der Glättung) Alpha ist frei wählbar. Für eine ausführliche Beschreibung dieses Parameters siehe edges_color. Bei Filter = *'sobel_fast'* wird dieser Parameter ignoriert.

Die extrahierten Kanten werden als subpixel-genaue XLD-Konturen in Edges zurückgeliefert. Für alle Kantenoperatoren außer *'sobel_fast'* werden für jeden Kantenpunkt die folgenden Attribute definiert (Für weitere Informationen siehe get_contour_attrib_xld):

- *'edge_direction'*: Gibt die Richtung der Kante (nicht der Kontur), berechnet aus den Grauwertgradienten in Spalten- und Zeilenrichtung, im Bogenmaß an. Die Winkel sind bezüglich der Zeilenachse gegen den Uhrzeigersinn gegeben.
- *'angle'*: Richtung der Normalenvektoren der Kontur (so orientiert, dass die Normalenvektoren auf die rechte Seite der Kontur in Durchlaufrichtung der Kontur zeigen; die Winkel sind bzgl. der Zeilenachse des Bildes im Bogenmaß angegeben).
- *'response'*: Die Amplitude der Kante.

edges_color_sub_pix verknüpft die einzelnen Kantenpunkte mit einem Hysterese-Schwellenwert-artigen Verfahren zu Kanten, wie es auch in edges_sub_pix und lines_gauss verwendet wird. Dabei werden Punkte, deren Amplitude größer als High ist, sofort als sichere Kantenpunkte akzeptiert. Punkte, deren Amplitude kleiner als Low ist, werden sofort verworfen. Alle Punkte, die eine zweite Amplitude zwischen diesen zwei Werten besitzen, werden akzeptiert, wenn sie durch einen Pfad mit sicheren Punkten verbunden sind (siehe lines_gauss und hysteresis_threshold).

Da Kantenextraktoren oftmals bestimmte Kreuzungspunkte nicht extrahieren können, kann durch Anhängen von *'_junctions'* an die oben beschriebenen Werte von Filter versucht werden, diese mit anderen Mitteln zu extrahieren. Dieser Modus ist analog zu dem bei edges_sub_pix und lines_gauss verfügbaren Modus zur Vervollständigung von Kreuzungspunkten.

Der Kantenoperator *'sobel_fast'* hat dieselbe Semantik wie alle anderen Kantenoperatoren, basiert intern aber auf einer stark vereinfachten Variante der einzelnen Schritte (Hysterese-Schwellenwert-Operation, Verknüpfung der Kantenpunkte, Extraktion der Subpixel-Position). Daher können die Ergebnisse von *'sobel_fast'* in manchen Fällen eine geringere Genauigkeit als die Ergebnisse der anderen Filter aufweisen und andere Kantenteile selektieren.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild.

▷ **Edges** (output_object) . . . . . xld_cont-array ⇝ *object*
Extrahierte Kanten.

▷ **Filter** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Gewünschter Kanten-Operator.
Default: 'canny'
Werteliste: `Filter` ∈ {'canny', 'deriche1', 'deriche2', 'shen', 'sobel_fast', 'canny_junctions', 'deriche1_junctions', 'deriche2_junctions', 'shen_junctions'}

▷ **Alpha** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Filterparameter: kleine Werte bewirken starke Glättung, also auch weniger Bilddetails (bei 'canny' umgekehrt).
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Alpha` ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.7, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0}
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1
Restriktion: Alpha > 0.0

▷ **Low** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Untere Schwelle für Hysterese-Schwellenwertoperation.
Default: 20
Wertevorschläge: `Low` ∈ {5, 10, 15, 20, 25, 30, 40}
Wertebereich: 0 ≤ Low
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 5
Restriktion: Low > 0

▷ **High** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Obere Schwelle für Hysterese-Schwellenwertoperation.
Default: 40
Wertevorschläge: `High` ∈ {10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70}
Wertebereich: 0 ≤ High
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 5
Restriktion: High > 0 && High >= Low

Komplexität

Der Bedarf an temporären Speicher ist abhängig von der Höhe H der Region von `Image`.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert `edges_color_sub_pix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

`edges_color`

Siehe auch

`edges_image`, `edges_sub_pix`, `info_edges`, `hysteresis_threshold`, `lines_gauss`, `lines_facet`

Literatur

C. Steger: „Subpixel-Precise Extraction of Lines and Edges"; International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. XXXIII, part B3; pp. 141-156; 2000.

C. Steger: „Unbiased Extraction of Curvilinear Structures from 2D and 3D Images“; Herbert Utz Verlag, München; 1998.

S. Di Zenzo: „A Note on the Gradient of a Multi-Image“; Computer Vision, Graphics, and Image Processing, vol. 33; pp. 116-125; 1986.

Aldo Cumani: „Edge Detection in Multispectral Images“; Computer Vision, Graphics, and Image Processing: Graphical Models and Image Processing, vol. 53, no. 1; pp. 40-51; 1991.

J.Canny: „Finding Edges and Lines in Images“; Report, AI-TR-720; M.I.T. Artificial Intelligence Lab., Cambridge; 1983.

J.Canny: „A Computational Approach to Edge Detection“; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence; PAMI-8, vol. 6; pp. 679-698; 1986.

R.Deriche: „Using Canny's Criteria to Derive a Recursively Implemented Optimal Edge Detector“; International Journal of Computer Vision; vol. 1, no. 2; pp. 167-187; 1987.

R.Deriche: „Fast Algorithms for Low-Level Vision“; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence; PAMI-12, no. 1; pp. 78-87; 1990.

J. Shen, S. Castan: „An Optimal Linear Operator for Step Edge Detection“; Computer Vision, Graphics, and Image Processing: Graphical Models and Image Processing, vol. 54, no. 2; pp. 112-133; 1992.

Modul

2D Metrology

edges_image (Image : ImaAmp, ImaDir : Filter, Alpha, NMS, Low, High :)

Kantendetektion mit Deriche-, Lanser-, Shen- oder Canny-Filtern.

edges_image dient der Detektion von Stufenkanten mittels rekursiver Filter (nach Deriche, Lanser und Shen) bzw. mittels des konventionell über Filtermasken realisierten „Derivative of Gaussian“ Filter, den auch Canny verwendet. Zudem existiert eine sehr schnelle Variante des Sobel-Filters. Konkret stehen somit die Kantenoperatoren

'deriche1', *'lanser1'*, *'deriche1_int4'*, *'deriche2'*, *'lanser2'*, *'deriche2_int4'*, *'shen'*, *'mshen'*, *'canny'* und *'sobel_fast'*

zur Verfügung (Parameter Filter).

Die Kantenamplituden werden in ImaAmp zurückgeliefert.

Für alle Filter außer *'sobel_fast'* werden die Kantenrichtungen in ImaDir zurückgeliefert. Für *'sobel_fast'* wird die Kantenrichtung aus Geschwindigkeitsgründen nicht berechnet. Deshalb ist in diesem Fall ImaDir ein leeres Bildobjekt. Die Kantenoperatoren *'deriche1'* bzw. *'deriche2'* stehen auch für int4-Bilder zur Verfügung. In dem Fall liefert die Routine statt der Amplituden, also dem Betrag der Filterantwort, die eigentliche, vorzeichenbehaftete Filterantwort als int4-Bild. Dieses Verhalten lässt sich durch Verwendung von *'deriche1_int4'* bzw. *'deriche2_int4'* auch für Byte-Bilder erzwingen. Auf die vorzeichenbehafteten Filterantworten lässt sich edges_image (mit Parameterwert *'lanser2'*) neuerlich anwenden, um die zweite Ableitung im Bild zu bestimmen. Die Kantenrichtungen werden in 2-Grad-Schritten kodiert, d.h. eine Kantenrichtung von x Grad (im mathematisch positiven Sinn und bezogen auf die Horizontale) wird zu $x/2$ im entsprechenden Ergebnisbild. Außerdem wird auch die Richtung der Helligkeitsänderung berücksichtigt. Bezeichnet $[E_x, E_y]$ den Bildgradienten, ergeben sich folgende Kantenrichtungen r (zurückgeliefert als $r/2$) zwischen 0 und 359 Grad:

Helligkeitszunahme	E_x/E_y	
Kantenrichtung r		
von unten nach oben	$0/+$	0
von rechts unten nach links oben	$-/+$	$]0, 90[$
von rechts nach links	$-/0$	90
von rechts oben nach links unten	$-/-$	$]90, 180[$
von oben nach unten	$0/-$	180
von links oben nach rechts unten	$+/-$	$]180, 270[$
von links nach rechts	$+/0$	270
von links unten nach rechts oben	$+/+$	$]270, 360[$

In Bildpunkten mit Kantenamplitude 0 wird als Kantenrichtung der Wert 255 (undefinierte Richtung) zurückgeliefert.

Die „Filterbreite“ (i.e. das Einzugsgebiet der Filter) ist für alle Filter außer *'sobel_fast'* (wo die Filtergröße 3×3 ist und `Alpha` ignoriert wird) frei wählbar und mittels `info_edges` für konkrete Werte des Parameters `Alpha` abzuschätzen. Sie nimmt bei den Deriche-, Lanser- und Shen-Filtern mit `Alpha` ab bzw. beim Canny-Filter zu (`Alpha` ist in diesem Fall die Standardabweichung der zugrundeliegenden Gaußfunktion). „Breite“ Filter weisen eine höhere Rauschinvarianz, aber auch ein verringertes Auflösungsvermögen für Bilddetails auf. Nicht-rekursive Filter, wie hier die Canny-Filter, werden häufig mittels Filtermasken realisiert. In diesem Fall erhöht sich die Laufzeit natürlich mit wachsender Filterbreite. Die Laufzeit der rekursiver Filter ist hingegen konstant. Das Einzugsgebiet der Deriche-, Lanser bzw. Shen-Filter ist also ohne Mehraufwand beliebig vergrößerbar. Der daraus resultierende Laufzeitvorteil gegenüber dem Canny-Operator nimmt naturgemäß mit wachsender „Filterbreite“ zu. Zur Randbehandlung wird bei den rekursiven Filtern angenommen, das Bildsignal falle außerhalb des Bildes auf Null ab. Beim Canny-Operator wird hingegen das Bild durch „Vervielfachung“ der Randpunkte fortgesetzt. Das Signal-Rausch-Verhältnis der `Filter` ist vergleichbar, wenn `Alpha` wie folgt gewählt wird:

$$\begin{aligned}
\texttt{Alpha}('lanser1') &= \texttt{Alpha}('deriche1') \\
\texttt{Alpha}('deriche2') &= \texttt{Alpha}('deriche1')/2 \\
\texttt{Alpha}('lanser2') &= \texttt{Alpha}('deriche2') \\
\texttt{Alpha}('shen') &= \texttt{Alpha}('deriche1')/2 \\
\texttt{Alpha}('mshen') &= \texttt{Alpha}('shen') \\
\texttt{Alpha}('canny') &= 1.77/\texttt{Alpha}('deriche1')
\end{aligned}$$

Die hier eingesetzten rekursiven Filter verzerren in ihrer ursprünglichen Form (*'deriche1'*, *'deriche2'*, *'shen'*) die Amplituden diagonaler Kanten. Diese Fehler sind in den zugehörigen modifizierten Operatoren *'lanser1'*, *'lanser2'* und *'mshen'* (bei unveränderter Laufzeit) beseitigt.

Bei relativ kleinem Einzugsgebiet der Filter (11×11) Bildpunkte, etwa für `Alpha`('lanser2') = *0.5* liefern alle (modifizierten) Operatoren praktisch identische Ergebnisse. Erst bei „breiteren“ Filtern zeigen sich Unterschiede: Insbesondere fallen dann die Shen-basierten Operatoren qualitativ ab. Allerdings sind sie die schnellsten der implementierten Operatoren — dicht gefolgt von den Deriche-Operatoren.

`edges_image` bietet (optional) die Weiterverarbeitung der Filterergebnisse mittels Non-Maximum-Suppression (`NMS` = *'nms'*/*'inms'*/*'hvnms'*, sonst Wert *'none'*) und Hysterese-Schwellenwertoperation (`Low`,`High`, falls nicht erwünscht: einer der Werte negativ). Dies entspricht im wesentlichen nachfolgenden Aufrufen der Routinen

```
nonmax_suppression_dir(...,NMS,...)
hysteresis_threshold(...,Low,High,999,...).
```

Die Hysterese-Schwellenwertoperation wird nicht angewandt, wenn `NMS` auf *'none'* gesetzt ist.

Für *'sobel_fast'* wird für alle Werte von `NMS` außer *'none'* dieselbe Non-Maximum-Suppression ausgeführt. Zusätzlich wird für *'sobel_fast'* auch noch eine Verdünnung der Kanten auf ein Pixel Breite durchgeführt.

`edges_image` kann für die Filtertypen *'canny'* und *'sobel_fast'* auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden.

Achtung

Die OpenCL-Implementierung von `edges_image` wird generell von der CPU-Implementierung abweichende Ergebnisse berechnen.

Da `edges_image` für den *'canny'*-Filter intern Gauss-Faltung verwendet, gelten dieselben Einschränkungen wie für `derivate_gauss`: `Alpha` muss so gewählt werden, dass die resultierende Filtermaske kleiner als 129 Pixel ist.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int4 / real
  Eingabebilder.
- ▷ **`ImaAmp`** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int4 / real
  Amplitudenbilder.
- ▷ **`ImaDir`** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* direction
  Richtungsbilder.

▷ **Filter** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Gewünschter Kanten-Operator.
Default: 'canny'
Werteliste: Filter ∈ {'deriche1', 'deriche1_int4', 'deriche2', 'deriche2_int4', 'lanser1', 'lanser2', 'shen', 'mshen', 'canny', 'sobel_fast'}

▷ **Alpha** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Filterparameter: kleine Werte bewirken starke Glättung, also auch weniger Bilddetails (bei 'canny' umgekehrt).
Default: 1.0
Wertevorschläge: Alpha ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.7, 0.9, 1.1}
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1
Restriktion: Alpha > 0.0

▷ **NMS** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Non-Maximum Suppression ('none', falls nicht erwünscht).
Default: 'nms'
Werteliste: NMS ∈ {'nms', 'inms', 'hvnms', 'none'}

▷ **Low** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / real
Untere Schwelle für Hysterese-Schwellenwertoperation (negativ, falls keine Schwellenwertbildung erwünscht).
Default: 20
Wertevorschläge: Low ∈ {5, 10, 15, 20, 25, 30, 40}
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 5
Restriktion: Low != 0

▷ **High** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / real
Obere Schwelle für Hysterese-Schwellenwertoperation (negativ, falls keine Schwellenwertbildung erwünscht).
Default: 40
Wertevorschläge: High ∈ {10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70}
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 5
Restriktion: High >= Low

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
edges_image(Image,Amp,Dir,'lanser2',0.5,'none',-1,-1)
hysteresis_threshold(Amp,Margin,20,30,30)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert edges_image den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

info_edges

Nachfolger

threshold, hysteresis_threshold, close_edges_length

Alternativen

sobel_dir, frei_dir, kirsch_dir, prewitt_dir, robinson_dir

Siehe auch

info_edges, nonmax_suppression_amp, hysteresis_threshold, bandpass_image

Literatur

S.Lanser, W.Eckstein: „Eine Modifikation des Deriche-Verfahrens zur Kantendetektion“; 13. DAGM-Symposium, München; Informatik Fachberichte 290; Seite 151 - 158; Springer-Verlag; 1991.

S.Lanser: „Detektion von Stufenkanten mittels rekursiver Filter nach Deriche“; Diplomarbeit; Technische Universität München, Institut für Informatik, Lehrstuhl Prof. Radig; 1991.

J.Canny: „Finding Edges and Lines in Images“; Report, AI-TR-720; M.I.T. Artificial Intelligence Lab., Cambridge; 1983.

J.Canny: „A Computational Approach to Edge Detection“; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence; PAMI-8, vol. 6; S. 679-698; 1986.

R.Deriche: „Using Canny’s Criteria to Derive a Recursively Implemented Optimal Edge Detector“; International Journal of Computer Vision; vol. 1, no. 2; S. 167-187; 1987.

R.Deriche: „Optimal Edge Detection Using Recursive Filtering“; Proc. of the First International Conference on Computer Vision, London; S. 501-505; 1987.

R.Deriche: „Fast Algorithms for Low-Level Vision“; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence; PAMI-12, no. 1; S. 78-87; 1990.

S.Castan, J.Zhao und J.Shen: „Optimal Filter for Edge Detection Methods and Results“; Proc. of the First European Conference on Computer Vision, Antibes; Lecture Notes on computer Science; no. 427; S. 12-17; Springer-Verlag; 1990.

Modul

Foundation

edges_sub_pix (Image : Edges : Filter, Alpha, Low, High :)

Sub-pixel-genaue Kantendetektion mit Deriche-, Lanser-, Shen- oder Canny-Filtern.

edges_sub_pix dient der Detektion von Stufenkanten mittels rekursiver Filter (nach Deriche, Lanser und Shen) bzw. mittels des konventionell über Filtermasken realisierten „Derivative of Gaussian“ Filter, den auch Canny verwendet. Konkret stehen damit für Filter folgende Kantenoperatoren zur Verfügung:

’deriche1’, *’lanser1’*, *’deriche2’*, *’lanser2’*, *’shen’*, *’mshen’*, *’canny’*, *’sobel’* und *’sobel_fast’*.

Die extrahierten Kanten werden als sub-pixel-genaue XLD-Konturen in Edges zurückgeliefert. Für alle Kantenoperatoren außer *’sobel_fast’* werden für jeden Kantenpunkt die folgenden Attribute definiert (Für weitere Informationen siehe get_contour_attrib_xld):

’edge_direction’: Gibt die Richtung der Kante (nicht der Kontur), berechnet aus den Grauwertgradienten in Spalten- und Zeilenrichtung, an. Die Winkel sind bezüglich der Zeilenachse gegen den Uhrzeigersinn gegeben.

’angle’: Richtung der Normalenvektoren der Kontur in Radiant. (so orientiert, dass die Normalenvektoren auf die rechte Seite der Kontur in Durchlaufrichtung der Kontur zeigen; die Winkel sind bzgl. der Zeilenachse des Bildes angegeben).

’response’: Die Amplitude der Kante.

Die „Filterbreite“ (bzw. das Einzugsgebiet der Filter) ist für alle Kantenoperatoren außer *’sobel’* und *’sobel_fast’* frei wählbar und lässt sich mittels info_edges für konkrete Werte des Parameters Alpha abschätzen. Bei allen Filtern (Deriche-, Lanser- und Shen-Filtern) bewirkt eine Vergrößerung von Alpha eine Verkleinerung der „Filterbreite“. Die einzige Ausnahme bildet der Canny-Filter, bei dem sich für größer werdende Werte für Alpha auch die „Filterbreite“ vergrößert. „Breite“ Filter weisen eine höhere Rauschinvarianz, aber auch ein verringertes Auflösungsvermögen für Bilddetails auf. Nicht-rekursive Filter, wie hier die Canny-Filter, werden häufig mittels Filtermasken realisiert. In diesem Fall erhöht sich die Laufzeit natürlich mit wachsender Filterbreite. Die Laufzeit der rekursiven Filter ist hingegen konstant. Das Einzugsgebiet der Deriche-, Lanser bzw. Shen-Filter ist also ohne Mehraufwand beliebig vergrößerbar. Der daraus resultierende Laufzeitvorteil gegenüber dem Canny-Operator

nimmt naturgemäß mit wachsender „Filterbreite“ zu. Zur Randbehandlung wird bei den rekursiven Filtern angenommen, das Bildsignal falle außerhalb des Bildes auf Null ab. Beim Canny-Operator wird hingegen das Bild durch „Vervielfachung“ der Randpunkte fortgesetzt. Das Signal-Rausch-Verhältnis der `Filter` ist vergleichbar, wenn `Alpha` wie folgt gewählt wird:

$$\begin{array}{lcl} \texttt{Alpha}('lanser1') & = & \texttt{Alpha}('deriche1') \\ \texttt{Alpha}('deriche2') & = & \texttt{Alpha}('deriche1')/2 \\ \texttt{Alpha}('lanser2') & = & \texttt{Alpha}('deriche2') \\ \texttt{Alpha}('shen') & = & \texttt{Alpha}('deriche1')/2 \\ \texttt{Alpha}('mshen') & = & \texttt{Alpha}('shen') \\ \texttt{Alpha}('canny') & = & 1.77/\texttt{Alpha}('deriche1') \end{array}$$

Die hier eingesetzten rekursiven Filter verzerren in ihrer ursprünglichen Form (*'deriche1'*, *'deriche2'*, *'shen'*) die Amplituden diagonaler Kanten. Diese Fehler sind in den zugehörigen modifizierten Operatoren *'lanser1'*, *'lanser2'* und *'mshen'* (bei unveränderter Laufzeit) beseitigt.

Bei relativ kleinem Einzugsgebiet der Filter (11×11) Bildpunkte, etwa für `Alpha` (*'lanser2' = 0.5*) liefern alle (modifizierten) Operatoren praktisch identische Ergebnisse. Erst bei „breiteren“ Filtern zeigen sich Unterschiede: Insbesondere fallen dann die Shen-basierten Operatoren qualitativ ab. Allerdings sind sie die schnellsten der implementierten Operatoren, die eine freie Wahl der Filterbreite erlauben, dicht gefolgt von den Deriche-Operatoren. Die beiden Sobel-Filter, die eine feste Maskengröße von (3×3) verwenden, sind schneller als die anderen Filter, wobei der Filter *'sobel_fast'* erheblich schneller ist als der Filter *'sobel'*.

`edges_sub_pix` verknüpft die einzelnen Kantenpunkte mit einem Hysterese-Schwellenwert-artigem Verfahren zu Kanten, wie es auch in `lines_gauss` verwendet wird. Dabei werden Punkte, deren Amplitude größer als `High` ist, sofort als sichere Kantenpunkte akzeptiert. Punkte, deren Amplitude kleiner als `Low` ist, werden sofort verworfen. Alle Punkte, die eine zweite Ableitung zwischen diesen zwei Werten besitzen, werden akzeptiert, wenn sie durch einen Pfad mit sicheren Punkten verbunden sind (siehe `lines_gauss` und `hysteresis_threshold`).

Da Kantenextraktoren oftmals bestimmte Kreuzungspunkte nicht extrahieren können, kann durch Anhängen von *'_junctions'* an die oben beschriebenen Werte von `Filter` versucht werden, diese mit anderen Mitteln zu extrahieren. Dieser Modus ist analog zu dem bei `lines_gauss` verfügbaren Modus zur Vervollständigung von Kreuzungspunkten.

Der Kantenoperator *'sobel_fast'* hat dieselbe Semantik wie alle anderen Kantenoperatoren, basiert intern aber auf einer stark vereinfachten Variante der einzelnen Schritte (Hysterese-Schwellenwert-Operation, Verknüpfung der Kantenpunkte, Extraktion der Subpixel-Position). Daher können die Ergebnisse von *'sobel_fast'* in manchen Fällen eine geringere Genauigkeit als die Ergebnisse der anderen Filter aufweisen und andere Kantenteile selektieren.

`edges_sub_pix` kann für die Filtertypen *'canny'* und *'sobel_fast'* auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Dazu werden bis zu Breite*Höhe*29 Bytes pinned Speicher benötigt. Daher sollte der pinned Speichercache auf mindestens diese Größe gesetzt werden (mit `set_compute_device_param` und dem Parameter *'pinned_mem_cache_capacity'*, oder die Verwendung von pinned Speicher komplett abzuschalten (mit `set_compute_device_param` und dem Parameter *'alloc_pinned'*) - dann wird der normale Speichercache verwendet. Die Ergebnisse können dabei von dem der CPU-Implementierung abweichen.

Achtung

Da `edges_sub_pix` für den *'canny'*-Filter intern Gauss-Faltung verwendet, gelten dieselben Einschränkungen wie für `derivate_gauss`: `Alpha` muss so gewählt werden, dass die resultierende Filtermaske kleiner als 129 Pixel ist.

In HALCON XL kann `edges_sub_pix` gar nicht auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden, da dafür doppelt genaue Fließkommaarithmetik notwendig wäre, OpenCL-Geräte aber nur für einfach genaue Fließkommaarithmetik optimiert sind.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **`Edges`** (output_object) . . . . . xld_cont-array ⇝ *object*
  Extrahierte Kanten.

▷ **Filter** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Gewünschter Kanten-Operator.
Default: 'canny'
Werteliste: `Filter` ∈ {'deriche1', 'lanser1', 'deriche2', 'lanser2', 'shen', 'mshen', 'canny', 'sobel', 'sobel_fast', 'deriche1_junctions', 'lanser1_junctions', 'deriche2_junctions', 'lanser2_junctions', 'shen_junctions', 'mshen_junctions', 'canny_junctions', 'sobel_junctions'}

▷ **Alpha** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Filterparameter: kleine Werte bewirken starke Glättung, also auch weniger Bilddetails (bei 'canny' umgekehrt).
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Alpha` ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.7, 0.9, 1.1}
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1
Restriktion: Alpha > 0.0

▷ **Low** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / real
Untere Schwelle für Hysterese-Schwellenwertoperation.
Default: 20
Wertevorschläge: `Low` ∈ {5, 10, 15, 20, 25, 30, 40}
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 5
Restriktion: Low > 0

▷ **High** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / real
Obere Schwelle für Hysterese-Schwellenwertoperation.
Default: 40
Wertevorschläge: `High` ∈ {10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70}
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 5
Restriktion: High > 0 && High >= Low

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
edges_sub_pix(Image,Edges,'lanser2',0.5,20,40)
```

Komplexität

Sei A die Anzahl von Pixeln in der Region von `Image`. Dann ist die Laufzeitkomplexität $O(A * \texttt{Alpha})$ für den Canny-Filter und $O(A)$ für die rekursiven Lanser-, Deriche- und Shen-Filter.

Der Bedarf an temporären Speicher ist abhängig von der Höhe H der Region von `Image` und der Breite W von `Image`. Sei $S = W * H$, dann benötigt `edges_sub_pix` mindestens $60 * S$ Bytes an temporärem Speicher bei der Ausführung für alle Kantenoperatoren außer *'sobel_fast'*. Für *'sobel_fast'* werden mindestens $9 * S$ Bytes an temporärem Speicher benötigt.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert `edges_sub_pix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

`segment_contours_xld`, `gen_polygons_xld`, `select_shape_xld`

Alternativen

`sobel_dir`, `frei_dir`, `kirsch_dir`, `prewitt_dir`, `robinson_dir`, `edges_image`

Siehe auch

info_edges, hysteresis_threshold, bandpass_image, lines_gauss, lines_facet

Literatur

S.Lanser, W.Eckstein: „Eine Modifikation des Deriche-Verfahrens zur Kantendetektion“; 13. DAGM-Symposium, München; Informatik Fachberichte 290; Seite 151 - 158; Springer-Verlag; 1991.

S.Lanser: „Detektion von Stufenkanten mittels rekursiver Filter nach Deriche“; Diplomarbeit; Technische Universität München, Institut für Informatik, Lehrstuhl Prof. Radig; 1991.

J.Canny: „Finding Edges and Lines in Images“; Report, AI-TR-720; M.I.T. Artificial Intelligence Lab., Cambridge; 1983.

J.Canny: „A Computational Approach to Edge Detection“; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence; PAMI-8, vol. 6; S. 679-698; 1986.

R.Deriche: „Using Canny’s Criteria to Derive a Recursively Implemented Optimal Edge Detector“; International Journal of Computer Vision; vol. 1, no. 2; S. 167-187; 1987.

R.Deriche: „Optimal Edge Detection Using Recursive Filtering“; Proc. of the First International Conference on Computer Vision, London; S. 501-505; 1987.

R.Deriche: „Fast Algorithms for Low-Level Vision“; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence; PAMI-12, no. 1; S. 78-87; 1990.

S.Castan, J.Zhao und J.Shen: „Optimal Filter for Edge Detection Methods and Results“; Proc. of the First European Conference on Computer Vision, Antibes; Lecture Notes on computer Science; no. 427; S. 12-17; Springer-Verlag; 1990.

Modul

2D Metrology

frei_amp (Image : ImageEdgeAmp : :)

Kantendetektion (Amplitude) mit dem Frei-Chen-Operator.

frei_amp berechnet eine Näherung der erster Ableitung der Grauwertdaten und wird als Kantenfilter eingesetzt. Dem Filter liegen folgende zwei Filtermasken zugrunde:

$$A = \begin{matrix} 1 & \sqrt{2} & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -\sqrt{2} & -1 \end{matrix}$$

$$B = \begin{matrix} 1 & 0 & -1 \\ \sqrt{2} & 0 & -\sqrt{2} \\ 1 & 0 & -1 \end{matrix}$$

Im Ausgabebild ist die maximale Filterantwort der Maske A und B eingetragen.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **ImageEdgeAmp** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Kantenamplitude.

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
frei_amp(Image,Frei_amp)
threshold(Frei_amp,Edges,128,255)
```

Ergebnis

`frei_amp` liefert immer den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`binomial_filter`, `gauss_filter`, `sigma_image`, `median_image`, `smooth_image`

Alternativen

`sobel_amp`, `kirsch_amp`, `prewitt_amp`, `robinson_amp`, `roberts`

Siehe auch

`bandpass_image`, `laplace_of_gauss`

Modul

Foundation

frei_dir (Image : ImageEdgeAmp, ImageEdgeDir : :)

Kantendetektion (Amplitude und Richtung) mit dem Frei-Chen-Operator.

`frei_dir` berechnet eine Näherung der erster Ableitung der Grauwertdaten und wird als Kantenfilter eingesetzt. Dem Filter liegen folgende zwei Filtermasken zugrunde:

$$A = \begin{matrix} 1 & \sqrt{2} & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -\sqrt{2} & -1 \end{matrix}$$

$$B = \begin{matrix} 1 & 0 & -1 \\ \sqrt{2} & 0 & -\sqrt{2} \\ 1 & 0 & -1 \end{matrix}$$

Im Ausgabebild ist die maximale Filterantwort der Maske A und B eingetragen. In dem Parameter `ImageEdgeDir` wird die Kantenrichtungen zurückgeliefert. Diese werden in 2 Grad Schritten kodiert, d.h. eine Kantenrichtung von x Grad (im mathematisch positiven Sinn und bezogen auf die Horizontale) wird zu $x/2$ im entsprechenden Ergebnisbild. Außerdem wird auch die Richtung der Helligkeitsänderung berücksichtigt. Bezeichnet $[Ex, Ey]$ den Bildgradienten, ergeben sich folgende Kantenrichtungen r (zurückgeliefert als $r/2$) zwischen 0 und 359 Grad:

Helligkeitszunahme E_x/E_y	$Kantenrichtung$r	
von unten nach oben	$0/+$	0
von rechts unten nach links oben	$-/+$	$]0, 90[$
von rechts nach links	$-/0$	90
von rechts oben nach links unten	$-/-$	$]90, 180[$
von oben nach unten	$0/-$	180
von links oben nach rechts unten	$+/-$	$]180, 270[$
von links nach rechts	$+/0$	270
von links unten nach rechts oben	$+/+$	$]270, 360[$

In Bildpunkten mit Kantenamplitude 0 wird als Kantenrichtung der Wert 255 (undefinierte Richtung) zurückgeliefert.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **ImageEdgeAmp** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Kantenamplitude.
- ▷ **ImageEdgeDir** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* direction
  Kantenrichtung.

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
frei_dir(Image,Frei_dirA,Frei_dirD)
threshold(Frei_dirA,Res,128,255)
```

Ergebnis

`frei_dir` liefert immer den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`binomial_filter`, `gauss_filter`, `sigma_image`, `median_image`, `smooth_image`

Nachfolger

`hysteresis_threshold`, `threshold`, `gray_skeleton`, `nonmax_suppression_dir`, `close_edges`, `close_edges_length`

Alternativen

`edges_image`, `sobel_dir`, `robinson_dir`, `prewitt_dir`, `kirsch_dir`

Siehe auch

`bandpass_image`, `laplace_of_gauss`

Modul

Foundation

highpass_image (Image : Highpass : Width, Height :)

Verstärkung hochfrequenter Bildanteile.

`highpass_image` verstärkt hochfrequente Bildanteile durch eine lineare Filterung mit folgender Filtermatrix (am Beispiel 7×5):

$$\begin{matrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -35 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

Die Anwendung der Prozedur entspricht der Anwendung des Mittelwertfilters (mean_image), gefolgt von der Subtraktion des Originalgrauwerts vom Ergebnis. Bei Bildern vom Typ Byte wird zu der Differenz 128 addiert, d.h. der Nulldurchgang hat den Wert 128. Dementsprechend wird bei Bildern vom Typ uint2 32767 addiert.

Der Filter hebt hochfrequente Anteile im Bild hervor (Kanten und Ecken). Die Trennfrequenz wird über die Größe (Height × Width) der Filtermatrix festgelegt: Je größer die Matrix ist, desto niedriger wird die Trennfrequenz.

Als Randbehandlungen werden die Grauwerte an den Objekträndern gespiegelt. Über- bzw. Unterlauf von Grauwerten wird beschnitten (255 bzw. 0).

Achtung

Werden für Height oder Width gerade statt ungerade Werte übergeben, verwendet die Routine an ihrer Stelle die nächstgrößeren ungeraden Werte (damit ist der Schwerpunkt der Filtermaske immer eindeutig bestimmt).

highpass_image kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Dabei gelten dieselben Einschränkungen wie für mean_image und sub_image.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebilder.
- ▷ **Highpass** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Hochpass-gefilterte Ausgabebilder.
- ▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite der Filtermaske.
  Default: 9
  Wertevorschläge: Width ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 17, 21, 29, 41, 51, 73, 101}
  Wertebereich: 1 ≤ Width
  Minimale Schrittweite: 2
  Empfohlene Schrittweite: 2
- ▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe der Filtermaske.
  Default: 9
  Wertevorschläge: Height ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 17, 21, 29, 41, 51, 73, 101}
  Wertebereich: 1 ≤ Height
  Minimale Schrittweite: 2
  Empfohlene Schrittweite: 2

Beispiel

```
highpass_image(Image,&Highpass,7,5);
threshold(Highpass,&Region,60.0,255.0);
skeleton(Region,&Skeleton);
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert highpass_image den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

`threshold`, `skeleton`

Alternativen

`mean_image`, `sub_image`, `convol_image`, `bandpass_image`

Siehe auch

`dyn_threshold`

Modul

Foundation

info_edges (: : Filter, Mode, Alpha : Size, Coeffs)

Abfragen der Filterkoeffizienten der Filter aus `edges_image`.

`info_edges` liefert die Filterkoeffizienten `Coeffs` und eine Abschätzung des Einzugsgebiets `Size` der in der Routine `edges_image` verwendeten Filter. Dazu werden die zugrundeliegenden kontinuierlichen Impulsantworten der Filter abgetastet, bis ein Filterkoeffizient kleiner als fünf Prozent des Maximalkoeffizienten ist. `Alpha` ist der Filterparameter (siehe `edges_image`). Es werden sieben Kantenoperatoren unterstützt (Parameter `Filter`):

'deriche1', *'lanser1'*, *'deriche2'*, *'lanser2'*, *'shen'*, *'mshen'* und *'canny'*.

Über den Parameter `Mode` (*'edge'*/*'smooth'*) wird festgelegt, ob der entsprechende Kanten- oder Glättungsfilter gemeint ist.

Der Canny-Operator (der sich auf die Gaußfunktion abstützt) wurde dabei konventionell mittels Filtermasken implementiert. Im Falle der Canny-Filter werden daher die Filterkoeffizienten der eindimensionalen Impulsantworten $f(n)$ mit $n \geq 0$ in `Coeffs` zurückgeliefert. Alle anderen `Filter` sind rekursiv implementiert. Hierbei werden die Koeffizienten `Coeffs` einer entsprechenden nicht-rekursiven Implementierung des Filters zurückgegeben.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- **Filter** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Name des Kanten-Operators.
  Default: 'lanser2'
  Werteliste: `Filter` ∈ {'deriche1', 'lanser1', 'deriche2', 'lanser2', 'shen', 'mshen', 'canny'}
- **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  1D-Kantenfilter ('edge') oder 1D-Glättungsfilter ('smooth').
  Default: 'edge'
  Werteliste: `Mode` ∈ {'edge', 'smooth'}
- **Alpha** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Filterparameter: kleine Werte bewirken starke Glättung, also auch weniger Bilddetails (bei canny umgekehrt).
  Default: 0.5
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
  Restriktion: Alpha > 0.0
- **Size** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Größe des Einzugsgebietes des Filters in Pixeln.
- **Coeffs** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Falls Cannyfilter: Koeffizienten der „positiven“ Hälfte der 1D-Impulsantwort. Alle anderen: Koeffizienten einer entsprechenden nicht-rekursiven Implementierung des Filters.

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
info_edges('lanser2','edge',0.5,Size,Coeffs)
edges_image(Image,Amp,Dir,'lanser2',0.5,'none',-1,-1)
hysteresis_threshold(Amp,Margin,20,30,30)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `info_edges` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`edges_image`, `threshold`, `skeleton`

Siehe auch

`edges_image`

Modul

Foundation

kirsch_amp (Image : ImageEdgeAmp : :)

Kantendetektion mit dem Kirsch-Operator.

`kirsch_amp` berechnet eine Näherung der erster Ableitung der Grauwertdaten und wird als Kantenfilter eingesetzt. Dem Filter liegen folgende acht Filtermasken zugrunde:

$$\begin{matrix} -3 & -3 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & 5 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} -3 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & -3 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 5 & 5 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 5 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & -3 & -3 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} -3 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & -3 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & 5 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & 5 & 5 \end{matrix}$$

Im Ausgabebild ist die maximale Filterantwort aller Masken eingetragen.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **ImageEdgeAmp** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Kantenamplitude.

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
kirsch_amp(Image,Kirsch_amp)
threshold(Kirsch_amp,Edges,128,255)
```

Ergebnis

`kirsch_amp` liefert immer den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`binomial_filter`, `gauss_filter`, `sigma_image`, `median_image`, `smooth_image`

Alternativen

`sobel_amp`, `frei_amp`, `prewitt_amp`, `robinson_amp`, `roberts`

Siehe auch

`bandpass_image`, `laplace_of_gauss`

Modul

Foundation

kirsch_dir (Image : ImageEdgeAmp, ImageEdgeDir : :)

Kantendetektion (Amplitude und Richtung) mit dem Kirsch-Operator.

`kirsch_dir` berechnet eine Näherung der erster Ableitung der Grauwertdaten und wird als Kantenfilter eingesetzt. Dem Filter liegen folgende acht Filtermasken zugrunde:

$$\begin{matrix} -3 & -3 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & 5 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} -3 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & -3 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 5 & 5 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 5 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & -3 & -3 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} -3 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & -3 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & 5 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & 5 & 5 \end{matrix}$$

Im Ausgabebild ist die maximale Filterantwort aller Masken eingetragen. In dem Parameter `ImageEdgeDir` wird die Kantenrichtungen zurückgeliefert als $x/2$. Die Kantenrichtungen entsprechen der Richtung der Maske mit der maximalen Filterantwort.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **`ImageEdgeAmp`** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Kantenamplitude.
- ▷ **`ImageEdgeDir`** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* direction
  Kantenrichtung.

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
kirsch_dir(Image,Kirsch_dirA,Kirsch_dirD)
threshold(Kirsch_dirA,Res,128,255)
```

Ergebnis

`kirsch_dir` liefert immer den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`binomial_filter`, `gauss_filter`, `sigma_image`, `median_image`, `smooth_image`

Nachfolger

`hysteresis_threshold`, `threshold`, `gray_skeleton`, `nonmax_suppression_dir`, `close_edges`, `close_edges_length`

Alternativen

edges_image, sobel_dir, robinson_dir, prewitt_dir, frei_dir

Siehe auch

bandpass_image, laplace_of_gauss

Modul

Foundation

laplace (Image : ImageLaplace : ResultType, MaskSize, FilterMask :)

Näherung des Laplace-Operators durch finite Differenzen.

laplace filtert die Eingabebilder (Image) mittels des Laplace-Operators. Abhängig vom Parameter FilterMask werden folgende lokale Approximationen an den Laplace-Operator zugrundegelegt:

'n_4'

$$\begin{matrix} & 1 & \\ 1 & -4 & 1 \\ & 1 & \end{matrix}$$

'n_8'

$$\begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

'n_8_isotropic'

$$\begin{matrix} 10 & 22 & 10 \\ 22 & -128 & 22 \\ 10 & 22 & 10 \end{matrix}$$

Für die einzelnen Filtermasken werden folgende Normierungen der Ergebnisgrauwerte, (d.h. Division durch die angegebene Zahl) durchgeführt: *'n_4'* Normierung durch 1, *'n_8'*, Normierung durch 2 und *'n_8_isotropic'* Normierung durch 32.

Für eine 3×3 Laplace-Filterung (MaskSize = 3) wird der entsprechende Filter direkt angewandt. Für größere Laplace-Filter wird das Eingabebild dagegen zunächst mit dem Gaußfilter (siehe gauss_image) oder einem Binomialfilter (siehe binomial_filter) der Größe MaskSize-2 geglättet. Der Gaußfilter wird durch die oben angegebenen Werte von ResultType ausgewählt. Hierbei ist MaskSize = 5, 7, 9, 11 oder 13 zu wählen. Der Binomialfilter wird ausgewählt, indem *'_binomial'* an die oben angegebenen Werte von ResultType angehängt wird. Hier kann MaskSize zwischen 5 und 39 gewählt werden. Zusätzlich ist es hier möglich, unterschiedliche Glättungen in Spalten- und Zeilenrichtung durch Angabe von zwei Werten in MaskSize zu erreichen. Dabei entspricht der erste Wert der Maskenbreite (Glättung in Spaltenrichtung) und der zweite Wert der Maskenhöhe (Glättung in Zeilenrichtung) des Binomialfilters. Somit ist z.B.

```
laplace(O:R:'absolute',MaskSize,N:)
```

für MaskSize $>$ *3* äquivalent zu

```
gauss_image(O:G:MaskSize-2:)
laplace(G:R:'absolute',3,N:)
```

und

```
laplace(O:R:'absolute_binomial',MaskSize,N:)
```

ist äquivalent zu

```
binomial_filter(O:B:MaskSize-2,MaskSize-2:)
laplace(B:R:'absolute',3,N:).
```

`laplace` liefert entweder den Absolutbetrag des Laplace-gefilterten Eingabebildes (`ResultType` = *'absolute'*) in einem byte/uint2-Bild oder unmittelbar das Filterergebnis (`ResultType` = *'signed'* oder *'signed_clipped'*) mit einem Pixeltyp mit Vorzeichen zurück. Dabei ist bei *'signed_clipped'* der Ausgabebildtyp von derselben Anzahl von Bytes wie der Eingabebildtyp (also int1 oder int2), während bei *'signed'* der Ausgabebildtyp die nächsthöhere Anzahl an Bytes besitzt (also int2 oder int4).

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **`ImageLaplace`** (output_object) .... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int2 / int2 / int4
  Laplace-gefiltertes Ausgabebild.
- ▷ **`ResultType`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Typ des Ergebnisbildes, wobei für byte und uint2 der Absolutbetrag zurückgegeben wird.
  Default: 'absolute'
  Werteliste: `ResultType` ∈ {'absolute', 'signed_clipped', 'signed', 'absolute_binomial', 'signed_clipped_binomial', 'signed_binomial'}
- ▷ **`MaskSize`** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Filtergröße.
  Default: 3
  Werteliste: `MaskSize` ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39}
- ▷ **`FilterMask`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Filtermaske für den Laplace-Operator
  Default: 'n_4'
  Werteliste: `FilterMask` ∈ {'n_4', 'n_8', 'n_8_isotropic'}

Beispiel

```
read_image(&Image,"mreut");
laplace(Image,&Laplace,"signed",3,"n_8_isotropic");
zero_crossing(Laplace,&ZeroCrossings);
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `laplace` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

`zero_crossing`, `dual_threshold`, `threshold`

Alternativen

`diff_of_gauss`, `laplace_of_gauss`, `derivate_gauss`

Siehe auch

`highpass_image`, `edges_image`

Modul

Foundation

laplace_of_gauss (Image : ImageLaplace : Sigma :)

LoG-Operator (Laplace of Gaussian).

laplace_of_gauss berechnet den Laplaceoperator für beliebige Sigma. Die Formel für den Laplace-Operator lautet:

$$\Delta g(x,y) = \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2}$$

Die Ableitungen bei laplace_of_gauss werden durch Ableitungen der Gaußfunktion angenähert, wodurch sich folgende Formel für den Faltungsoperator ergibt:

$$\Delta G_\sigma(x,y) =$$
$$\frac{1}{2\pi\sigma^4}\left(\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}-1\right)\left[\exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right)\right]$$

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
  Eingabebild.
- ▷ **ImageLaplace** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* int2
  Laplace des Eingabebildes.
- ▷ **Sigma** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Glättungsparameter der Gaußfunktion.
  Default: 2.0
  Wertevorschläge: Sigma ∈ {0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0}
  Wertebereich: 0.01 ≤ Sigma ≤ 25.0
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.1

Beispiel

```
read_image(&Image,"mreut");
laplace_of_gauss(Image,&Laplace,2.0);
zero_crossing(Laplace,&ZeroCrossings);
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

zero_crossing, dual_threshold

Alternativen

laplace, diff_of_gauss, derivate_gauss

Siehe auch

derivate_gauss

Modul

Foundation

prewitt_amp (Image : ImageEdgeAmp : :)

Kantendetektion (Amplitude) mit dem Prewitt-Operator.

prewitt_amp berechnet eine Näherung der ersten Ableitung der Grauwertdaten und wird als Kantenfilter eingesetzt. Dem Filter liegen folgende zwei Filtermasken zugrunde:

$$A = \begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{matrix}$$

$$B = \begin{matrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{matrix}$$

Im Ausgabebild ist die maximale Filterantwort der Maske A und B eingetragen.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **ImageEdgeAmp** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Kantenamplitude.

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
prewitt_amp(Image,Prewitt)
threshold(Prewitt,Edges,128,255)
```

Ergebnis

prewitt_amp liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

binomial_filter, gauss_filter, sigma_image, median_image, smooth_image

Nachfolger

threshold, gray_skeleton, nonmax_suppression_amp, close_edges, close_edges_length

Alternativen

sobel_amp, kirsch_amp, frei_amp, robinson_amp, roberts

Siehe auch

bandpass_image, laplace_of_gauss

Modul

Foundation

prewitt_dir (Image : ImageEdgeAmp, ImageEdgeDir : :)

Kantendetektion (Amplitude und Richtung) mit dem Prewitt-Operator.

prewitt_dir berechnet eine Näherung der erster Ableitung der Grauwertdaten und wird als Kantenfilter eingesetzt. Dem Filter liegen folgende zwei Filtermasken zugrunde:

$$A = \begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{matrix}$$

$$B = \begin{matrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{matrix}$$

Im Ausgabebild ist die maximale Filterantwort der Maske A und B eingetragen. In dem Parameter ImageEdgeDir wird die Kantenrichtungen zurückgeliefert. Diese werden in 2 Grad Schritten kodiert, d.h. eine Kantenrichtung von x Grad (im mathematisch positiven Sinn und bezogen auf die Horizontale) wird zu $x/2$ im entsprechenden Ergebnisbild. Außerdem wird auch die Richtung der Helligkeitsänderung berücksichtigt. Bezeichnet $[Ex, Ey]$ den Bildgradienten, ergeben sich folgende Kantenrichtungen r (zurückgeliefert als $r/2$) zwischen 0 und 359 Grad:

Helligkeitszunahme E_x/E_y		*Kantenrichtung* r
von unten nach oben	$0/+$	0
von rechts unten nach links oben	$-/+$	$]0, 90[$
von rechts nach links	$-/0$	90
von rechts oben nach links unten	$-/-$	$]90, 180[$
von oben nach unten	$0/-$	180
von links oben nach rechts unten	$+/-$	$]180, 270[$
von links nach rechts	$+/0$	270
von links unten nach rechts oben	$+/+$	$]270, 360[$

In Bildpunkten mit Kantenamplitude 0 wird als Kantenrichtung der Wert 255 (undefinierte Richtung) zurückgeliefert.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **ImageEdgeAmp** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Kantenamplitude.
- ▷ **ImageEdgeDir** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* direction
  Kantenrichtung.

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
prewitt_dir(Image,PrewittA,PrewittD)
threshold(PrewittA,Edges,128,255)
```

Ergebnis

prewitt_dir liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

binomial_filter, gauss_filter, sigma_image, median_image, smooth_image

Nachfolger

hysteresis_threshold, threshold, gray_skeleton, nonmax_suppression_dir, close_edges, close_edges_length

Alternativen

edges_image, sobel_dir, robinson_dir, frei_dir, kirsch_dir

Siehe auch

bandpass_image, laplace_of_gauss

Modul

Foundation

roberts (Image : ImageRoberts : FilterType :)

Kantendetektion mit dem Roberts-Filter.

roberts berechnet die erste Ableitung der Grauwertdaten und wird als Kantenfilter eingesetzt. Legt man folgende Maske zugrunde,

$$\begin{array}{cc} A & B \\ C & D \end{array}$$

dann leiten sich die verschiedenen Filtertypen wie folgt ab:

'roberts_max'	$max(\|A-D\|, \|B-C\|)$
'gradient_max'	$max(\|A+B-(C+D)\|, \|A+C-(B+D)\|)$
'gradient_sum'	$\|A+B-(C+D)\| + \|A+C-(B+D)\|$

Tritt ein Überlauf ein, so werden die Werte beschnitten. Das Ergebnis der Berechnung wird in dem Pixel mit den Koordinaten von „D“ abgelegt.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
Eingabebilder.

▷ **ImageRoberts** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
Gefilterte Ausgabebilder.

▷ **FilterType** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Filtertyp.
Default: 'gradient_sum'
Werteliste: FilterType ∈ {'roberts_max', 'gradient_max', 'gradient_sum'}

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
roberts(Image,Roberts,'roberts_max')
threshold(Roberts,Margin,128,255)
```

Ergebnis

`roberts` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`binomial_filter`, `gauss_filter`

Nachfolger

`threshold`, `skeleton`

Alternativen

`edges_image`, `sobel_amp`, `frei_amp`, `kirsch_amp`, `prewitt_amp`

Siehe auch

`laplace`, `highpass_image`, `bandpass_image`

Modul

Foundation

robinson_amp (Image : ImageEdgeAmp : :)

Kantendetektion (Amplitude) mit dem Robinson-Operator.

`robinson_amp` berechnet eine Näherung der ersten Ableitung der Grauwertdaten und wird als Kantenfilter eingesetzt. Mit `robinson_amp` werden auf ein Eingabebild vier der ursprünglich acht 3×3-Filter von Robinson angewandt. Die anderen 4 Masken entstehen durch Multiplikation der Masken mit -1. Die Masken besitzen nur die Werte 0,1,-1,2,-2.

$$\begin{matrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ -2 & -1 & 0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{matrix}$$

Im Ausgabebild ist die maximale Filterantwort aller Masken eingetragen.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
Eingabebild.

▷ **ImageEdgeAmp** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
Kantenamplitude.

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
robinson_amp(Image,Robinson_amp)
threshold(Robinson_amp,Edges,128,255)
```

Ergebnis

`robinson_amp` liefert immer den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`binomial_filter`, `gauss_filter`, `sigma_image`, `median_image`, `smooth_image`

Alternativen

`sobel_amp`, `frei_amp`, `prewitt_amp`, `roberts`

Siehe auch

`bandpass_image`, `laplace_of_gauss`

Modul

Foundation

robinson_dir (Image : ImageEdgeAmp, ImageEdgeDir : :)

Kantendetektion (Amplitude und Richtung) mit dem Robinson-Operator.

`robinson_dir` berechnet eine Näherung der ersten Ableitung der Grauwertdaten und wird als Kantenfilter eingesetzt. Mit `robinson_dir` werden auf ein Eingabebild vier der ursprünglich acht 3×3-Filter von Robinson angewandt. Die anderen 4 Masken entstehen durch Multiplikation der Masken mit -1. Die Masken besitzen nur die Werte 0,1,-1,2,-2.

$$\begin{matrix} 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ -2 & -1 & 0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 0 & -1 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \\ 2 & 1 & 0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} -2 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{matrix}$$

Im Ausgabebild ist die maximale Filterantwort aller Masken eingetragen. In dem Parameter `ImageEdgeDir` wird die Kantenrichtungen zurückgeliefert als $x/2$. Die Kantenrichtungen entsprechen der Richtung der Maske mit der maximalen Filterantwort.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **ImageEdgeAmp** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Kantenamplitude.
- ▷ **ImageEdgeDir** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* direction
  Kantenrichtung.

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
robinson_dir(Image,Robinson_dirA,Robinson_dirD)
threshold(Robinson_dirA,Res,128,255)
```

Ergebnis

`robinson_dir` liefert immer den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`binomial_filter`, `gauss_filter`, `sigma_image`, `median_image`, `smooth_image`

Nachfolger

`hysteresis_threshold`, `threshold`, `gray_skeleton`, `nonmax_suppression_dir`, `close_edges`, `close_edges_length`

Alternativen

`edges_image`, `sobel_dir`, `kirsch_dir`, `prewitt_dir`, `frei_dir`

Siehe auch

`bandpass_image`, `laplace_of_gauss`

Modul

Foundation

sobel_amp (Image : EdgeAmplitude : FilterType, Size :)

Kantendetektion (Amplitude) mit dem Sobel-Operator.

`sobel_amp` berechnet eine Art von erster Ableitung der Grauwertdaten und wird als Kantenfilter eingesetzt. Dem Filter liegen folgende zwei Filtermasken zugrunde:

$$A = \begin{matrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{matrix}$$

$$B = \begin{matrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{matrix}$$

Diese Masken werden je nach Filtertyp unterschiedlich verwendet. (a und b stehen im folgenden für die Ergebnisse der Faltung mit A und B in einem Bildpunkt):

$'sum_sqrt'$	$\sqrt{a^2+b^2}/4$
$'sum_abs'$	$(\|a\|+\|b\|)/4$
$'thin_sum_abs'$	$(thin(\|a\|)+thin(\|b\|))/4$
$'thin_max_abs'$	$max(thin(\|a\|),thin(\|b\|))/4$
$'x'$	$b/4$ (b für Bilder vom Typ `real`)
$'y'$	$a/4$ (a für Bilder vom Typ `real`)

$thin(x)$ ist dabei für ein vertikales Maximum (Maske A) bzw. ein horizontales Maximum (Maske B) gleich x und 0 sonst. Damit wird bei *'thin_sum_abs'* und *'thin_max_abs'* eine Verdünnung des Gradientenbildes erreicht. Bei Byte-Bildern bzw. uint2/int2-Bildern wird bei dem Modus *'x'* bzw. *'y'* als Ergebnis ein int1-Bild bzw. int2-Bild zurückgeliefert. Für eine 3×3 Sobel-Filterung (`Size` = 3) werden die Filter A und B direkt angewandt. Für größere Sobel-Filter wird das Eingabebild dagegen zunächst mit dem Gaußfilter (siehe `gauss_image`) oder einem Binomialfilter (siehe `binomial_filter`) der Größe `Size`-2 geglättet. Der Gaußfilter wird durch die oben angegebenen Werte von `FilterType` ausgewählt. Hierbei ist `Size` = 5, 7, 9, 11 oder 13 zu wählen. Der Binomialfilter wird ausgewählt, indem *'_binomial'* an die oben angegebenen Werte von `FilterType` angehängt wird. Hier kann `Size` zwischen 5 und 39 gewählt werden. Zusätzlich ist es möglich, unterschiedliche Glättungen in Spalten- und Zeilenrichtung durch Angabe von zwei Werten in `Size` zu erreichen. Dabei entspricht der erste Wert der Maskenbreite (Glättung in Spaltenrichtung) und der zweite Wert der Maskenhöhe (Glättung in Zeilenrichtung) des Binomialfilters. Der Binomialfilter kann nur für Bilder vom Typ byte, uint2 und real verwendet werden. Da die Glättung die Kantenamplituden reduziert, wird in diesem Fall die Kantenamplitude noch mit 2 multipliziert, um einen Informationsverlust zu vermeiden. Somit ist

```
sobel_amp(I,E,FilterType,S)
```

für `Size` $>$ *3* konzeptuell äquivalent zu

```
scale_image(I,F,2,0)
gauss_image(F,G,S-2)
sobel_amp(G,E,FilterType,3)
```

bzw. zu

```
scale_image(I,F,2,0)
binomial_filter(F,G,S[0]-2,S[1]-2)
sobel_amp(G,E,FilterType,3).
```

Für `sobel_amp` sind für `FilterType` $= 'sum_abs'$ spezielle Optimierungen unter Verwendung von SIMD-Technologie implementiert. Ob diese tatsächlich zur Anwendung kommen, kann über den Systemparameter *'sse2_enable'* beziehungsweise *'avx2_enable'* (siehe `set_system`) gesteuert werden. Falls *'sse2_enable'* oder *'avx2_enable'* auf *'true'* gesetzt wird (und die verwendete Hardware SIMD-Technologie unterstützt), wird die Berechnung intern unter Verwendung von SIMD-Technologie durchgeführt. Es ist zu beachten, dass der Beschleunigungseffekt von SIMD-Technologie bei großen, kompakten Eingaberegionen am größten ist. Im Einzelfall kann aber die Ausführung von `sobel_amp`, abhängig von der Eingaberegion und den Hardwareeigenschaften, mit SIMD-Technologie auch länger dauern als ohne.

`sobel_amp` kann für die Filtertypen *'sum_abs'*, *'sum_sqrt'*, *'x'* und *'y'* (sowie deren binomialen Varianten) auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Dabei ist zu beachten, das bei Gauss-Filterung mit `Size` $>$ 3 das Ergebnis von dem der CPU- Implementierung abweichen kann.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **EdgeAmplitude** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* int1 / int2 / uint2 / real
  Ausgabebild mit Kantenamplitude.
- ▷ **FilterType** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Filtertyp.
  Default: 'sum_abs'
  Werteliste: `FilterType` ∈ {'sum_abs', 'thin_sum_abs', 'thin_max_abs', 'sum_sqrt', 'x', 'y', 'sum_abs_binomial', 'thin_sum_abs_binomial', 'thin_max_abs_binomial', 'sum_sqrt_binomial', 'x_binomial', 'y_binomial'}
- ▷ **Size** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Filtergröße.
  Default: 3
  Werteliste: `Size` ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39}

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
sobel_amp(Image,Amp,'sum_abs',3)
threshold(Amp,Edg,128,255)
```

Ergebnis

`sobel_amp` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`binomial_filter`, `gauss_filter`, `mean_image`, `anisotropic_diffusion`, `sigma_image`

Nachfolger

`threshold`, `nonmax_suppression_amp`, `gray_skeleton`

Alternativen

`frei_amp`, `roberts`, `kirsch_amp`, `prewitt_amp`, `robinson_amp`

Siehe auch

`laplace`, `highpass_image`, `bandpass_image`

Modul

Foundation

sobel_dir (Image : EdgeAmplitude, EdgeDirection : FilterType, Size :)

Kantendetektion (Amplitude und Richtung) mit dem Sobel-Operator.

`sobel_dir` berechnet eine Art von erster Ableitung der Grauwertdaten und wird als Kantenfilter eingesetzt. Dem Filter liegen folgende zwei Filtermasken zugrunde:

$$A = \begin{matrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{matrix}$$

$$B = \begin{matrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{matrix}$$

Diese Masken werden je nach Filtertyp unterschiedlich verwendet. (a und b stehen im folgenden für die Ergebnisse der Faltung mit A und B in einem Bildpunkt):

- *'sum_sqrt'*: $\sqrt{a^2 + b^2}/4$
- *'sum_abs'*: $(|a| + |b|)/4$

Für eine 3×3 Sobel-Filterung (`Size` = 3) werden die Filter A und B direkt angewandt. Für größere Sobel-Filter wird das Eingabebild dagegen zunächst mit dem Gaußfilter (siehe `gauss_image`) oder einem Binomialfilter (siehe `binomial_filter`) der Größe `Size`-2 geglättet. Der Gaußfilter wird durch die oben angegebenen Werte von `FilterType` ausgewählt. Hierbei ist `Size` = 5, 7, 9, 11 oder 13 zu wählen. Der Binomialfilter wird ausgewählt, indem *'_binomial'* an die oben angegebenen Werte von `FilterType` angehängt wird. Hier kann `Size` zwischen 5 und 39 gewählt werden. Zusätzlich ist es möglich, unterschiedliche Glättungen in Spalten- und Zeilenrichtung durch Angabe von zwei Werten in `Size` zu erreichen. Dabei entspricht der erste Wert der Maskenbreite (Glättung in Spaltenrichtung) und der zweite Wert der Maskenhöhe (Glättung in Zeilenrichtung) des Binomialfilters. Der Binomialfilter kann nur für Bilder vom Typ byte, uint2 und real verwendet werden. Da die Glättung die Kantenamplituden reduziert, wird in diesem Fall die Kantenamplitude noch mit 2 multipliziert, um einen Informationsverlust zu vermeiden. Somit ist

```
sobel_dir(I,Amp,Dir,FilterType,S)
```

für `Size` $>$ *3* konzeptuell äquivalent zu

```
scale_image(I,F,2,0)
gauss_image(F,G,S-2)
sobel_dir(G,Amp,Dir,FilterType,3)
```

bzw. zu

```
scale_image(I,F,2,0)
binomial_filter(F,G,S[0]-2,S[1]-2)
sobel_dir(G,Amp,Dir,FilterType,3).
```

Im Parameter `EdgeDirection` wird die Kantenrichtungen zurückgeliefert. Diese werden in 2-Grad-Schritten kodiert, d.h. eine Kantenrichtung von x Grad (im mathematisch positiven Sinn und bezogen auf die Horizontale) wird zu $x/2$ im entsprechenden Ergebnisbild. Außerdem wird auch die Richtung der Helligkeitsänderung berücksichtigt. Bezeichnet $[E_x, E_y]$ den Bildgradienten, ergeben sich folgende Kantenrichtungen r (zurückgeliefert als $r/2$) zwischen 0 und 359 Grad:

Helligkeitszunahme	E_x/E_y	**Kantenrichtung r [Grad]**
von unten nach oben	0 / +	0
von rechts unten nach links oben	- / +	]0,90[
von rechts nach links	- / 0	90
von rechts oben nach links unten	- / -	]90,180[
von oben nach unten	0 / -	180
von links oben nach rechts unten	+ / -	]180,270[
von links nach rechts	+ / 0	270
von links unten nach rechts oben	+ / +	]270,360[.

In Bildpunkten mit Kantenamplitude 0 wird als Kantenrichtung der Wert 255 (undefinierte Richtung) zurückgeliefert.

`sobel_dir` kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Dabei ist zu beachten, dass bei Gauss-Filterung mit `Size` $>$ 3 das Ergebnis von dem der CPU-Implementierung abweichen kann.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **`EdgeAmplitude`** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Kantenamplitude.
- ▷ **`EdgeDirection`** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* direction
  Kantenrichtung.
- ▷ **`FilterType`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Filtertyp.
  Default: 'sum_abs'
  Werteliste: `FilterType` ∈ {'sum_abs', 'sum_sqrt', 'sum_abs_binomial', 'sum_sqrt_binomial'}
- ▷ **`Size`** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Filtergröße.
  Default: 3
  Werteliste: `Size` ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39}

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
sobel_dir(Image,Amp,Dir,'sum_abs',3)
threshold(Amp,Edg,128,255)
```

Ergebnis

`sobel_dir` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`binomial_filter`, `gauss_filter`, `mean_image`, `anisotropic_diffusion`, `sigma_image`

Nachfolger

`nonmax_suppression_dir`, `hysteresis_threshold`, `threshold`

Alternativen

`edges_image`, `frei_dir`, `kirsch_dir`, `prewitt_dir`, `robinson_dir`

Siehe auch

`roberts`, `laplace`, `highpass_image`, `bandpass_image`

Modul

Foundation

11.9 Linien

bandpass_image (Image : ImageBandpass : FilterType :)

Kantendetektion mittels Bandpassfilterung.

bandpass_image dient als Kantenfilter. Der Operator führt eine lineare Filterung mit folgender Filtermatrix durch:

FilterType: *'lines'*
In Gegensatz zu Kantenfiltern sobel_amp detektiert dieser Filter keine Grauwertkanten sondern Linien, also zwei dicht zusammenliegende Kanten.

$$\begin{matrix} 0 & -2 & -2 & -2 & 0 \\ -2 & 0 & 3 & 0 & -2 \\ -2 & 3 & 12 & 3 & -2 \\ -2 & 0 & 3 & 0 & -2 \\ 0 & -2 & -2 & -2 & 0 \end{matrix}$$

Als Randbehandlungen werden die Grauwerte an den Objekträndern gespiegelt. Über- bzw. Unterlauf von Grauwerten wird beschnitten. Die Ergebnisbilder werden in ImageBandpass abgelegt.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebilder.
- ▷ **ImageBandpass** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Bandpass-gefilterte Bilder.
- ▷ **FilterType** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Filtertyp, derzeit nur 'lines'.
  Default: 'lines'
  Werteliste: FilterType ∈ {'lines'}

Beispiel

```
bandpass_image(Image,&LineImage,"lines");
threshold(LineImage,&Lines,60.0,255.0);
skeleton(Lines,&ThinLines);
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert bandpass_image den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

threshold, skeleton

Alternativen

convol_image, topographic_sketch, texture_laws

Siehe auch

highpass_image, gray_skeleton

Modul

Foundation

lines_color (Image : Lines : Sigma, Low, High, ExtractWidth, CompleteJunctions :)

Extraktion von Farblinien und deren Breite.

lines_color extrahiert Farblinien aus dem Eingabebild Image und gibt die extrahierten Linien als subpixelgenaue XLD-Konturen in Lines zurück. Farblinien werden dabei als dunkle Linien im Amplitudenbild des Farbkantenfilters definiert (siehe edges_color). Der verwendete Farbkantenfilter ist bei lines_color immer der Canny-Farbkantenfilter. Die benötigten partiellen Ableitungen des Bildes werden also immer mit partiellen Ableitungen von Gaußmasken berechnet (siehe derivate_gauss). Die zugehörige Glättung wird durch den Parameter Sigma festgelegt.

Durch die Definition von Farblinien als dunkle Linien im Amplitudenbild wird im Gegensatz zu lines_gauss bei einkanaligen Bildern nicht unterschieden, ob die Linien heller oder dunkler als die Umgebung sind. Weiterhin werden von lines_color auch Treppenstufenlinien zurückgeliefert, d.h. Linien, bei denen der Grauwert der Linie zwischen den Grauwerten in der linken und rechten Umgebung der Linie liegt. Bei mehrkanaligen Bildern kann durch die obige Definition sogar jeder Kanal einen unterschiedlichen Linientyp aufweisen. Bei einem dreikanaligen Bild kann z.B. der erste Kanal eine dunkle Linie, der zweite Kanal eine helle Linie und der dritte Kanal eine Treppenstufenlinie an derselben Position aufweisen.

Wenn ExtractWidth auf *'true'* gesetzt wird, so wird für jeden Linienpunkt die Linienbreite extrahiert. Da der Linienextraktor aus differentialgeometrischen Gründen bestimmte Kreuzungspunkte nicht extrahieren kann, wird versucht, diese mit anderen Mitteln zu extrahieren, falls CompleteJunctions=*'true'* gesetzt wird.

lines_color verknüpft die einzelnen Kantenpunkte mit einem Hysterese-Schwellenwert-artigen Verfahren, wie es auch in lines_gauss und edges_color_sub_pix verwendet wird, zu Linien. Dabei werden Punkte, deren Amplitude größer als High ist, sofort als sichere Linienpunkte akzeptiert. Punkte, deren Amplitude kleiner als Low ist, werden sofort verworfen. Alle Punkte, die eine Amplitude zwischen diesen zwei Werten besitzen, werden akzeptiert, wenn sie durch einen Pfad mit sicheren Punkten verbunden sind (siehe lines_gauss). Dabei ist die Amplitude der Punkte als die Linienstärke der dunklen Linie im Amplitudenbild zu verstehen (siehe lines_gauss und lines_facet). Dieser Wert entspricht der dritten Richtungsableitung des geglätteten Eingabebildes in Richtung senkrecht zur Linie.

Bei der Wahl der Schwellenwerte High und Low ist zu beachten, dass die dritte Richtungsableitung von der Amplitude und Breite der Linie, sowie von der Größe des Glättungsparameters Sigma abhängt. Dabei ist die Abhängigkeit von der Amplitude der Linie linear, d.h., je größer die Amplitude, desto größer die dritte Ableitung. Für die Breite der Linie besteht ein umgekehrter Zusammenhang: Je breiter die Linie ist, desto kleiner ist die dritte Ableitung. Analoges gilt für die Abhängigkeit von Sigma: Je größer Sigma gewählt wird, desto kleiner wird die dritte Ableitung. Das bedeutet, dass für starke Glättung entsprechend kleinere Werte für High und Low gewählt werden müssen.

Die extrahierten Linien werden in einer topologisch „sauberen“ Struktur in Lines zurückgeliefert. Das bedeutet, dass die Linien an Kreuzungspunkten sauber aufgetrennt werden.

lines_color definiert folgende Attribute für jeden Linienpunkt, falls ExtractWidth auf *'false'* gesetzt wurde:

- *'angle'*: Der Winkel der Richtung senkrecht zur Linie (so orientiert, dass die Normalenvektoren auf die rechte Seite der Linie in Durchlaufrichtung der Linie zeigen; die Winkel sind bzgl. der Zeilenachse des Bildes angegeben.)
- *'response'* & Die Größe der dritten Ableitung

Falls ExtractWidth auf *'true'* gesetzt wurde, werden zusätzlich noch folgende Attribute definiert:

- *'width_left'* & Die Linienbreite links von der Linie
- *'width_right'* & Die Linienbreite rechts von der Linie

Diese Attribute können mit `get_contour_attrib_xld` ausgelesen werden. Weitere Informationen zu Konturattributen können der Referenz von `get_contour_attrib_xld` entnommen werden.

Achtung

Im Allgemeinen (aber insbesondere, wenn die Linienbreite extrahiert werden soll) sollte `Sigma` $\geq w/\sqrt{3}$ gewählt werden, wobei w die Breite (der halbe Durchmesser) der zu extrahierenden Linien im Bild ist. Als unterste Grenze *muss* `Sigma` $\geq w/2.5$ gewählt werden. Falls z.B. Linien mit einer Breite von 4 Pixel (Durchmesser 8 Pixel) extrahiert werden sollen, sollte `Sigma` ≥ 2.3 gewählt werden. Falls erwartet wird, dass in mindestens einem der Kanäle des Eingabebildes auch Treppenstufenlinien vorkommen und diese auch extrahiert werden sollen, sollte zusätzlich noch `Sigma` $\leq w$ gewählt werden. Dies muss beachtet werden, da Treppenstufenlinien bei zu großer Glättung zu normalen Stufenkanten werden und somit nicht mehr als dunkle Linien im Amplitudenbild des Farbkantenfilters erscheinen.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **`Lines`** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Extrahierte Linien.
- ▷ **`Sigma`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Stärke der Gaußschen Glättung.
  Default: 1.5
  Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {1, 1.2, 1.5, 1.8, 2, 2.5, 3, 4, 5}
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
  Restriktion: Sigma > 0.0
- ▷ **`Low`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Untere Schwelle für Hysterese-Schwellenwertoperation.
  Default: 3
  Wertevorschläge: `Low` ∈ {0, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10}
  Wertebereich: 0 ≤ Low
  Empfohlene Schrittweite: 0.5
- ▷ **`High`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Obere Schwelle für Hysterese-Schwellenwertoperation.
  Default: 8
  Wertevorschläge: `High` ∈ {0, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 12, 15, 18, 20, 25}
  Wertebereich: 0 ≤ High
  Empfohlene Schrittweite: 0.5
  Restriktion: High >= Low
- ▷ **`ExtractWidth`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Soll die Linienbreite extrahiert werden?
  Default: 'true'
  Werteliste: `ExtractWidth` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **`CompleteJunctions`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Sollen die Kreuzungspunkte vervollständigt werden?
  Default: 'true'
  Werteliste: `CompleteJunctions` ∈ {'true', 'false'}

Komplexität

Der Bedarf an temporären Speicher ist abhängig von der Höhe H der Region von `Image`.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert `lines_color` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

gen_polygons_xld

Alternativen

lines_gauss, lines_facet

Siehe auch

edges_color, edges_color_sub_pix

Literatur

C. Steger: „Subpixel-Precise Extraction of Lines and Edges“; International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. XXXIII, part B3; pp. 141-156; 2000.

C. Steger: „An Unbiased Detector of Curvilinear Structures“; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence; vol. 20, no. 2; pp. 113-125; 1998.

C. Steger: „Unbiased Extraction of Curvilinear Structures from 2D and 3D Images“; Herbert Utz Verlag, München; 1998.

Modul

2D Metrology

lines_facet (Image : Lines : MaskSize, Low, High, LightDark :)

Erkennen von Linien mit dem Facet-Modell.

Mit lines_facet können Linien (gekrümmt-lineare Strukturen) aus einem Bild Image extrahiert werden. Die extrahierten Linien werden in Lines als subpixel-genaue XLD-Konturen zurückgegeben. Der Parameter LightDark bestimmt, ob helle oder dunkle Linien extrahiert werden sollen.

Zur Extraktion werden in jedem Punkt des Bildes unter Verwendung des Facet-Modells die Parameter eines quadratischen Polynoms in x und y als Least-Squares-Anpassung an die Bilddaten berechnet. Der Parameter MaskSize bestimmt dabei die Größe des Bereichs, über den angepasst wird. Große Werte für MaskSize sorgen für eine stärkere Glättung der Eingabedaten, können aber zu ungenauerer Lokalisation der Linien und zu stark schwingenden Linien führen. Mit Hilfe der Parameter des Polynoms wird in jedem Bildpunkt die Linienrichtung bestimmt. Bildpunkte, die ein lokales Maximum in der zweiten Richtungsableitung senkrecht zur Linienrichtung besitzen, werden als Linienpunkte markiert. Die gefundenen Linienpunkte werden hierauf zu Konturen zusammengefasst. Dabei werden Punkte, die eine zweite Richtungsableitung, die größer als High ist, sofort als sichere Linienpunkte akzeptiert. Punkte, deren zweite Ableitung kleiner als Low ist, werden sofort verworfen. Alle Punkte, die eine zweite Ableitung zwischen diesen zwei Werten besitzen, werden akzeptiert, wenn sie durch einen Pfad mit sicheren Punkten verbunden sind. Dies ist ähnlich zu einer Hysterese-Schwellenwert-Operation mit unbegrenzter Pfadlänge (siehe hysteresis_threshold). Allerdings wird diese Funktion nicht benutzt, da sonst keine subpixel-genaue Extraktion möglich wäre.

Für die Wahl der Schwellenwerte gilt sinngemäß das bei der Beschreibung von lines_gauss gesagte. Ein Wert von Sigma = 1.5 dort entspricht in etwa einer Maskengröße MaskSize von 5 hier.

Die extrahierten Linien werden in einer topologisch „sauberen“ Struktur in Lines zurückgeliefert. Das bedeutet, dass die Linien an Kreuzungspunkten sauber aufgetrennt werden.

lines_facet definiert folgende Attribute für jeden Linienpunkt:

'angle'	Der Winkel der Richtung senkrecht zur Linie
'response'	Die Größe der zweiten Ableitung

Diese Attribute können mit get_contour_attrib_xld ausgelesen werden. Weitere Informationen zu Konturattributen können der Referenz von get_contour_attrib_xld entnommen werden.

Achtung

Je kleiner der Einzugsbereich MaskSize des Operators gewählt wird, desto mehr kurze, zerstückelte Linien werden gefunden. Dadurch kann die Verarbeitungszeit beträchtlich ansteigen.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
  Eingabebild.
- ▷ **Lines** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Extrahierte Linien.
- ▷ **MaskSize** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Größe der zu verwendenden Maske zur Bestimmung der Parameter des Facet-Modells.
  Default: 5
  Werteliste: `MaskSize` ∈ {3, 5, 7, 9, 11}
- ▷ **Low** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Untere Schwelle für Hysterese-Schwellenwertoperation.
  Default: 3
  Wertevorschläge: `Low` ∈ {0, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10}
  Wertebereich: 0 ≤ Low
  Empfohlene Schrittweite: 0.5
- ▷ **High** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Obere Schwelle für Hysterese-Schwellenwertoperation.
  Default: 8
  Wertevorschläge: `High` ∈ {0, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 12, 15, 18, 20, 25}
  Wertebereich: 0 ≤ High
  Empfohlene Schrittweite: 0.5
  Restriktion: High >= Low
- ▷ **LightDark** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Helle oder dunkle Linien extrahieren.
  Default: 'light'
  Werteliste: `LightDark` ∈ {'dark', 'light'}

Beispiel

```
* Detection of lines in an aerial image
read_image(Image,'mreut4_3')
lines_facet(Image,Lines,5,3,8,'light')
dev_display(Lines)
```

Komplexität

Sei A die Anzahl von Pixeln in der Region von `Image`. Dann ist die Laufzeitkomplexität $O(A * \texttt{MaskSize})$.

Der Bedarf an temporären Speicher ist abhängig von der Höhe H der Region von `Image` und der Breite W von `Image`. Sei $S = W * H$, dann benötigt `lines_facet` mindestens $55 * S$ Bytes an temporärem Speicher bei der Ausführung.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert `lines_facet` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

`gen_polygons_xld`

Alternativen

`lines_gauss`

Siehe auch

bandpass_image, dyn_threshold, topographic_sketch

Literatur

A. Busch: „Fast Recognition of Lines in Digital Images Without User-Supplied Parameters“. In H. Ebner, C. Heipke, K.Eder, eds., „Spatial Information from Digital Photogrammetry and Computer Vision“, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 30, Part 3/1, pp. 91-97, 1994.

Modul

2D Metrology

lines_gauss (Image : Lines : Sigma, Low, High, LightDark, ExtractWidth, LineModel, CompleteJunctions :)

Erkennen von Linien und deren Breite.

Mit lines_gauss können Linien (gekrümmt-lineare Strukturen) aus einem Bild Image extrahiert werden. Die extrahierten Linien werden in Lines als subpixel-genaue XLD-Konturen zurückgegeben.

Der Parameter LightDark bestimmt, ob helle (*'light'*) oder dunkle (*'dark'*) Linien extrahiert werden sollen.

Wenn ExtractWidth auf *'true'* gesetzt wird, so wird für jeden Linienpunkt die Linienbreite extrahiert.

Mit LineModel kann bestimmt werden ob und wie Position und Breite von asymmetrischen Linien (Linien mit unterschiedlichem Kontrast auf beiden Seiten der Linie) korrigiert werden soll. Folgende Werte können für LineModel gesetzt werden:

'bar-shaped': Balkenförmiges Linienmodell. Deckt die meisten Anwendungsfälle ab.

'parabolic': Parabolisches Linienmodell. Kann zur Extraktion röhrenförmiger Objekte im Durchlicht (z.B. Blutgefäße in Röntgenaufnahmen) verwendet werden, wenn die Kanten scharf abgebildet sind.

'gaussian': Gaußsches Linienmodell. Kann zur Extraktion röhrenförmiger Objekte im Durchlicht (z.B. Blutgefäße in Röntgenaufnahmen) verwendet werden, wenn die Kanten weniger scharf abgebildet sind.

'none': Die Effekte asymmetrischer Linien werden nicht kompensiert.

Der Parameter LineModel wird nur beachtet, falls ExtractWidth=*'true'*.

Da der Linienextraktor aus differentialgeometrischen Gründen bestimmte Kreuzungspunkte nicht extrahieren kann, wird versucht, diese mit anderen Mitteln zu extrahieren, falls CompleteJunctions=*'true'* gesetzt wird.

Zur Extraktion werden in jedem Punkt des Bildes unter Verwendung der partiellen Ableitungen einer Gaußschen Glättungsmaske die Parameter eines quadratischen Polynoms in x und y berechnet. Der Parameter Sigma bestimmt dabei die Stärke der Glättung. Große Werte für Sigma sorgen für eine stärkere Glättung der Eingabedaten, können aber zu ungenauerer Lokalisation der Linien führen. Im Gegensatz zu lines_facet ist aber kein Schwingen der Linien für große Glättung zu beobachten. Ein weiterer Vorteil gegenüber lines_facet ist die genauere Lokalisation der Linien. Mit Hilfe der Parameter des Polynoms wird in jedem Bildpunkt die Linienrichtung bestimmt. Bildpunkte, die ein lokales Maximum in der zweiten Richtungsableitung senkrecht zur Linienrichtung besitzen, werden als Linienpunkte markiert. Die gefundenen Linienpunkte werden hierauf zu Konturen zusammengefasst. Dabei werden Punkte, die eine zweite Richtungsableitung, die größer als High ist, sofort als sichere Linienpunkte akzeptiert. Punkte, deren zweite Ableitung kleiner als Low ist, werden sofort verworfen. Alle Punkte, die eine zweite Ableitung zwischen diesen zwei Werten besitzen, werden akzeptiert, wenn sie durch einen Pfad mit sicheren Punkten verbunden sind. Dies ist ähnlich zu einer Hysterese-Schwellenwert-Operation mit unbegrenzter Pfadlänge (siehe hysteresis_threshold), hier allerdings werden die Konturen mit Subpixel-Genauigkeit extrahiert.

Bei der Wahl der Schwellenwerte High und Low ist zu beachten, dass die zweite Richtungsableitung von der Amplitude und Breite der Linie, sowie von der Größe des Glättungsparameters Sigma abhängt. Dabei ist die Abhängigkeit von der Amplitude der Linie linear, d.h. je größer die Amplitude, desto größer die zweite Ableitung. Für die Breite der Linie besteht ein näherungsweise exponentieller Zusammenhang: Je breiter die Linie ist, desto kleiner ist die zweite Ableitung. Analoges gilt für die Abhängigkeit von Sigma: Je größer Sigma gewählt wird, desto kleiner wird die zweite Ableitung. Das bedeutet, dass für starke Glättung entsprechend kleinere Werte für High und Low gewählt werden müssen. Zwei Beispiele sollen dies verdeutlichen: Wenn im Bild 5 Pixel breite Linien mit einer Amplitude größer als 100 und einer Glättung Sigma = 1.5 extrahiert werden sollen, so sollte High größer als 14 gewählt werden. Wenn dagegen 10 Pixel breite Linien mit einer Amplitude größer als 100 und

einer Glättung Sigma = 3 gefunden werden sollen, so sollte High größer als 3.5 gesetzt werden. Als Werte für Low empfehlen sich Werte zwischen 0.25 High und 0.5 High.

Die Parameter Low und High können aus den entsprechende Grauwertkontrastwerten der zu extrahierenden Linien ($ContrastLow$ und $ContrastHigh$) und dem gewählten Wert für Sigma wie folgt berechnet werden:

$$\begin{pmatrix} \texttt{Low} \\ \texttt{High} \end{pmatrix} = \left| -2 \cdot \begin{pmatrix} ContrastLow \\ ContrastHigh \end{pmatrix} \cdot \frac{w}{\sqrt{2\pi} \cdot \texttt{Sigma}^3} \cdot e^{-\frac{w^2}{2 \cdot \texttt{Sigma}^2}} \right|$$

wobei w die Breite (der halbe Durchmesser) der zu extrahierenden Linien im Bild ist. Die Grauwertkontrastwerte $ContrastLow$ und $ContrastHigh$ geben den Wertebereich an, um den sich die gesuchten Linien vom Hintergrund abheben. Geeignete Werte für Low und High können mit der Prozedur calculate_lines_gauss_parameters berechnet werden.

Die extrahierten Linien werden in einer topologisch sauberen Struktur in Lines zurückgeliefert. Das bedeutet, dass die Linien an Kreuzungspunkten sauber aufgetrennt werden.

lines_gauss definiert folgende Attribute für jeden Linienpunkt, falls ExtractWidth auf *'false'* gesetzt wurde:

'angle': Der Winkel der Richtung senkrecht zur Linie.

'response': Die Größe der zweiten Ableitung.

Falls ExtractWidth auf *'true'* gesetzt wurde, werden zusätzlich zu *'angle'* und *'response'* noch folgende Attribute definiert:

'width_left': Die Linienbreite links von der Linie

'width_right': Die Linienbreite rechts von der Linie

Falls ExtractWidth auf *'true'* und LineModel auf einen Wert ungleich *'none'* gesetzt wurde, werden zusätzlich zu *'angle'*, *'response'*, *'width_left'* und *'width_right'* noch folgende Attribute definiert:

'asymmetry': Die Asymmetrie des Linienpunkts

'contrast': Der Kontrast des Linienpunkts

Dabei ist der Wert der Asymmetrie so gewählt, dass er positive Werte annimmt, wenn die Asymmetrie, d.h. der kleinere Gradient, auf der rechten Seite der Linie liegt, und dass er negative Werte annimmt, wenn die Asymmetrie auf der linken Seite der Linie liegt.

Der Kontrast ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Grauwert der Linie und dem Grauwert des Hintergrundes. Der Wert für den Kontrast ist positiv, wenn helle Linien extrahiert werden und negativ, wenn dunkle Linien extrahiert werden. Der zurückgegebene Kontrast kann größere Werte annehmen als der maximal darstellbare Grauwert des Eingabebildes, insbesondere dann, wenn das durch LineModel festgelegte Linienmodell nicht im Bild vorliegt. So kann der Kontrast beispielsweise bei byte-Bildern größer als 255 sein.

Alle Attribute können mit get_contour_attrib_xld ausgelesen werden. Weitere Informationen zu Konturattributen können der Referenz von get_contour_attrib_xld entnommen werden.

lines_gauss kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden.

Achtung

Im Allgemeinen (aber insbesondere, wenn die Linienbreite extrahiert werden soll) sollte $\texttt{Sigma} \geq w/\sqrt{3}$ gewählt werden, wobei w die Breite (der halbe Durchmesser) der zu extrahierenden Linien im Bild ist. Als unterste Grenze muss $\texttt{Sigma} \geq w/2.5$ gewählt werden. Falls z.B. Linien mit einer Breite von 4 Pixel (Durchmesser 8 Pixel) extrahiert werden sollen, sollte $\texttt{Sigma} \geq 2.3$ gewählt werden. Wird Sigma zu klein gewählt, so werden die Attribute *'width_left'*, *'width_right'*, *'asymmetry'* und *'contrast'* auf Null gesetzt.

lines_gauss wird durch SSE2- oder AVX2-Instruktionen beschleunigt, falls der Systemparameter *'sse2_enable'* bzw. *'avx2_enable'* auf *'true'* gesetzt ist (siehe set_system). Diese Implementierung ist aufgrund numerischer Probleme im Vergleich zur reinen C Version etwas ungenauer. Falls für Ihre Anwendung Genauigkeit wichtiger ist als Geschwindigkeit können Sie den entsprechenden Systemparameter auf *'false'* setzen, bevor Sie lines_gauss aufrufen. Dadurch verwendet lines_gauss keine SSE2- bzw AVX2-Beschleunigungen. Vergessen Sie nicht *'sse2_enable'* bzw. *'avx2_enable'* danach wieder auf *'true'* zu setzen.

Wird `lines_gauss` auf OpenCL-Geräten ausgeführt, gelten die selben Einschränkungen wie für `derivate_gauss`: `Sigma` muss so gewählt werden, dass die resultierende Filtermaske kleiner als 129 Pixel groß ist. Es ist weiterhin zu beachten, dass das Ergebnis von dem der CPU- Implementierung abweichen kann.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
  Eingabebild.
- ▷ **`Lines`** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Extrahierte Linien.
- ▷ **`Sigma`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Stärke der Gaußschen Glättung.
  Default: 1.5
  Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {1, 1.2, 1.5, 1.8, 2, 2.5, 3, 4, 5}
  Wertebereich: 0 ≤ Sigma
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
- ▷ **`Low`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Untere Schwelle für Hysterese-Schwellenwertoperation.
  Default: 3
  Wertevorschläge: `Low` ∈ {0, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10}
  Wertebereich: 0 ≤ Low
  Empfohlene Schrittweite: 0.5
- ▷ **`High`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Obere Schwelle für Hysterese-Schwellenwertoperation.
  Default: 8
  Wertevorschläge: `High` ∈ {0, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 12, 15, 18, 20, 25}
  Wertebereich: 0 ≤ High
  Empfohlene Schrittweite: 0.5
  Restriktion: High >= Low
- ▷ **`LightDark`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Helle oder dunkle Linien extrahieren.
  Default: 'light'
  Werteliste: `LightDark` ∈ {'dark', 'light'}
- ▷ **`ExtractWidth`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Soll die Linienbreite extrahiert werden?
  Default: 'true'
  Werteliste: `ExtractWidth` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **`LineModel`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Linienmodell, das zur Korrektur der Linienposition und -breite verwendet wird.
  Default: 'bar-shaped'
  Werteliste: `LineModel` ∈ {'none', 'bar-shaped', 'parabolic', 'gaussian'}
- ▷ **`CompleteJunctions`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Sollen die Kreuzungspunkte vervollständigt werden?
  Default: 'true'
  Werteliste: `CompleteJunctions` ∈ {'true', 'false'}

Beispiel

```
* Detection of lines in an aerial image
read_image(Image,'mreut4_3')
lines_gauss(Image,Lines,1.5,3,8,'light','true','bar-shaped','true')
dev_display(Lines)
```

Komplexität

Sei A die Anzahl von Pixeln in der Region von `Image`. Dann ist die Laufzeitkomplexität $O(A * \texttt{Sigma})$.

Der Bedarf an temporären Speicher ist abhängig von der Höhe H der Region von `Image` und der Breite W von `Image`. Sei $S = W * H$, dann benötigt `lines_gauss` mindestens $55 * S$ Bytes an temporärem Speicher bei der Ausführung.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert `lines_gauss` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

`gen_polygons_xld`

Alternativen

`lines_facet`

Siehe auch

`bandpass_image`, `dyn_threshold`, `topographic_sketch`

Literatur

C. Steger: „Extracting Curvilinear Structures: A Differential Geometric Approach“. In B. Buxton, R. Cipolla, eds., „Fourth European Conference on Computer Vision“, Lecture Notes in Computer Science, Volume 1064, Springer Verlag, pp. 630-641, 1996.

C. Steger: „Extraction of Curved Lines from Images“. In „13th International Conference on Pattern Recognition“, Volume II, pp. 251-255, 1996.

C. Steger: „An Unbiased Detector of Curvilinear Structures“. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 20, no. 2, pp. 113-125, 1998.

C. Steger: „Unbiased extraction of lines with parabolic and Gaussian profiles“. Computer Vision and Image Understanding, vol. 117, no. 2, pp. 97-112, 2013.

Modul

2D Metrology

11.10 Match

```
exhaustive_match ( Image,  RegionOfInterest,
    ImageTemplate : ImageMatch : Mode : )
```

Matching zwischen einem Template und einem Bild.

`exhaustive_match` führt ein Matching zwischen `ImageTemplate` und `Image` innerhalb des Bildbereichs `RegionOfInterest` durch. Dabei wird `ImageTemplate` über alle Punkte von `Image`, die innerhalb der `RegionOfInterest` liegen, geschoben. Abhängig vom Parameter `Mode` wird ein Matching-Kriterium berechnet. Die Ergebniswerte werden in `ImageMatch` abgelegt.

Folgende Matching-Kriterien (`Mode`) stehen zur Verfügung:

'norm_correlation'

$$\texttt{ImageMatch}[i][j] = 255 \cdot \frac{\sum_{u,v} (\texttt{Image}[i-u][j-v] \cdot \texttt{ImageTemplate}[l-u][c-v])}{\sqrt{\sum_{u,v} (\texttt{Image}[i-u][j-v]^2) \cdot \sum_{u,v} (\texttt{ImageTemplate}[l-u][c-v]^2)}}$$

wobei $X[i][j]$ den Grauwert in der i-ten Zeile und j-ten Spalte des Bildes X bezeichnet. (l, c) ist der Schwerpunkt der Region von `ImageTemplate`. u und v werden so gewählt, dass alle Punkte des Templates erreicht werden, i, j laufen über die `RegionOfInterest`. An den Bildrändern werden nur die Teile von `ImageTemplate` berücksichtigt, die innerhalb des Bildes liegen (d.h. u und v werden entsprechend eingeschränkt). Werden hohe Werte in `ImageMatch` zurückgegeben ist die Übereinstimmung hoch.

Wertebereich: [*0 ... 255* (beste Übereinstimmung)].

'dfd' Berechnung der mittleren „displaced frame difference“:

$$\texttt{ImageMatch}[i][j] = \frac{\sum_{u,v} |\texttt{Image}[i-u][j-v] - \texttt{ImageTemplate}[l-u][c-v]|}{AREA(ImageTemplate)}$$

Bezeichnungen wie bei *'norm_correlation'*. $AREA(X)$ steht für die Fläche der Region X. Werden niedrige Werte in `ImageMatch` zurückgegeben ist die Übereinstimmung hoch.
Wertebereich: [*0* (beste Übereinstimmung) ... *255*].

Sowohl die normierte Korrelation, als auch die „displaced frame difference“ sind in ihrer Berechnung (abhängig von der Fläche des `ImageTemplate`) sehr aufwendig. Es ist daher wichtig, die Eingaberegion (`RegionOfInterest`) möglichst einzugrenzen, d.h. den Filter nur in einer möglichst eng umrissenen „region of interest“ anzuwenden.

Qualitativ liefern beide Modi vergleichbare Ergebnisse. Der Modus *'dfd'* ist jedoch um etwa Faktor 3.5 schneller.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
  Eingabebild.
- ▷ **RegionOfInterest** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Suchbereich im Eingabebild.
- ▷ **ImageTemplate** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte
  Dieser Bildbereich wird innerhalb von `RegionOfInterest` mit `Image` „gematcht“.
- ▷ **ImageMatch** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte
  Ergebnisbild: Werte des Matching-Kriteriums.
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Gewünschtes Matching-Kriterium.
  Default: 'dfd'
  Werteliste: `Mode` ∈ {'norm_correlation', 'dfd'}

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
dev_display(Image)
draw_rectangle2(WindowHandle,Row,Column,Phi,Length1,Length2)
gen_rectangle2(Rectangle,Row,Column,Phi,Length1,Length2)
reduce_domain(Image,Rectangle,Template)
exhaustive_match(Image,Image,Template,ImageMatch,'dfd')
invert_image(ImageMatch,ImageInvert)
local_max(Image,Maxima)
union1(Maxima,AllMaxima)
add_channels(AllMaxima,ImageInvert,FitMaxima)
threshold(FitMaxima,BestFit,230.0,255.0)
dev_display(BestFit)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `exhaustive_match` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

draw_region, draw_rectangle1

Nachfolger

local_max, threshold

Alternativen

exhaustive_match_mg

Modul

Foundation

exhaustive_match_mg (Image, ImageTemplate : ImageMatch : Mode, Level, Threshold :)

Matching zwischen einem Template und einem Bild in einer Auflösungspyramide.

exhaustive_match_mg ist eine Ergänzung zum Operator exhaustive_match, die ein Matching zwischen dem Bild Image und dem Template ImageTemplate durchführt. Dabei wird ImageTemplate über alle Punkte der Region von Image geschoben, abhängig vom Parameter Mode ein Matching-Kriterium berechnet und die Ergebniswerte in ImageMatch abgelegt.

In der Regel interessieren von solcherart gefilterten Bildern aber nur die Bereiche mit guten Matchingergebnissen. Die Größe des Suchbereichs, also die Region des Eingabebildes Image, bestimmt maßgeblich das Laufzeitverhalten des Matching-Filters. Daher wird bei exhaustive_match_mg mit reduzierter Bildauflösung zunächst eine „region of interest“ bestimmt, in der mit guten Matching-Ergebnissen zu rechnen ist, und im Anschluss daran nur innerhalb dieser Teilregion in normaler Auflösung das eigentliche Matching (vgl. exhaustive_match) durchgeführt. Dazu werden die Gauß-Pyramiden von Image und ImageTemplate aufgebaut (insbesondere werden auch die entsprechenden Regionen mittransformiert). Dann wird auf jeder Ebene der Auflösungspyramiden - beginnend mit der Startebene Level - das Matching innerhalb der aktuellen „region of interest“ ausgeführt. Dabei ist die „region of interest“ im Startlevel gleich der Region des Eingabebildes Image. Nach der Filterung wird mittels einer Schwellenwert-Operation eine neue „region of interest“ bestimmt und auf die nächste Auflösungsstufe transformiert:

threshold(..0,Threshold..), falls Mode = 'dfd'
threshold(..Threshold,255..), falls Mode = 'norm_correlation'

In höchster Auflösung (Level 0) wird dann schließlich das abschließende Matching in der ermittelten „region of interest“ berechnet. Das Ausgabebild ImageMatch enthält das entsprechende Filterergebnis und als Region die endgültige „region of interest“, die mit einer Schwellenwert-Operation auf dem Ergebnisbild bestimmt wird.

exhaustive_match_mg ist daher kein reiner Filter, sondern ist auch zur Klasse der Regionentransformationen zu zählen.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
  Eingabebild.
- ▷ **ImageTemplate** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte
  Der Definitionsbereich dieses Bildes wird mit Image „gematcht“.
- ▷ **ImageMatch** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte
  Ergebnisbild und -region: Werte des Matching-Kriteriums innerhalb der ermittelten „region of interest“.
  Parameteranzahl: ImageMatch == Image
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Gewünschtes Matching-Kriterium.
  Default: 'dfd'
  Werteliste: Mode ∈ {'norm_correlation', 'dfd'}
- ▷ **Level** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Startlevel in der Auflösungspyramide (höchste Auflösung: Level 0).
  Default: 1
  Wertevorschläge: Level ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}
  Restriktion: Level <= ld(width(Image)) && Level <= ld(height(Image)) && Level <= ld(width(ImageTemplate)) && Level <= ld(height(ImageTemplate))

▷ **Threshold** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Schwelle zur Bestimmung der „region of interest“.
Default: 30
Wertevorschläge: Threshold ∈ {5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145, 150, 155, 160, 165, 170, 175, 180, 185, 190, 195, 200, 205, 210, 215, 220, 225, 230, 235, 240, 245, 250}
Wertebereich: 0 ≤ Threshold ≤ 255
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 5

Beispiel

```
read_image(&Image,"monkey");
disp_image(Image,WindowHandle);
draw_rectangle2(WindowHandle,&Row,&Column,&Phi,&Length1,&Length2);
gen_rectangle2(&Rectangle,Row,Column,Phi,Length1,Length2);
reduce_domain(Image,Rectangle,&Template);
exhaustive_match_mg(Image,Template,&ImageMatch,'dfd'1,30);
invert_image(ImageMatch,&ImageInvert);
local_max(ImageInvert,&BestFit);
disp_region(BestFit,WindowHandle);
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert exhaustive_match_mg den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

draw_region, draw_rectangle1

Nachfolger

threshold, local_max

Alternativen

exhaustive_match

Siehe auch

gen_gauss_pyramid

Modul

Foundation

gen_gauss_pyramid (Image : ImagePyramid : Mode, Scale :)

Berechnung einer Gauß-Pyramide.

gen_gauss_pyramid berechnet eine Pyramide von verkleinerten Bildern. Das Maß, um das jedes Nachfolgerbild verkleinert wird, gibt der Parameter Scale an. Beispielsweise wird mit einem Wert von 0.5 für Scale die Kantenlänge von Image auf die Hälfte verkürzt. Dies entspricht gerade der „normalen“ Pyramide.

Der Parameter Mode gibt die Art der Mittelung an. Eine Beschreibung hierzu ist bei affine_trans_image zu finden. Für den Fall, dass Scale gleich 0.5 ist, stehen zusätzlich die Werte *'min'* und *'max'* zu Verfügung. Hierbei wird das Minimum bzw. das Maximum der vier Punkte verwendet.

Es ist zu beachten, dass jede Ebene als ein eigenes Bild, d.h als eigenständiges Bildobjekt mit einer Matrix und eigenem Definitionsbereich ausgegeben wird. Einzelne oder mehrere Ebenen können mit select_obj bzw. copy_obj selektiert werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Eingabebild.

▷ **ImagePyramid** (output_object) . . . . . (multichannel-)image-array ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Ausgabebilder.
Parameteranzahl: ImagePyramid > Image

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Filtermaske.
Default: 'weighted'
Werteliste: `Mode` ∈ {'nearest_neighbor', 'constant', 'weighted', 'min', 'max'}

▷ **Scale** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Verkleinerungsfaktor.
Default: 0.5
Wertevorschläge: `Scale` ∈ {0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6}
Wertebereich: 0.001 ≤ `Scale` ≤ 0.9
Empfohlene Schrittweite: 0.1

Beispiel

```
gen_gauss_pyramid(Image,Pyramid,"weighted",0.5);
count_obj(Pyramid,&num);
for (i=1; i<=num; i++)
{
  select_obj(Pyramid,&Single,i);
  disp_image(Single,WindowHandle);
  clear(Single);
}
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Nachfolger

`image_to_channels`, `count_obj`, `select_obj`, `copy_obj`

Alternativen

`zoom_image_size`, `zoom_image_factor`

Siehe auch

`affine_trans_image`

Modul

Foundation

monotony (Image : ImageMonotony : :)

Berechnung des Monotonieoperators.

`monotony` berechnet den Monotonieoperator. Hierzu wird die Anzahl der Punkte in der 8-Nachbarschaft gezählt, die echt kleiner als der aktuelle Grauwert sind. Diese Anzahl wird im Ausgabebild eingetragen.

Bei einem echten Maximum erhält man den Wert 8, bei einem Minimum oder auf einem Plateau ergibt sich der Wert 0. Bei einem Grat oder einem Hang erhält man entsprechende Zwischenwerte.

Um lokale Minima zu untersuchen, muss das Eingabebild vorher nur mit dem Befehl `invert_image` invertiert werden.

Der Monotonieoperator wird häufig als Vorbereitung für Matching-Verfahren eingesetzt, da er invariant gegen Helligkeitsänderungen ist.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
Eingabebild.

▷ **ImageMonotony** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
Ergebnis des Monotonieoperators.
Parameteranzahl: ImageMonotony == Image

Beispiel

```
/* searching the strict maximums */
gauss_filter(Image,&Gauss,5);
monotony(Gauss,&Monotony);
threshold(Monotony,Maxima,8.0,8.0);
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

binomial_filter, gauss_filter, median_image, mean_image, smooth_image, invert_image

Nachfolger

threshold, exhaustive_match, disp_image

Alternativen

local_max, topographic_sketch, corner_response

Modul

Foundation

11.11 Optischer Fluss

derive_vector_field (VectorField : Result : Sigma, Component :)

Falten eines Vektorfeldes mit Hilfe von Ableitungen der Gaußfunktion.

derive_vector_field glättet die Komponenten eines Vektorfeldes mit Hilfe von Ableitungen der Gaußfunktion und berechnet verschiedene daraus abgeleitete Größen. derive_vector_field akzeptiert nur Vektorfelder die den semantischen Typ vector_field_relative haben. Das Vektorfeld VectorField $F(r,c) = (u(r,c), v(r,c))$ ist wie in optical_flow_mg definiert. Dabei ist Sigma der Parameter der Gaußfunktion (d.h. es bestimmt die Glättung). Falls in Sigma ein einzelner Wert angegeben wird, ist die Glättung in Spalten- und Zeilenrichtung gleich. Falls zwei Werte in Sigma übergeben werden, wird mit dem ersten Wert die Glättung in Spaltenrichtung und mit dem zweiten Wert die Glättung in Zeilenrichtung festgelegt. Mögliche Werte für Component sind:

'curl': Die Rotation des Vektorfeldes. Eine Anwendung von *'curl'* ist es, optische Flussfelder zu analysieren. Bildlich gesprochen steht *'curl'* für die Rotation, die ein kleines Boot hätte, falls das Vektorfeld eine Flüssigkeit wäre.

$$curl = \frac{\partial u(r,c)}{\partial c} - \frac{\partial v(r,c)}{\partial r}$$

'divergence': Die Divergenz des Vektorfeldes. Eine Anwendung von *'divergence'* ist es, optische Flussfelder zu analysieren. Bildlich gesprochen steht *'divergence'* für die Senken und Quellen die das Vektorfeld hätte, wenn es eine Flüssigkeit wäre.

$$div = \frac{\partial u(r,c)}{\partial r} + \frac{\partial v(r,c)}{\partial c}$$

Wenn `derivate_vector_field` im Kontext von photometrischem Stereo verwendet wird, bietet der Operator zwei weitere Parameter, die insbesondere für die Verarbeitung des Gradientenfeldes, das von `photometric_stereo` geliefert wird, geeignet sind. In diesem Fall wird das Vektorfeld als Gradientenfeld der Oberfläche interpretiert.

Im Folgenden wird das Eingabevektorfeld als $G(r,c) = \nabla f = (\frac{\partial f(r,c)}{\partial r}, \frac{\partial f(r,c)}{\partial c})$

angenommen, wobei die erste und zweite Komponente des Eingabegradientenfeldes das Gradientenfeld der Oberfläche $f(r,c)$ ist. In den folgenden Formeln steht f_rc für die erste Ableitung in Spaltenrichtung der ersten Komponente des Gradientenfeldes.

'mean_curvature': Mittlere Krümmung H. Eine Anwendung von *'mean_curvature'* ist es, Vektorfelder zu verarbeiten, die von `photometric_stereo` zurückgegeben werden. Nach dem Filtern können kleine Kratzer oder Erhebungen leichter segmentiert werden.

$$\begin{aligned} A &= (1 + \frac{\partial f(r,c)^2}{\partial r})\frac{\partial^2 f(r,c)}{\partial c^2} \\ B &= \frac{\partial f(r,c)}{\partial r}\frac{\partial f(r,c)}{\partial c}(\frac{\partial^2 f(r,c)}{\partial r \partial c} + \frac{\partial^2 f(r,c)}{\partial c \partial r}) \\ C &= (1 + \frac{\partial f(r,c)^2}{\partial c})\frac{\partial^2 f(r,c)}{\partial r^2} \\ D &= (1 + \frac{\partial f(r,c)^2}{\partial r} + \frac{\partial f(r,c)^2}{\partial c})^{\frac{3}{2}} \\ H &= \frac{A - B + C}{D} \end{aligned}$$

'gauss_curvature': Gaußkrümmung K. Eine Anwendung von *'gauss_curvature'* ist es, Vektorfelder zu verarbeiten, die von `photometric_stereo` zurückgegeben werden. Nach dem Filtern können kleine Kratzer oder Erhebungen leichter segmentiert werden. Wenn die Oberfläche, die dem Vektorfeld zugrunde liegt, abwickelbar ist, ist die Gaußkrümmung gleich Null.

$$K = \frac{\frac{\partial f(r,c)^2}{\partial r \partial r} * \frac{\partial f(r,c)^2}{\partial c \partial c} - \frac{\partial f(r,c)^2}{\partial r \partial c} * \frac{\partial f(r,c)^2}{\partial c \partial r}}{(1 + \frac{\partial f(r,c)^2}{\partial r} + \frac{\partial f(r,c)^2}{\partial c})^2}$$

Parameter

- ▷ **`VectorField`** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* vector_field
  Eingabevektorfeld.
- ▷ **`Result`** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* real
  Gefilterte Bilder.
- ▷ **`Sigma`** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Sigma der Gaußfunktion.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {0.7, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0}
  Wertebereich: 0.01 ≤ `Sigma` ≤ 50.0
- ▷ **`Component`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Zu berechnende Ableitung oder zu berechnendes Merkmal.
  Default: 'mean_curvature'
  Werteliste: `Component` ∈ {'curl', 'divergence', 'mean_curvature', 'gauss_curvature'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `derivate_vector_field` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system`

('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Exception-Behandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

optical_flow_mg, photometric_stereo

Nachfolger

threshold

Modul

Foundation

optical_flow_mg (ImageT1, ImageT2 : VectorField : Algorithm, SmoothingSigma, IntegrationSigma, FlowSmoothness, GradientConstancy, MGParamName, MGParamValue :)

Berechnung des optischen Flusses zwischen zwei Bildern.

optical_flow_mg berechnet den optischen Fluss zwischen zwei Bildern. Der optische Fluss stellt die Bewegungsinformation zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bildern einer monokularen Bildfolge dar. Die Bewegung in den Bildern kann durch Objekte entstehen, die sich zwischen den zwei Aufnahmen in der Welt bewegt haben oder dadurch, dass sich die Kamera zwischen den zwei Aufnahmen bewegt hat (oder beides). Die Projektion dieser 3D-Bewegungen in die 2D-Bildebene wird als Optischer Fluss bezeichnet.

Die beiden aufeinanderfolgenden Bilder der Bildfolge werden in ImageT1 und ImageT2 übergeben. Der berechnete optische Fluss wird in VectorField zurückgeliefert. Die Vektoren im Vektorfeld VectorField stellen die Bewegung zwischen ImageT1 und ImageT2 in der Bildebene dar. Der zu einem Punkt (r, c) in ImageT1 in ImageT2 zugeordnete Punkt ist also gegeben durch $(r', c') = (r + u(r, c), c + v(r, c))$, wobei $u(r, c)$ und $v(r, c)$ den Wert der Zeilen- bzw. Spaltenkomponente des Vektorfeldbildes VectorField am Punkt (r, c) bezeichnen.

Der Parameter Algorithm erlaubt es, zwischen drei verschiedenen Verfahren zur Berechnung des optischen Flusses auszuwählen. Alle drei Verfahren sind mit Hilfe von numerischen Mehrgitterverfahren implementiert, um eine effiziente Berechnung der zugrundeliegenden partiellen Differentialgleichungen zu ermöglichen.

Für Algorithm = *'fdrig'* wird das Verfahren von Brox, Bruhn, Papenberg und Weickert verwendet. Dieses Verfahren ist flussgetrieben, robust, isotrop und mit einem Gradientenkonstanzterm (**f**low-**d**riven, **r**obust, **i**sotropic with **g**radient constancy).

Für Algorithm = *'ddraw'* wird eine robuste Variante des Verfahrens von Nagel und Enkelmann mit Warping verwendet. Dieses Verfahren ist datengetrieben, robust, anisotrop und verwendet (im Gegensatz zum Originalansatz) Warping (**d**ata-**d**riven, **r**obust, **a**nisotropic with **w**arping).

Für Algorithm = *'clg'* wird das kombinierte lokale-globale Verfahren (**c**ombined **l**ocal-**g**lobal) von Bruhn, Weickert, Feddern, Kohlberger und Schnörr verwendet.

In allen Verfahren können die Eingabebilder zunächst mit einem Gaußfilter mit einer Standardabweichung von SmoothingSigma geglättet werden (siehe derivate_gauss).

Alle drei Verfahren gehören zu der Klasse der sogenannten Variationsansätze, die den optischen Fluss durch die Minimierung eines geeigneten Energiefunktionals berechnen. Im allgemeinen haben solche Energiefunktionale die Form

$$E(\mathbf{w}) = E_{\mathrm{D}}(\mathbf{w}) + \alpha E_{\mathrm{S}}(\mathbf{w}),$$

wobei $\mathbf{w} = (u, v, 1)$ das gesuchte Verschiebungsvektorfeld (mit einem Zeitschritt von 1 in der dritten Koordinate) ist. Die Bildfolge wird als kontinuierliche Funktion $f(\mathbf{x})$ mit $\mathbf{x} = (r, c, t)$ betrachtet, wobei (r, c) für den Ort im

Bildbereich steht und t die Zeit angibt. Weiterhin bezeichnen $E_{\mathrm{D}}(\mathbf{w})$ den Datenterm, $E_{\mathrm{S}}(\mathbf{w})$ den Glattheitsterm und α einen Regularisierungsparameter, der die Glattheit der Lösung bestimmt. Der Regularisierungsparameter α wird in `FlowSmoothness` übergeben. Während im Datenterm Annahmen über die Konstanz von Objektmerkmalen in aufeinanderfolgenden Bildern formuliert werden, z.B. die Konstanz des Grauwerts oder der ersten räumlichen Ableitung des Grauwerts, verkörpert der Glattheitsterm Annahmen über die (stückweise) Glattheit der Lösung, d.h. die Glattheit des gesuchten Verschiebungsvektorfelds.

Das **FDRIG-Verfahren** basiert auf der Minimierung eines Energiefunktionals, das folgende Annahmen beinhaltet:

Konstanz des Grauwerts: Es wird angenommen, dass zueinander gehörende Pixel in aufeinanderfolgenden Bildern einer Bildfolge den gleichen Grauwert haben, also dass $f(r+u,c+v,t+1) = f(r,c,t)$ gilt. Dies kann in Vektorschreibweise auch kompakter als $f(\mathbf{x}+\mathbf{w}) = f(\mathbf{x})$ formuliert werden.

Konstanz der räumlichen Grauwertableitungen: Es wird angenommen, dass zueinander gehörende Pixel in aufeinanderfolgenden Bildern einer Bildfolge darüber hinaus auch die gleichen räumlichen Grauwertableitungen haben, also dass zusätzlich $\nabla_2 f(x+u,y+v,t+1) = \nabla_2 f(x,y,t)$ gilt, wobei $\nabla_2 f = (\partial_x f, \partial_y f)$. Dies kann kompakter als $\nabla_2 f(\mathbf{x}+\mathbf{w}) = \nabla_2 f(\mathbf{x})$ formuliert werden. Gegenüber der Grauwertkonstanz bietet die Gradientenkonstanz den Vorteil, dass sie invariant gegenüber additiven globalen Helligkeitsschwankungen ist.

Große Verschiebungen: Es wird außerdem angenommen, dass große Verschiebungen, d.h. Verschiebungen, die größer als ein Pixel sind, auftreten können. Unter dieser Annahme ist es sinnvoll, bewusst auf die Linearisierung der Konstanzannahmen im Modell zu verzichten, die üblicherweise in der Literatur vorgeschlagen werden.

Statistische Robustheit im Datenterm: Um starken Verletzungen der Konstanzannahmen durch Ausreißer weniger Bedeutung beizumessen, werden diese statistisch robust bestraft, d.h. die übliche nicht-robuste quadratische Bestrafung $\Psi_{\mathrm{D}}(s^2) = s^2$ wird durch eine lineare Bestrafung mittels $\Psi_{\mathrm{S}}(s^2) = \sqrt{s^2+\epsilon^2}$ ersetzt, wobei $\epsilon = 0.001$ eine feste Regularisierungskonstante ist.

Diskontinuitätenerhaltung im Flussfeld I: In Bezug auf die Lösung wird angenommen, dass diese stückweise glatt ist. Während die eigentliche Glattheit durch Bestrafungen der ersten Flussableitungen $|\nabla_2 u|^2 + |\nabla_2 v|^2$ erreicht wird, sorgt die Verwendung einer robusten (linearen) Straffunktion $\Psi_{\mathrm{S}}(s^2) = \sqrt{s^2+\epsilon^2}$ mit $\epsilon = 0.001$ für die gewünschten Erhaltung von Bewegungskanten im zu berechnenden Flussfeld. Dieser Typ des Glattheitsterms wird als flussgetrieben isotrop bezeichnet

Unter der Berücksichtigung all dieser Annahmen lässt sich das Energiefunktional für das FDRIG-Verfahren als

$$\begin{aligned} E_{\mathrm{FDRIG}}(\mathbf{w}) \;=\; & \int \Psi_{\mathrm{S}}\Big(\underbrace{|f(\mathbf{x}+\mathbf{w}) - f(\mathbf{x})|^2}_{\text{Grauwertkonstanz}} + \gamma \underbrace{|\nabla_2 f(\mathbf{x}+\mathbf{w}) - \nabla_2 f(\mathbf{x})|^2}_{\text{Gradientenkonstanz}} \Big) dr dc \\ & + \alpha \int \Psi_{\mathrm{S}} \Big(\underbrace{|\nabla_2 u(\mathbf{x})|^2 + |\nabla_2 v(\mathbf{x})|^2}_{\text{Glattheitsannahme}} \Big) dr dc \end{aligned}$$

schreiben. Hierbei ist α der in `FlowSmoothness` übergebene Regularisierungsparameter und γ das in `GradientConstancy` übergebene Gewicht der Gradientenkonstanz. Diese beiden Gewichte, die die Modellparameter des FDRIG-Verfahrens darstellen, werden weiter unten noch genauer beschrieben.

Das **DDRAW-Verfahren** basiert auf der Minimierung eines Energiefunktionals, das folgende Annahmen beinhaltet:

Konstanz des Grauwertes: Es wird angenommen, dass zueinander gehörende Pixel in aufeinanderfolgenden Bildern einer Bildfolge den gleichen Grauwert haben, also dass $f(\mathbf{x}+\mathbf{w}) = f(\mathbf{x})$ gilt.

Große Verschiebungen: Es wird außerdem angenommen, dass große Verschiebungen, d.h. Verschiebungen, die größer als ein Pixel sind, auftreten können. Unter dieser Annahme ist es sinnvoll, bewusst auf die Linearisierung der Konstanzannahmen im Modell zu verzichten, die üblicherweise in der Literatur vorgeschlagen werden.

Statistische Robustheit im Datenterm: Um starken Verletzungen der Konstanzannahmen durch Ausreißer weniger Bedeutung beizumessen, werden diese statistisch robust bestraft, d.h. die übliche nicht-robuste quadratische Bestrafung $\Psi_{\mathrm{D}}(s^2) = s^2$ wird durch eine lineare Bestrafung mittels $\Psi_{\mathrm{S}}(s^2) = \sqrt{s^2+\epsilon^2}$ ersetzt, wobei $\epsilon = 0.001$ eine feste Regularisierungskonstante ist.

Diskontinuitätenerhaltung im Flussfeld II: In Bezug auf die Lösung wird angenommen, dass diese stückweise glatt ist. Im Gegensatz zum FDRIG-Verfahren, das Diskontinuitäten überall zulässt, respektiert das DDRAW-Verfahren nur Diskontinuitäten an Kanten im Originalbild. Dabei wird die lokale Glattheit so gesteuert, dass das Flussfeld über Bildkanten hinweg scharf ist, entlang von Bildkanten jedoch glatt. Dieser Typ des Glattheitsterms nennt sich datengetrieben anisotrop.

Alle Annahmen des DDRAW-Verfahrens lassen sich in einem einzigen Energiefunktional vereinigen:

$$E_{\mathrm{DDRAW}}(\mathbf{w}) = \int \Psi_{\mathrm{S}}\Big(\underbrace{|f(\mathbf{x}+\mathbf{w}) - f(\mathbf{x})|^2}_{\text{Grauwertkonstanz}} \Big) drdc + \alpha \int \big(\underbrace{\nabla_2 u(\mathbf{x})^\top P_{\mathrm{NE}}(\nabla_2 f(\mathbf{x}))\, \nabla_2 u(\mathbf{x}) + \nabla_2 v(\mathbf{x})^\top P_{\mathrm{NE}}(\nabla_2 f(\mathbf{x}))\, \nabla_2 v(\mathbf{x})}_{\text{Glattheitsannahme}} \big) drdc,$$

wobei $P_{\mathrm{NE}}(\nabla_2 f(\mathbf{x}))$ eine normalisierte Projektionsmatrix orthogonal zu $\nabla_2 f(\mathbf{x})$ ist, für die gilt:

$$P_{\mathrm{NE}}(\nabla_2 f(\mathbf{x})) = \frac{1}{|\nabla_2 f(\mathbf{x})|^2 + 2\epsilon_{\mathrm{S}}^2} \begin{pmatrix} f_c^2(\mathbf{x}) + \epsilon_{\mathrm{S}}^2 & -f_r(\mathbf{x}) f_c(\mathbf{x}) \\ -f_r(\mathbf{x}) f_c(\mathbf{x}) & f_r^2(\mathbf{x}) + \epsilon_{\mathrm{S}}^2 \end{pmatrix}.$$

Diese Matrix sorgt dafür, dass nur in Richtung der Bildkanten eine Glattheit des Flussfelds angenommen wird. Bezüglich der Glattheit über die Bildkanten hinweg werden jedoch keine Annahmen formuliert, so dass genau in diese Richtung Diskontinuitäten in der Lösung auftreten dürfen. In diesem Zusammenhang dient $\epsilon_{\mathrm{S}} = 0.001$ als Regularisierungsparameter, der verhindert, dass die Projektionsmatrix $P_{\mathrm{NE}}(\nabla_2 f(\mathbf{x}))$ singulär wird. Im Gegensatz zum FDRIG-Verfahren gibt es beim DDRAW-Verfahren nur einen Modellparameter: den Regularisierungsparameter α. Wie zuvor erwähnt, wird α unten noch genauer beschrieben.

Wie den beiden zuvor besprochenen Verfahren liegen auch dem **CLG-Verfahren** bestimmte Annahmen zu Grunde:

Konstanz des Grauwertes: Es wird angenommen, dass zueinander gehörende Pixel in aufeinanderfolgenden Bildern einer Bildfolge den gleichen Grauwert haben, also dass $f(\mathbf{x}+\mathbf{w}) = f(\mathbf{x})$ gilt.

Kleine Verschiebungen: Im Gegensatz zu beiden vorigen Verfahren wird außerdem angenommen, dass nur kleine Verschiebungen auftreten können, d.h. Verschiebungen im Bereich weniger Pixel. Dies erlaubt eine Linearisierung der Konstanzannahmen im Modell. Dies führt auf die Approximation $f(\mathbf{x}) + \nabla_3 f(\mathbf{x})^\top \mathbf{w}(\mathbf{x}) = f(\mathbf{x})$, d.h. es soll gelten: $\nabla_3 f(\mathbf{x})^\top \mathbf{w}(\mathbf{x}) = 0$. Hierbei ist mit $\nabla_3 f(\mathbf{x})$ der Gradient über sowohl den Ort als auch die Zeit bezeichnet.

Lokale Konstanz der Lösung: Des weiteren geht man davon aus, dass das zu berechnende Flussfeld lokal konstant ist. Dies erlaubt die Integration der Bilddaten im Datenterm über die jeweilige Umgebung eines Bildpunktes. Dies wiederum erhöht die Robustheit des Verfahrens gegenüber Rauschen. Mathematisch lässt sich dies durch eine Umformulierung des quadratischen Datenterms erreichen: $(\nabla_3 f(\mathbf{x})^\top \mathbf{w}(\mathbf{x}))^2 = \mathbf{w}(\mathbf{x})^\top \nabla_3 f(\mathbf{x}) \nabla_3 f(\mathbf{x})^\top \mathbf{w}(\mathbf{x})$. Durch lokale Gauß-gewichtete Integration über eine Nachbarschaft der Größe ρ (übergeben in `IntegrationSigma`) ergibt sich dann folgender Datenterm: $\mathbf{w}(\mathbf{x})^\top G_\rho * (\nabla_3 f(\mathbf{x}) \nabla_3 f(\mathbf{x})^\top)\, \mathbf{w}(\mathbf{x})$. Hierbei bezeichnet $G_\rho * \ldots$ eine Faltung der 3×3 Matrix $\nabla_3 f(\mathbf{x}) \nabla_3 f(\mathbf{x})^\top$ mit einem Gaußfilter mit einer Standardabweichung von ρ (siehe `derivate_gauss`).

Allgemeine Glattheit des Flussfelds: Schließlich wird im Bezug auf die Lösung angenommen, dass sie überall im Bildbereich glatt ist. Dieser spezielle Typ des Glattheitsterms wird als homogen bezeichnet.

Auch im Fall des CLG-Verfahrens lassen sich alle Annahmen in einem gemeinsamem Energiefunktional formulieren. Dieses lautet:

$$E_{\mathrm{CLG}}(\mathbf{w}) = \int \underbrace{\big(\mathbf{w}(\mathbf{x})^\top G_\rho * (\nabla_3 f(\mathbf{x}) \nabla_3 f(\mathbf{x})^\top)\, \mathbf{w}(\mathbf{x})\big)}_{\text{Grauwertkonstanz}} drdc + \alpha \int \big(\underbrace{|\nabla_2 u(\mathbf{x})|^2 + |\nabla_2 v(\mathbf{x})|^2}_{\text{Glattheitsannahme}} \big) drdc,$$

Die zugehörigen Modellparameter sind der Regularisierungsparameter α sowie die Integrationsskala ρ (übergeben in `IntegrationSigma`), die die Größe der zu integrierenden Nachbarschaft im Datenterm angibt. Diese beiden Parameter sind weiter unten genauer beschrieben.

Um das gewünschte Verschiebungsvektorfeld zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bildern einer Bildfolge mit dem FDRIG-, dem DDRAW- oder dem CLG-Verfahren zu berechnen, muss diejenige Lösung gesucht werden, die die Annahmen des jeweiligen Verfahren am besten erfüllt. Aus mathematischer Sicht bedeutet das, dass man an einer Minimierung der oben beschriebenen Energiefunktionale interessiert ist. Bei dieser Minimierung spielen im Rahmen der ersten beiden Funktionale (FDRIG und DDRAW) sogenannte Coarse-to-Fine-Warping-Strategien eine wichtige Rolle, da sie es erlauben, große Verschiebungen zu schätzen. Sie sind damit ein geeignetes Mittel, um den bewussten Verzicht der beiden Verfahren auf eine Linearisierung der Konstanzannahmen im Datenterm numerisch umzusetzen.

Um große Verschiebungen schätzen zu können, machen Coarse-to-Fine-Warping-Strategien von zwei Konzepten Gebrauch, die beide eng miteinander verzahnt sind: Die sukzessive Verfeinerung der Problemstellung (Coarse-to-Fine) und die fortlaufende Kompensation des aktuelles Bildpaares um bereits berechnete Verschiebungen (Warping). Algorithmisch lässt sich eine solche Coarse-to-Fine-Warping-Strategie wie folgt formulieren:

1. Zunächst werden beide Bilder des aktuellen Bildpaares auf eine sehr grobe Auflösungsstufe heruntergesampelt.

2. Dann wird das Verschiebungsvektorfeld auf dieser groben Auflösung berechnet.

3. Dieses Vektorfeld wird auf der nächstfeineren Auflösungsstufe benötigt: Es wird dort aus dem zweiten Bild der Bildfolge herausgerechnet, d.h. die Problemstellung auf der feineren Auflösungsstufe wird um das bereits berechnete Flussfeld kompensiert. Dieser Schritt wird auch als Warping bezeichnet.

4. Das so modifizierte Problem (Differenzproblem) wird nun auf der feineren Auflösungsstufe gelöst, d.h. das Verschiebungsvektorfeld wird dort berechnet.

5. Die Schritte 3-4 werden wiederholt, bis die ursprüngliche Auflösung erreicht wird.

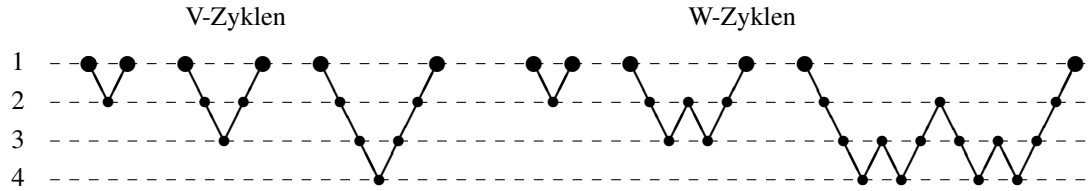
6. Das letztendliche Ergebnis wird durch Addition der Verschiebungsvektorfelder aller Auflösungsstufen gebildet.

Diese inkrementelle Berechnung des Verschiebungsvektorfelds bietet folgenden Vorteil: Während das Coarse-to-Fine-Konzept sicherstellt, dass die Verschiebungen auf der gröbsten Auflösungsstufe sehr klein sind, sorgt die Warping-Strategie dafür, dass das auch für die zu berechnenden Verschiebungsinkremente (Verschiebungsvektorfelder der Differenzprobleme) so bleibt. Da kleine Verschiebungen viel genauer berechnet werden können als größere, nimmt durch den Einsatz einer solchen Coarse-to-Fine-Warping-Strategie die Schätzqualität im allgemeinen deutlich zu. Jedoch muss anstelle eines einzelnen Korrespondenzproblems eine Hierarchie von ebensolchen Problemen gelöst werden. Im Rahmen des CLG-Verfahrens ist solch eine Coarse-to-Fine-Warping-Strategie nicht notwendig. Dort geht man bereits im Modell von kleineren Verschiebungen aus.

Die maximale Anzahl der Auflösungsstufen (Warpingebene), das Auflösungsverhältnis zwischen zwei aufeinanderfolgenden Auflösungsstufen, sowie die feinste Auflösungsstufe lassen sich sowohl beim FDRIG- als auch beim DDRAW-Verfahren spezifizieren. Nähere Details hierzu sind weiter unten zu finden.

Die Minimierung von Funktionalen ist aus mathematischer Sicht sehr eng mit der Minimierung von Funktionen verwandt: So wie eine Nullstelle der ersten Ableitung eine notwendige Bedingung für ein Minimum einer Funktion ist, ist die Erfüllung der sogenannten Euler-Lagrange-Gleichungen eine notwendige Bedingung für die minimierende Funktion eines Funktionals (die minimierende Funktion entspricht hier dem gesuchten Verschiebungsvektorfeld). Die Euler-Lagrange-Gleichungen sind partielle Differentialgleichungen. Durch die Diskretisierung dieser Euler-Lagrange-Gleichungen mit Hilfe finiter Differenzen entstehen im Fall des FDRIG- und des DDRAW-Verfahrens große dünn besetzte nichtlineare Gleichungssysteme. Aufgrund der Verwendung der oben beschriebenen Coarse-to-Fine-Warping-Strategien muss ein solches Gleichungssystem für jede Auflösungsstufe, d.h. für jede Warpingebene, gelöst werden. Im Fall des CLG-Verfahrens entsteht hingegen ein einzelnes großes dünn besetztes lineares Gleichungssystem. großes dünn besetztes lineares Gleichungssystem.

Um ein effizientes Lösen dieser nichtlinearen Gleichungssysteme zu gewährleisten, greifen sowohl das FDRIG- als auch das DDRAW-Verfahren auf sogenannte bidirektionale Mehrgitterverfahren zurück. Aus numerischer Sicht gehören diese Strategien zu den schnellsten Verfahren zum Lösen linearer und nichtlinearer Gleichungssysteme überhaupt. Im Gegensatz zu herkömmlichen nicht-hierarchischen iterativen Verfahren, wie z.B. den verschiedenen linearen und nichtlinearen Gauß-Seidel-Varianten, bieten solche Mehrgitterstrategien den Vorteil, Korrekturen der Lösung effizient auf gröberen Auflösungsstufen berechnen zu können. Dies führt wiederum zu einer erheblich schnelleren Konvergenz. Die grundlegende Idee von Mehrgitterverfahren besteht darüber hinaus darin, dass diese Korrekturschritte hierarchisch ausgeführt werden, d.h. dass die Berechnung des Fehlers auf der groben Auflösungsstufe selbst auf die gleiche Strategie zurückgreift und ihren eigenen Fehler (also den Fehler des Fehlers) durch Korrekturschritte auf einer noch gröberen Auflösungsstufe effizient berechnet. Je nachdem, ob ein oder zwei Fehlerkorrekturschritte pro Zyklus gemacht werden, spricht man von sogenannten V- oder W-Zyklen. Die zugehörigen Auflösungsdurchlaufstrategien sehen mit zwei bis vier Auflösungsstufen wie folgt aus (wobei 1 eine feine und 4 eine grobe Auflösungsstufe):



Hierbei werden Iterationen auf dem Originalproblem mit großen Markierungen symbolisiert, während kleine Markierungen für Iterationen auf Fehlerkorrekturproblemen stehen.

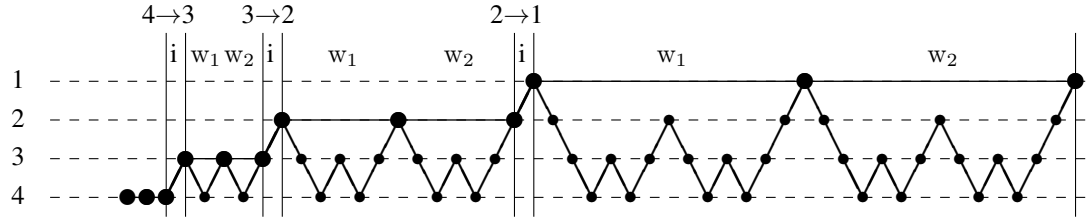
Algorithmisch lässt sich ein solcher Korrekturzyklus wie folgt beschreiben:

1. In einem ersten Schritt werden einige wenige Iterationen mit einem iterativen linearen oder nichtlinearen Basislöser (z.B. einer Gauß-Seidel-Variante) gemacht. Dieser Schritt nennt sich Fehlervorglättungsiterationsschritt.

2. In einem zweiten Schritt wird der aktuelle Fehler berechnet, um die bisherige Lösung (die Lösung nach Schritt 1) zu korrigieren. Aus Effizienzgründen findet diese Fehlerberechnung auf einer gröberen Auflösungsstufe statt. Dieser Schritt, der mehrfach wiederholt werden kann, nennt sich Grobgitterkorrekturschritt.

3. In einem letzten Schritt werden erneut einige wenige Iterationen mit dem gleichen iterativen linearen oder nichtlinearen Basislöser wie in Schritt 1 gemacht. Dieser Schritt nennt sich Fehlernachglättungsiterationsschritt.

Darüber hinaus besteht noch die Möglichkeit einer hierarchischen Initialisierung. Ausgehend von einer sehr groben Variante (Auflösungsstufe 4) des ursprünglichen (nicht)linearen Gleichungssystems wird die Lösung sukzessive verfeinert. Dabei werden interpolierte Lösungen von gröberen Varianten des Gleichungssystems als Initialisierung der jeweils nächstfeineren Variante verwendet. Auf jeder Auflösungsstufe selbst kommen dann die zuvor beschriebenen V- oder W-Korrekturzyklen zum Einsatz, um das dortige (nicht)lineare Gleichungssystem effizient zu lösen. Die entsprechenden Mehrgitterverfahren werden in der Literatur als volle Mehrgitterverfahren bezeichnet. Diese Vorgehensweise kann wie folgt veranschaulicht werden:



Dieses Beispiel stellt ein volles Mehrgitterverfahren mit zwei W-Korrekturzyklen pro Auflösungsstufe der hierarchischen Initialisierung dar. Die Interpolationsschritte der Lösung von einer Stufe zur nächsten sind mit i bezeichnet, die beiden W-Korrekturzyklen mit w_1 und w_2. Während Iterationen auf dem Originalproblem mit großen Markierungen symbolisiert werden, stehen kleine Markierungen für Iterationen auf Fehlerkorrekturproblemen.

Im Rahmen der Mehrgitterimplementation des FDRIG-Verfahrens, des DDRAW- sowie des CLG-Verfahrens lassen sich folgende Parameter frei wählen: ob eine hierarchische Initialisierung stattfindet; die Anzahl der Grobgitterkorrekturschritte; die Anzahl der Korrekturzyklen; die maximale Anzahl an Korrekturebenen (Auflösungsstufen); die Anzahl der Fehlervorglättungsiterationen; die Anzahl der Fehlernachglättungsiterationen. Diese Parameter werden weiter unten noch genauer erklärt.

Als Basislöser für das FDRIG-Verfahren wird eine punktgekoppelte Fixpunktvariante des linearen Gauß-Seidel-Verfahrens verwendet, als Basislöser für das DDRAW-Verfahren eine alternierend liniengekoppelte Fixpunktvariante des gleichen Typs. Die Anzahl der Fixpunktschritte lässt sich dabei bei beiden Verfahren ebenfalls durch einen zusätzlichen Parameter spezifizieren. Der Basislöser für das CLG-Verfahren ist ein punktgekoppeltes lineares Gauß-Seidel-Verfahren. Der Transfer von Daten zwischen verschiedenen Auflösungsstufen erfolgt durch flächenbasierte Interpolation bzw. durch flächenbasierte Mittelung.

Nachdem die verwendeten Verfahren beschrieben wurden, können die Auswirkungen der einzelnen Parameter detailliert beschrieben werden.

Die Eingabebilder werden mit ihren Definitionsbereichen (Regionen) in `ImageT1` und `ImageT2` übergeben. Die Berechnung des Vektorfeldes `VectorField` erfolgt auf dem kleinsten umschließenden Rechteck des Schnittes der Definitionsbereiche von `ImageT1` und `ImageT2`. Der Definitionsbereich von `VectorField` ist der Schnitt der beiden Definitionsbereiche. Daher kann durch Angabe von eingeschränkten Definitionsbereichen in `ImageT1` und `ImageT2` die Verarbeitung fokussiert werden, und u.U. Laufzeit gespart werden. Allerdings ist dabei zu beachten, dass alle Verfahren eine globale Lösung des optischen Flusses berechnen. Daraus folgt insbesondere, dass eine Lösung auf einem eingeschränkten Definitionsbereich nicht die eingeschränkte Lösung auf dem vollen Definitionsbereich sein muss (und kann).

`SmoothingSigma` beschreibt die Standardabweichung des Gaußkerns, mit dem jedes Eingangsbild gefaltet wird. Je größer der Wert für `SmoothingSigma`, desto größer ist die Tiefpasswirkung des Gaußkerns, d.h. desto glatter wird das vorverarbeitete Bild. Im Normalfall stellt ein Wert von `SmoothingSigma` = 0.8 eine gute Wahl dar, aber auch andere Werte im Intervall $[0, 2]$ sind denkbar. Größere Standardabweichungen sollten nur in Betracht gezogen werden, falls das Eingangsbild stark verrauscht ist. Dabei ist jedoch zu beachten, dass größere Werte für `SmoothingSigma` eine leichte Erhöhung der Laufzeit zur Folge haben.

`IntegrationSigma` beschreibt die Standardabweichung ρ des Gaußkerns G_ρ, der zur lokalen Integration der Nachbarschaftsinformation im Datenterm verwendet wird. Dieser Parameter wird nur beim CLG-Verfahren verwendet und hat bei den anderen beiden Verfahren keinen Einfluss auf das Ergebnis. Im Normalfall stellt ein Wert von `IntegrationSigma` = 1.0 eine gute Wahl dar, aber auch andere Werte im Intervall $[0, 3]$ sind denkbar. Größere Standardabweichungen sollten nur in Betracht gezogen werden, falls das Eingangsbild stark verrauscht ist. Dabei ist jedoch zu beachten, dass größere Werte für `IntegrationSigma` eine leichte Erhöhung der Laufzeit zur Folge haben.

`FlowSmoothness` spezifiziert das Gewicht α des Glattheitsterms gegenüber dem Datenterm. Je größer der Wert für `FlowSmoothness` ist, desto glatter wird das berechnete Flussfeld. Dabei sollte beachtet werden, dass zu kleine Werte für `FlowSmoothness` trotz statistisch robuster Bestrafungsfunktionen zu unbrauchbaren Ergebnissen führen können, insbesondere dann, wenn die verwendete Warping-Strategie zu viel Information jenseits des Bildbereichs vorhersagen muss. Bei der Verwendung von Byte-Bildern mit einem Wertebereich von $[0, 255]$ liefern Werte für `FlowSmoothness` von etwa 20 im Fall des flussgetriebenen FDRIG-Verfahrens und Werte von etwa 1000 im Fall des bildgetriebenen DDRAW-Verfahrens bzw. des homogenen CLG-Verfahrens im Normalfall gute Ergebnisse.

`GradientConstancy` beschreibt das Gewicht γ der Gradientenkonstanz gegenüber der Grauwertkonstanz. Dieser Parameter wird nur beim FDRIG-Verfahren verwendet. Bei den anderen beiden Verfahren hat er keinen Einfluss auf das Ergebnis. Für Grauwertbilder mit einem Wertebereich von $[0, 255]$ ist meist ein Wert um `GradientConstancy` = 5 sinnvoll, da beide Konstanzannahmen in ähnlichem Ausmaß berücksichtigt werden. Bei starken Beleuchtungswechseln können jedoch auch wesentlich größere Werte für `GradientConstancy` erforderlich sein, um gute Ergebnisse zu erzielen. Dabei ist zu beachten, dass bei großen Werten für das Gradientengewicht auch der Glattheitsparameter `FlowSmoothness` entsprechend größer gewählt werden muss.

Die Parameter für den Mehrgitterlöser und die Coarse-to-Fine-Warping-Strategie lassen sich mit den generischen Parametern `MGParamName` und `MGParamValue` einstellen. Im Normalfall ist es ausreichend, einen der vier weiter unten beschriebenen Standardparametersätze über `MGParamName` = *'default_parameters'* und `MGParamValue` = *'very_accurate'*, *'accurate'*, *'fast_accurate'* oder *'fast'* auszuwählen. Falls die Parameter einzeln angegeben werden sollen, ist in `MGParamName` und `MGParamValue` jeweils ein gleichlanges Tupel von Werten zu übergeben. Dabei müssen die Werte für die in `MGParamName` angegebenen Parameter an der jeweiligen Stelle des Tupels `MGParamValue` spezifiziert werden.

Mit `MGParamName` = *'warp_zoom_factor'* kann das Auflösungsverhältnis zwischen zwei aufeinanderfolgenden Warpingebenen in der Coarse-to-Fine-Warping-Hierarchie festgelegt werden. Dabei muss *'warp_zoom_factor'* im offenen Intervall $(0, 1)$ gewählt werden. Aus Performanzgründen wird üblicherweise *'warp_zoom_factor'* = 0.5 gewählt, d.h. die Pixelanzahl der Eingangsbilder wird von einer Warpingebene zur nächsten in jede Richtung halbiert. Dies führt zu einem zusätzlichen Rechenaufwand von etwa 33% gegenüber einem Verfahren ohne Warping. Werte für *'warp_zoom_factor'* näher bei 1 können zu qualitativ leicht besseren Ergebnissen führen, benötigen aber unverhältnismäßig viel Rechenzeit, z.B. einen Mehraufwand von 426% bei *'warp_zoom_factor'* = 0.9.

Mit `MGParamName` = *'warp_levels'* kann die Warpinghierarchie auf eine maximale Anzahl von Ebenen beschränkt werden. Für *'warp_levels'* = 0 wird die maximal mögliche Anzahl von Ebenen gewählt. Sollte die Bildgröße bei einem gegebenen Auflösungsverhältnis *'warp_zoom_factor'* die gewählte Anzahl an Ebenen nicht zulassen, wird die maximal mögliche Anzahl an Ebenen verwendet. Im Normalfall sollte *'warp_levels'* auf 0 gesetzt werden.

Mit MGParamName = *'warp_last_level'* kann die Anzahl der Warpingebenen an, für die *kein* Bewegungsinkrement mehr berechnet werden soll, festgelegt werden. Normalerweise wird diese Anzahl entweder auf 1 oder 2 gesetzt, d.h. es wird entweder auf jeder Warpingebene ein Bewegungsinkrement berechnet, oder die feinste Warpingebene wird bei der Berechnung ausgelassen. Da im letzten Fall nur auf halber Auflösung gerechnet wird, kann die gewonnene Rechenzeit zur genaueren Bestimmung der Lösung verwendet werden, d.h. es kann z.B. ein volles Mehrgitterverfahren mit zusätzlichen Iterationen in Betracht gezogen werden. Die genauere Lösung wird dann auf die volle Auflösung interpoliert.

Die drei Parameter, die die Coarse-to-Fine-Warping-Strategie bestimmen, haben nur bei dem FDRIG- und dem DDRAW-Verfahren einen Einfluss auf die Lösung. Bei dem CLG-Verfahren werden sie ignoriert.

Mit MGParamName = *'mg_solver'* kann die allgemeine Mehrgitterstrategie zur Lösung des (nicht)linearen Gleichungssystems (in jeder Warpingebene) festgelegt werden. Für *'mg_solver'* = *'multigrid'* wird ein normales Mehrgitterverfahren (*ohne* Coarse-to-Fine-Initialisierung) verwendet, während für *'mg_solver'* = *'full_multigrid'* ein volles Mehrgitterverfahren (*mit* Coarse-to-Fine-Initialisierung) verwendet wird. Da zwischen zwei aufeinanderfolgenden Ebenen der Coarse-to-Fine-Initialisierung eine Auflösungsreduktion um den Faktor 0.5 verwendet wird (dieser Wert ist im Gegensatz zu der Auflösungsreduktion bei der Warping-Strategie fest kodiert), bedeutet die Verwendung eines vollen Mehrgitterverfahrens einen Mehraufwand von etwa 33% gegenüber einem normalen Mehrgitterverfahren. Bei der Wahl von *'mg_solver'* = *'full_multigrid'* ergeben sich typischerweise numerisch genauere Ergebnisse als für *'mg_solver'* = *'multigrid'*.

Mit MGParamName = *'mg_cycle_type'* kann festgelegt werden, ob ein V- oder ein W-Korrekturzyklus pro Mehrgitterebene verwendet werden. Bei der verwendeten Auflösungsreduktion um den Faktor 0.5 zwischen zwei aufeinanderfolgenden Ebenen des jeweiligen Korrekturzyklus erhöht die Verwendung eines W-Zyklus an Stelle eines V-Zyklus den Rechenaufwand um 50%. Bei der Wahl von *'mg_cycle_type'* = *'w'* ergeben sich typischerweise numerisch genauere Ergebnisse als für *'mg_cycle_type'* = *'v'*.

Mit MGParamName = *'mg_levels'* kann die Mehrgitterhierarchie sowohl für die Coarse-to-Fine-Initialisierung als auch für die eigentlichen V- oder W-Korrekturzyklen auf eine maximale Anzahl von Ebenen beschränkt werden. Für *'mg_levels'* = 0 wird die maximal mögliche Anzahl von Ebenen gewählt. Sollte die Bildgröße die gewählte Anzahl an Ebenen nicht zulassen, wird die maximal mögliche Anzahl an Ebenen verwendet. Im Normalfall sollte *'mg_levels'* auf 0 gesetzt werden.

Mit MGParamName = *'mg_cycles'* kann die gesamte Anzahl von V- oder W-Korrekturzyklen, die durchgeführt werden, festgelegt werden. Im Falle der Verwendung eines vollen Mehrgitterverfahrens bezieht sich *'mg_cycles'* auf *jede* Ebene der Coarse-to-Fine-Initialisierung. Im Normalfall sind ein oder zwei Zyklen ausreichend, um eine hinreichend genaue Lösung des Gleichungssystems zu erhalten. Je größer *'mg_cycles'* gewählt wird, desto genauer werden typischerweise die numerischen Ergebnisse. Dieser Parameter geht fast linear in die Laufzeit ein, d.h. eine Verdopplung der Zyklen führt in etwa auch zu einer Verdopplung des Rechenaufwands.

Mit MGParamName = *'mg_pre_relax'* kann die Anzahl der Iterationen festgelegt werden, die auf jeder Ebene eines V- oder W-Korrekturzyklus mit dem iterativen Basislöser *vor* der eigentlichen Fehlerkorrektur durchgeführt werden. Im Normalfall sind ein oder zwei Fehlervorglättungsiterationen ausreichend. Je größer *'mg_pre_relax'* gewählt wird, desto genauer werden typischerweise die numerischen Ergebnisse.

Mit MGParamName = *'mg_post_relax'* kann die Anzahl der Iterationen festgelegt werden, die auf jeder Ebene eines V- oder W-Korrekturzyklus mit dem iterativen Basislöser *nach* der eigentlichen Fehlerkorrektur durchgeführt werden. Im Normalfall sind ein oder zwei Fehlernachglättungsiterationen ausreichend. Je größer *'mg_post_relax'* gewählt wird, desto genauer werden typischerweise die numerischen Ergebnisse.

Wie bei der Erhöhung der Anzahl der Korrekturzyklen geht eine gleichzeitige Erhöhung der Anzahl der Fehlervor- und Fehlernachglättungsiterationen asymptotisch linear in die Laufzeit ein, allerdings fallen keine zusätzlichen Restriktions- und Prolongationsoperationen (Verkleinerungen und Vergrößerungen der Fehlerkorrekturbilder) an. Für eine moderate Erhöhung nimmt der Mehraufwand deshalb nur leicht zu.

Mit MGParamName = *'mg_inner_iter'* kann die Anzahl der Iterationen zum Lösen der linearen Gleichungssysteme innerhalb jeder Fixpunktiteration des nichtlinearen Basislösers festgelegt werden. Im Normalfall ist eine Iteration ausreichend, um eine ausreichende Konvergenzgeschwindigkeit des Mehrgitterverfahrens zu erreichen. Die Zunahme des Rechenaufwandes bei Erhöhung der Iterationsanzahl ist noch etwas geringer als bei der Erhöhung der Fehlervor- und Fehlernachglättungsiterationen. Dieser Parameter beeinflusst nur das FDRIG- und das DDRAW-Verfahren, da beim CLG-Verfahren kein nichtlineares Gleichungssystem gelöst werden muss.

Mit MGParamName = *'parallel_solver'* wird bei gleichzeitiger Auswahl des FDRIG-Verfahrens dieses intern parallelisiert ausgeführt. Dies verändert die Ergebnisse des Operators leicht, kann aber dessen Ausführungszeit reduzieren. Der Wert kann auf *'true'* oder *'false'* (der Standardwert) gesetzt werden.

Wie oben beschrieben, ist es im Normalfall ausreichend, einen der Standardparametersätze für die oben beschriebenen Parameter über `MGParamName` = *'default_parameters'* und `MGParamValue` = *'very_accurate'*, *'accurate'*, *'fast_accurate'* oder *'fast'* auszuwählen. Dabei können im Bedarfsfall noch einzelne Parameter nach der Auswahl der Standardparametersätze modifiziert werden, indem nach dem Wert *'default_parameters'* in `MGParamName` noch eine Untermenge der obigen Parameter angegeben wird und in `MGParamValue` ein entsprechender Wert übergeben wird (z.B. `MGParamName` = *['default_parameters','warp_zoom_factor']* und `MGParamValue` = *['accurate',0.6]*).

Im einzelnen entsprechen die Standardparametersätze folgenden Werten:

'default_parameters' = *'very_accurate'*: *'warp_zoom_factor'* = 0.5, *'warp_levels'* = 0, *'warp_last_level'* = 1, *'mg_solver'* = *'full_multigrid'*, *'mg_cycle_type'* = *'w'*, *'mg_levels'* = 0, *'mg_cycles'* = 1, *'mg_pre_relax'* = 2, *'mg_post_relax'* = 2, *'mg_inner_iter'* = 1.

'default_parameters' = *'accurate'*: *'warp_zoom_factor'* = 0.5, *'warp_levels'* = 0, *'warp_last_level'* = 1, *'mg_solver'* = *'multigrid'*, *'mg_cycle_type'* = *'v'*, *'mg_levels'* = 0, *'mg_cycles'* = 1, *'mg_pre_relax'* = 1, *'mg_post_relax'* = 1, *'mg_inner_iter'* = 1.

'default_parameters' = *'fast_accurate'*: *'warp_zoom_factor'* = 0.5, *'warp_levels'* = 0, *'warp_last_level'* = 2, *'mg_solver'* = *'full_multigrid'*, *'mg_cycle_type'* = *'w'*, *'mg_levels'* = 0, *'mg_cycles'* = 1, *'mg_pre_relax'* = 2, *'mg_post_relax'* = 2, *'mg_inner_iter'* = 1.

'default_parameters' = *'fast'*: *'warp_zoom_factor'* = 0.5, *'warp_levels'* = 0, *'warp_last_level'* = 2, *'mg_solver'* = *'multigrid'*, *'mg_cycle_type'* = *'v'*, *'mg_levels'* = 0, *'mg_cycles'* = 1, *'mg_pre_relax'* = 1, *'mg_post_relax'* = 1, *'mg_inner_iter'* = 1.

Es ist zu beachten, dass die beiden Modi *'fast_accurate'* und *'fast'* für das CLG-Verfahren identisch zu den Modi *'very_accurate'* und *'accurate'* sind, da das CLG-Verfahren keine Coarse-to-Fine-Warping-Strategie verwendet.

Parameter

▷ **`ImageT1`** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Eingabebild 1.

▷ **`ImageT2`** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Eingabebild 2.

▷ **`VectorField`** (output_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* vector_field
Optischer Fluss.

▷ **`Algorithm`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Algorithmus zur Bestimmung des optischen Flusses.
Default: 'fdrig'
Werteliste: `Algorithm` ∈ {'fdrig', 'ddraw', 'clg'}

▷ **`SmoothingSigma`** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Standardabweichung für initiale Gaußsche Glättung.
Default: 0.8
Wertevorschläge: `SmoothingSigma` ∈ {0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0}
Restriktion: SmoothingSigma >= 0.0

▷ **`IntegrationSigma`** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Standardabweichung des Integrationsfilters.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `IntegrationSigma` ∈ {0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.4, 2.6, 2.8, 3.0}
Restriktion: IntegrationSigma >= 0.0

▷ **`FlowSmoothness`** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Gewicht des Glattheitsterms gegenüber dem Datenterm.
Default: 20.0
Wertevorschläge: `FlowSmoothness` ∈ {10.0, 20.0, 30.0, 50.0, 70.0, 100.0, 200.0, 300.0, 500.0, 700.0, 1000.0, 1500.0, 2000.0}
Restriktion: FlowSmoothness >= 0.0

▷ **`GradientConstancy`** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Gewicht der Gradientenkonstanz gegenüber der Grauwertkonstanz.
Default: 5.0
Wertevorschläge: `GradientConstancy` ∈ {0.0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0, 15.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 70.0, 100.0}
Restriktion: GradientConstancy >= 0.0

▷ **MGParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Parametername(n) für das Mehrgitterverfahren.
Default: 'default_parameters'
Werteliste: `MGParamName` ∈ {'default_parameters', 'mg_solver', 'mg_cycle_type', 'mg_levels', 'mg_cycles', 'mg_pre_relax', 'mg_post_relax', 'mg_inner_iter', 'warp_levels', 'warp_zoom_factor', 'warp_last_level', 'parallel_solver'}

▷ **MGParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / real / integer
Parameterwert(e) für das Mehrgitterverfahren.
Default: 'accurate'
Wertevorschläge: `MGParamValue` ∈ {'very_accurate', 'accurate', 'fast_accurate', 'fast', 'multigrid', 'full_multigrid', 'v', 'w', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 'true', 'false'}

Beispiel

```
grab_image (ImageT1, AcqHandle)
while (true)
  grab_image (ImageT2, AcqHandle)
  optical_flow_mg (ImageT1, ImageT2, VectorField, 'fdrig', 0.8, 1, 10, \
                   5, 'default_parameters', 'accurate')
  threshold (VectorField, Region, 1, 10000)
  copy_obj (ImageT2, ImageT1, 1, 1)
endwhile
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `optical_flow_mg` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

`threshold`, `vector_field_length`

Siehe auch

`unwarp_image_vector_field`

Literatur

T. Brox, A. Bruhn, N. Papenberg, and J. Weickert: High accuracy optical flow estimation based on a theory for warping. In T. Pajdla and J. Matas, editors, Computer Vision - ECCV 2004, volume 3024 of Lecture Notes in Computer Science, pages 25–36. Springer, Berlin, 2004.

A. Bruhn, J. Weickert, C. Feddern, T. Kohlberger, and C. Schnörr: Variational optical flow computation in real-time. IEEE Transactions on Image Processing, 14(5):608-615, May 2005.

H.-H. Nagel and W. Enkelmann: An investigation of smoothness constraints for the estimation of displacement vector fields from image sequences. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8(5):565-593, September 1986.

Ulrich Trottenberg, Cornelis Oosterlee, Anton Schüller: Multigrid. Academic Press, Inc., San Diego, 2000.

Modul

Foundation

`unwarp_image_vector_field ( Image, VectorField : ImageUnwarped : : )`

Entzerrung eines Bildes mittels eines Vektorfeldes.

unwarp_image_vector_field entzerrt das Bild Image mit Hilfe des Vektorfeldes VectorField und gibt das entzerrte Bild in ImageUnwarped zurück. Das Vektorfeld muss vom semantischen Typ vector_field_relative sein und wird typischerweise mit optical_flow_mg bestimmt. Somit kann mit unwarp_image_vector_field das zweite Eingabebild von optical_flow_mg auf das erste Eingabebild entzerrt werden. Es ist zu beachten, dass somit das Vektorfeld eine inverse Transformationsvorschrift vom Zielbild des Vektorfeldes in das Ursprungsbild darstellt.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **VectorField** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* vector_field
  Eingabevektorfeld.
- ▷ **ImageUnwarped** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Entzerrtes Bild.

Beispiel

```
optical_flow_mg (Image1, Image2, VectorField, 'fdrig', 0.8, 1, 20, \
                 5, 'default_parameters', 'accurate')
unwarp_image_vector_field (Image2, VectorField, ImageUnwarped)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert unwarp_image_vector_field den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

optical_flow_mg

Modul

Foundation

vector_field_length (VectorField : Length : Mode :)

Berechnung der Länge der Vektoren eines Vektorfeldes.

vector_field_length berechnet die Länge der Vektoren des in VectorField übergebenen Vektorfeldes und gibt sie in Length zurück. vector_field_length akzeptiert nur Vektorfelder des semantischen Typs vector_field_relative. Mit Mode kann die Art der Berechnung der Längen ausgewählt werden. Für Mode = *'length'* wird die Euklidische Länge der Vektoren berechnet. Für Mode = *'squared_length'* wird das Quadrat der Länge der Vektoren berechnet. Dies vermeidet intern die Berechnung der Wurzel, was auf vielen Prozessoren eine sehr aufwendige Operation ist, und spart somit auf diesen Prozessoren Rechenzeit. Es ist zu beachten, dass das VectorField in relativen Koordinaten angegeben werden muss, wie es z.B. optical_flow_mg liefert.

Parameter

- ▷ **VectorField** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* vector_field
  Eingabevektorfeld.
- ▷ **Length** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* real
  Länge der Vektoren des Vektorfeldes.

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Modus zur Berechnung der Länge der Vektoren.
Default: 'length'
Werteliste: Mode ∈ {'length', 'squared_length'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert vector_field_length den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

optical_flow_mg

Nachfolger

threshold

Modul

Foundation

11.12 Punkte

corner_response (Image : ImageCorner : Size, Weight :)

Suche von Ecken in Bildern.

corner_response ist ein Operator, um Grauwertecken in einem Bild zu extrahieren. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\begin{aligned} R(x,y) &= A(x,y) \cdot B(x,y) - C^2(x,y) - \texttt{Weight} \cdot (A(x,y) + B(x,y))^2 \\ A(x,y) &= W(u,v) * (\nabla_x I(x,y))^2 \\ B(x,y) &= W(u,v) * (\nabla_y I(x,y))^2 \\ C(c,y) &= W(u,v) * (\nabla_x I(x,y) \nabla_y I(x,y)) \end{aligned}$$

mit I: Eingabebild der Filterung, R: Ergebnisbild der Filterung, A und B: geglättete Richtungsableitungen, C: Glättung der Produkte der Richtungsableitungen. Zur Glättung (W) wird gauss_image, zur Berechnung der Ableitung (∇) wird sobel_amp verwendet.

Die Corner-Response-Funktion ist invariant gegenüber Rotation. Um eine günstige Abhängigkeit der Funktion $R(x,y)$ von den lokalen Gradienten zu erhalten, ist der Parameter Weight auf 0.04 zu setzen. Hiermit ergeben sich nur an Grauwertecken positive Werte für $R(x,y)$, während gerade Kanten negative Werte erhalten. Der Ausgabebildtyp ist identisch mit dem Eingabebildtyp. Bei Byte-Bildern als Eingabe werden also die negativen Werte auf 0 gesetzt. Falls dies nicht erwünscht ist, sollte das Bild mit convert_image_type in ein Real- oder Int2-Bild konvertiert werden.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int2 / real
Eingabebild.

▷ **ImageCorner** (output_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int2 / real
Ergebnis der Filterung.
Parameteranzahl: ImageCorner == Image

▷ **Size** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Gewünschte Filtergröße der Gaußmaske.
Default: 3
Wertevorschläge: `Size` ∈ {3, 5, 7, 9, 11}

▷ **Weight** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Gewichtung.
Default: 0.04
Wertebereich: 0.0 ≤ `Weight` ≤ 0.3
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 0.01

Beispiel

```
read_image(&Fabrik,"fabrik");
corner_response(Fabrik,&CornerResponse,3,0.04);
local_max(CornerResponse,&LocalMax);
disp_image(Fabrik,WindowHandle);
set_color(WindowHandle,"red");
disp_region(LocalMax,WindowHandle);
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

`local_max`, `threshold`

Siehe auch

`gauss_filter`, `sobel_amp`, `convert_image_type`

Literatur

C.G. Harris, M.J. Stephens, „A combined corner and edge detector“; Proc. of the 4th Alvey Vision Conference; August 1988; pp. 147-152.

H. Breit, „Bestimmung der Kameraeigenbewegung und Gewinnung von Tiefendaten aus monokularen Bildfolgen“; Diplomarbeit am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik der TU München; 30. September 1990.

Modul

Foundation

dots_image (Image : DotImage : Diameter, FilterType, PixelShift :)

Hervorheben von kreisförmigen Punkten.

`dots_image` hebt kreisförmige Punkte des Durchmessers `Diameter` in dem Eingabebild `Image` hervor. `dots_image` ist damit insbesondere zur Segmentierung von Nadeldrucken, z.B. in OCR-Anwendungen, geeignet. Die Hervorhebung geschieht durch Faltung mit einer an die Punktgröße angepassten Filtermaske. Für `Diameter` = 5 sieht sie z.B. wie folgt aus:

$$\frac{1}{336}\begin{pmatrix} & & -21 & -21 & -21 & & \\ & -21 & 16 & 16 & 16 & -21 & \\ -21 & 16 & 16 & 16 & 16 & 16 & -21 \\ -21 & 16 & 16 & 16 & 16 & 16 & -21 \\ -21 & 16 & 16 & 16 & 16 & 16 & -21 \\ & -21 & 16 & 16 & 16 & -21 & \\ & & -21 & -21 & -21 & & \end{pmatrix}$$

Mit dem Parameter `FilterType` kann gewählt werden, ob dunkle (*'dark'*), helle (*'light'*) oder alle (*'all'*) Punkte hervorgehoben werden sollen. Der `PixelShift` kann verwendet werden, um den Kontrast des Ausgabebildes zu erhöhen (`PixelShift` > 0) oder mögliche abgeschnittene Extremalwerte zu dämpfen (`PixelShift` $= -1$).

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **`DotImage`** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Ausgabebild.
- ▷ **`Diameter`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Durchmesser der hervorzuhebenden Punkte.
  Default: 5
  Werteliste: `Diameter` ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23}
- ▷ **`FilterType`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Detektion aller, heller oder dunkler Punkte.
  Default: 'light'
  Werteliste: `FilterType` ∈ {'dark', 'light', 'all'}
- ▷ **`PixelShift`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Shift der Filterantwort.
  Default: 0
  Werteliste: `PixelShift` ∈ {-1, 0, 1, 2}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

`threshold`

Alternativen

`laplace`, `laplace_of_gauss`, `diff_of_gauss`, `derivate_gauss`, `convol_image`

Modul

Foundation

```
points_foerstner ( Image : : SigmaGrad, SigmaInt, SigmaPoints,
    ThreshInhom, ThreshShape, Smoothing,
    EliminateDoublets : RowJunctions, ColumnJunctions, CoRRJunctions,
    CoRCJunctions, CoCCJunctions, RowArea, ColumnArea, CoRRArea,
    CoRCArea, CoCCArea )
```

Suche nach signifikanten Punkten mittels des Förstner-Operators.

points_foerstner extrahiert signifikante Punkte aus einem Bild. Signifikante Punkte sind Punkte im Bild, die sich von ihrer Umgebung unterscheiden, also Punkte, an denen sich das Bildsignal zweidimensional ändert. Diese Änderung tritt zum einen an den Schnittpunkte von Grauwertkanten auf (sogenannte Kreuzungspunkte), zum anderen an Stellen, deren Farbe oder Helligkeit sich von ihrer Umgebung unterscheidet (sogenannte Flächenpunkte).

Die Punktextraktion erfolgt in zwei Stufen: Im ersten Schritt werden die Punktregionen, also inhomogene Regionen mit hoher Isotropie, aus dem Eingabebild extrahiert. Dazu wird die geglättete Matrix

$$M = S * \begin{pmatrix} \sum_{c=1}^{n} I_{x,c}^2 & \sum_{c=1}^{n} I_{x,c} I_{y,c} \\ \sum_{c=1}^{n} I_{x,c} I_{y,c} & \sum_{c=1}^{n} I_{y,c}^2 \end{pmatrix}$$

berechnet, wobei $I_{x,c}$ und $I_{y,c}$ für die ersten Ableitungen der einzelnen Bildkanäle und S für eine Glättung stehen. Wird Smoothing auf *'gauss'* gesetzt, dann werden die Ableitungen mit einem Gaußfilter der Größe SigmaGrad berechnet und die Glättung erfolgt durch einen Gaußfilter der Größe SigmaInt. Wird Smoothing auf *'mean'* gesetzt, werden die Ableitungen mit einem 3×3 Sobelfilter berechnet (SigmaGrad wird ignoriert) und die Glättung erfolgt durch einen SigmaInt $\times$ SigmaInt Mittelwertfilter. Dabei ist

$$\textit{Inhomogenität} = \mathrm{Spur}M$$

das Maß für die Inhomogenität im Bild und

$$\textit{Isotropie} = 4 \cdot \frac{\mathrm{Det}M}{(\mathrm{Spur}M)^2}$$

das Maß der Isotropie der Textur im Bild. Bildpunkte, deren Inhomogenität größer oder gleich ThreshInhom und deren Isotropie gleichzeitig größer oder gleich ThreshShape ist, werden im Anschluss weiter untersucht.

Im zweiten Schritt werden für diese Punkte zwei Optimierungsfunktionen berechnet. Diese Optimierungsfunktionen geben im Wesentlichen für jeden Bildpunkt die durchschnittlichen Abstände zu den Kanten- (Kreuzungspunkte) bzw. Gradientenrichtungen (Flächenpunkte) innerhalb eines Beobachtungsfensters um den Punkt wieder. Für Smoothing = *'gauss'* erfolgt die Durchschnittsbildung mit einem Gaußfilter der Größe SigmaPoints. Für Smoothing = *'mean'* erfolgt die Durchschnittsbildung mit einem SigmaPoints $\times$ SigmaPoints Mittelwertfilter. Die lokalen Minima der Optimierungsfunktionen ergeben die signifikanten Punkte. Ihre Position wird subpixelgenau in (RowJunctions, ColumnJunctions) und (RowArea, ColumnArea) zurückgegeben.

Neben der Position werden für jeden gefundenen Punkt auch die Elemente CoRRJunctions, CoRCJunctions und CoCCJunctions (bzw. CoRRArea, CoRCArea und CoCCArea) seiner Kovarianzmatrix zurückgegeben. Diese erlaubt Rückschlüsse auf die Genauigkeit der gefundenen Punktposition. Um die tatsächlichen Werte zu erhalten, ist es notwendig, im Eingabebild die Stärke des Rauschens zu ermitteln und anschließend alle Komponenten der Kovarianzmatrix mit der Varianz des Rauschens zu multiplizieren. (Die Stärke des Rauschens ermittelt man z.B., indem man auf Bildbereiche mit konstantem Grauwert intensity oder auf Bildbereiche mit einem rampenförmigen Grauwertverlauf plane_deviation anwendet. In beiden Fällen wird die Stärke des Rauschens im Parameter Deviation zurückgegeben.) Das Beispielprogramm points_foerstner_ellipses.hdev illustriert diesen Sachverhalt.

Es liegt in der Natur dieses Operators, dass an Ecken häufig zwei separate Punkte erkannt werden: Ein Kreuzungspunkt im Schnittpunkt der Kanten der Ecke und ein Flächenpunkt etwas weiter im Inneren der Ecke. Solche Dopplungen werden automatisch eliminiert, wenn man EliminateDoublets auf *'true'* setzt. Dazu werden alle möglichen Paare von jeweils einem Kreuzungs- und Flächenpunkt untersucht. Liegen die Punkte innerhalb des Beobachtungsfensters der Optimierungsfunktion des jeweiligen anderen Punktes, dann wird für beide Punkte die Genauigkeit ihrer Position berechnet und der Punkt mit der geringeren Genauigkeit verworfen. Ist EliminateDoublets *'false'*, so werden alle gefundenen Punkte zurückgegeben.

Achtung

Es ist zu beachten, dass für Smoothing = *'mean'*, nur ungerade Werte für SigmaInt und SigmaPoints zulässig sind. Gerade Werte werden automatisch durch den nächstgrößeren ungeraden Wert ersetzt.

points_foerstner mit Smoothing = *'gauss'* wird durch SSE2 Instruktionen beschleunigt, falls der Systemparameter *'sse2_enable'* auf *'true'* gesetzt ist (dies ist Standard, sofern SSE2 auf Ihrem Rechner verfügbar ist). Diese Implementierung ist aufgrund numerischer Probleme im Vergleich zur reinen C Version etwas

ungenauer (für 'byte' Bilder bewegt sich der Unterschied von RowJunctions und ColumnJunctions in einer Größenordnung von $1.0e-5$). Falls für Ihre Anwendung Genauigkeit wichtiger ist als Geschwindigkeit können Sie *'sse2_enable'* auf *'false'* setzen, bevor Sie points_foerstner aufrufen. Dadurch verwendet points_foerstner keine SSE2 Beschleunigungen. Vergessen Sie nicht *'sse2_enable'* danach wieder auf *'true'* zu setzen.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **SigmaGrad** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Stärke der Glättung zur Berechnung des Gradienten. Für Smoothing = 'mean' wird SigmaGrad ignoriert.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: SigmaGrad ∈ {0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 3.0}
  Wertebereich: 0.0 ≤ SigmaGrad
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
- ▷ **SigmaInt** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Stärke der Glättung zur Integration der Gradienten.
  Default: 2.0
  Wertevorschläge: SigmaInt ∈ {0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 3.0}
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
  Restriktion: SigmaInt > 0
- ▷ **SigmaPoints** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Stärke der Glättung in den Optimierungsfunktionen.
  Default: 3.0
  Wertevorschläge: SigmaPoints ∈ {0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 3.0}
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
  Restriktion: SigmaPoints >= SigmaInt && SigmaPoints > 0.6
- ▷ **ThreshInhom** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Schwellenwert zur Bestimmung inhomogener Bildbereiche.
  Default: 200
  Wertevorschläge: ThreshInhom ∈ {50, 100, 200, 500, 1000}
  Wertebereich: 0.0 ≤ ThreshInhom
- ▷ **ThreshShape** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Schwellenwert zur Bestimmung der Punktregionen.
  Default: 0.3
  Wertevorschläge: ThreshShape ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.7}
  Wertebereich: 0.01 ≤ ThreshShape ≤ 1
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
- ▷ **Smoothing** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Verwendetes Glättungsverfahren.
  Default: 'gauss'
  Werteliste: Smoothing ∈ {'gauss', 'mean'}
- ▷ **EliminateDoublets** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Beseitigung mehrfach erkannter Punkte.
  Default: 'false'
  Werteliste: EliminateDoublets ∈ {'false', 'true'}
- ▷ **RowJunctions** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinaten der gefundenen Kreuzungspunkte.
- ▷ **ColumnJunctions** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinaten der gefundenen Kreuzungspunkte.
- ▷ **CoRRJunctions** (output_control) ..... number-array ⇝ *real*
  Zeilenanteil der Kovarianzmatrix der gefundenen Kreuzungspunkte.
- ▷ **CoRCJunctions** (output_control) ..... number-array ⇝ *real*
  Gemischter Anteil der Kovarianzmatrix der gefundenen Kreuzungspunkte.

▷ **CoCCJunctions** (output_control) ..... number-array ⇝ *real*
Spaltenanteil der Kovarianzmatrix der gefundenen Kreuzungspunkte.

▷ **RowArea** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten der gefundenen Flächenpunkte.

▷ **ColumnArea** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten der gefundenen Flächenpunkte.

▷ **CoRRArea** (output_control) ..... number-array ⇝ *real*
Zeilenanteil der Kovarianzmatrix der gefundenen Flächenpunkte.

▷ **CoRCArea** (output_control) ..... number-array ⇝ *real*
Gemischter Anteil der Kovarianzmatrix der gefundenen Flächenpunkte.

▷ **CoCCArea** (output_control) ..... number-array ⇝ *real*
Spaltenanteil der Kovarianzmatrix der gefundenen Flächenpunkte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert `points_foerstner` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

`gen_cross_contour_xld`, `disp_cross`

Alternativen

`points_harris`, `points_lepetit`, `points_harris_binomial`

Literatur

W. Förstner, E. Gülch: „A Fast Operator for Detection and Precise Location of Distinct Points, Corners and Circular features“. In Proceedings of the Intercommission Conference on Fast Processing of Photogrametric Data, Interlaken, pp. 281-305, 1987.

W. Förstner: „Statistische Verfahren für die automatische Bildanalyse und ihre Bewertung bei der Objekterkennung und -vermessung“. Volume 370, Series C, Deutsche Geodätische Kommission, München, 1991.

W. Förstner: „A Framework for Low Level Feature Extraction“. European Conference on Computer Vision, LNCS 802, pp. 383-394, Springer Verlag, 1994.

C. Fuchs: „Extraktion polymorpher Bildstrukturen und ihre topologische und geometrische Gruppierung“. Volume 502, Series C, Deutsche Geodätische Kommission, München, 1998.

Modul

Foundation

points_harris (Image : : SigmaGrad, SigmaSmooth, Alpha, Threshold : Row, Column)

Suche nach signifikanten Punkten mittels des Harris-Operators.

`points_harris` extrahiert signifikante Punkte aus einem Bild. Der Harris Operator-basiert auf der geglätteten Matrix

$$M = G_\sigma * \begin{pmatrix} \sum_{c=1}^{n} I_{x,c}^2 & \sum_{c=1}^{n} I_{x,c} I_{y,c} \\ \sum_{c=1}^{n} I_{x,c} I_{y,c} & \sum_{c=1}^{n} I_{y,c}^2 \end{pmatrix} ,$$

wobei G_σ für eine Gaußsche Glättung der Größe SigmaSmooth und $I_{x,c}$ und $I_{y,c}$ für die ersten Ableitungen der einzelnen Bildkanäle stehen. Die Ableitungen werden mittels eines Gaußfilters der Größe SigmaGrad implementiert. Die resultierenden Punkte sind dann die positiven lokalen Maxima von

$$\mathrm{Det}M - \texttt{Alpha} * (\mathrm{Spur}M)^2.$$

Nötigenfalls können die extrahierten Punkte auf diejenigen mit einer minimalen Filterantwort von Threshold eingeschränkt werden. Die Koordinaten der Punkte werden mit Subpixelgenauigkeit berechnet.

Achtung

points_harris wird durch SSE2 Instruktionen beschleunigt, falls der Systemparameter *'sse2_enable'* auf *'true'* gesetzt ist (dies ist Standard, sofern SSE2 auf Ihrem Rechner verfügbar ist). Diese Implementierung ist aufgrund numerischer Probleme im Vergleich zur reinen C Version etwas ungenauer (für 'byte' Bilder bewegt sich der Unterschied von Row und Column in einer Größenordnung von $1.0e-5$). Falls für Ihre Anwendung Genauigkeit wichtiger ist als Geschwindigkeit können Sie *'sse2_enable'* auf *'false'* setzen, bevor Sie points_harris aufrufen. Dadurch verwendet points_harris keine SSE2 Beschleunigungen. Vergessen Sie nicht *'sse2_enable'* danach wieder auf *'true'* zu setzen.

points_harris kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden, sofern SigmaGrad und SigmaSmooth zu einer Filtergröße kleiner gleich 129 Pixeln führen. Dies entspricht einem Wert kleiner 20.7 für beide Parameter. Wie bei der SSE2-Variante kann es zu geringfügigen Unterschieden zwischen dem Ergebnis der OpenCL-Implementierung und dem der reinen C-Implementierung kommen.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **SigmaGrad** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Stärke der Glättung zur Berechnung des Gradienten.
  Default: 0.7
  Wertevorschläge: SigmaGrad ∈ {0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 3.0}
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
  Restriktion: SigmaGrad > 0.0
- ▷ **SigmaSmooth** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Stärke der Glättung zur Integration der Gradienten.
  Default: 2.0
  Wertevorschläge: SigmaSmooth ∈ {0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 3.0}
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
  Restriktion: SigmaSmooth > 0.0
- ▷ **Alpha** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Gewichtung der quadrierten Spur der Matrix der quadrierten Gradienten.
  Default: 0.08
  Wertevorschläge: Alpha ∈ {0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08}
  Wertebereich: 0.0 ≤ Alpha
  Minimale Schrittweite: 0.001
  Empfohlene Schrittweite: 0.01
- ▷ **Threshold** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Minimale Filterantwort der Punkte.
  Default: 1000.0
  Restriktion: Threshold >= 0.0
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinaten der gefundenen Punkte.
- ▷ **Column** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinaten der gefundenen Punkte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert points_harris den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels

set_system('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

gen_cross_contour_xld

Alternativen

points_foerstner, points_lepetit, points_harris_binomial

Literatur

C. Harris, M. Stephens: „A combined corner and edge detector“. Proceedings of the 4th Alvey Vision Conference, pp. 147-151, 1988.

V. Gouet, N.Boujemaa: „Object-based queries using color points of interest“. IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries, CVPR/CBAIVL 2001, Hawaii, USA, 2001.

Modul

Foundation

points_harris_binomial (Image : : MaskSizeGrad, MaskSizeSmooth, Alpha, Threshold, Subpix : Row, Column)

Suche nach signifikanten Punkten mittels der binomialen Approximation des Harris-Operators.

points_harris_binomial extrahiert signifikante Punkte aus dem Bild Image. Der Harris Operator-basiert auf der geglätteten Matrix

$$M = G_\sigma * \begin{pmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{pmatrix} ,$$

wobei G_σ für eine Binomiale Glättung der Größe MaskSizeSmooth und I_x und I_y für die ersten Ableitungen des Bildes stehen. Die Ableitungen werden mittels eines Sobelfilters der Größe MaskSizeGrad implementiert. Die resultierenden Punkte sind dann die positiven lokalen Maxima von

$$\mathrm{Det}M - \texttt{Alpha} * (\mathrm{Spur}M)^2.$$

Nötigenfalls können die extrahierten Punkte auf diejenigen mit einer minimalen Filterantwort von Threshold eingeschränkt werden. Die Koordinaten der Punkte können durch setzen des Parameters Subpix auf 'on' (Default) mit Subpixelgenauigkeit berechnet werden. Die Subpixelverfeinerung ist jedoch durch setzen des Parameters auf 'off' auch abschaltbar.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild.

▷ **MaskSizeGrad** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Stärke der Glättung (Binomial) zur Berechnung des Gradienten.
Default: 5
Wertevorschläge: MaskSizeGrad ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 15, 21, 31}
Wertebereich: 1 ≤ MaskSizeGrad
Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **MaskSizeSmooth** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Stärke der Glättung zur Integration der Gradienten.
Default: 15
Wertevorschläge: MaskSizeSmooth ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 15, 21, 31}
Wertebereich: 1 ≤ MaskSizeSmooth
Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **Alpha** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Gewichtung der quadrierten Spur der Matrix der quadrierten Gradienten.
Default: 0.08
Wertevorschläge: Alpha ∈ {0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08}
Wertebereich: 0.0 ≤ Alpha
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 0.01

▷ **Threshold** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Minimale Filterantwort der Punkte.
Default: 1000.0
Wertebereich: 0.0 ≤ Threshold

▷ **Subpix** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Subpixelgenauigkeit der Filterantworten an oder abschalten.
Default: 'on'
Werteliste: Subpix ∈ {'on', 'off'}

▷ **Row** (output_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten der gefundenen Punkte.

▷ **Column** (output_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten der gefundenen Punkte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert points_harris den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

gen_cross_contour_xld

Alternativen

points_foerstner, points_harris, points_lepetit, points_sojka

Literatur

C. Harris, M. Stephens: „A combined corner and edge detector“. Proceedings of the 4th Alvey Vision Conference, pp. 147-151, 1988.

V. Gouet, N.Boujemaa: „Object-based queries using color points of interest“. IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries, CVPR/CBAIVL 2001, Hawaii, USA, 2001.

Modul

Foundation

points_lepetit (Image : : Radius, CheckNeighbor, MinCheckNeighborDiff, MinScore, Subpix : Row, Column)

Suche nach signifikanten Punkten mittels des Lepetit-Operators.

points_lepetit extrahiert signifikante Punkte wie z.B. Ecken aus dem Bild Image. Dazu wird Image zunächst mit einem 3x3 Medianfilter geglättet. Anschließend werden alle Grauwerte auf einem Kreis mit dem Radius

Radius um einen Interestpunktkandidaten (m) betrachtet. Es werden die absoluten Differenzen zweier auf dem Kreis diagonal gegenüberliegenden Grauwerte (m1, m2) zu dem des zentralen Pixels m gebildet. Mindestens eine dieser Differenzen muss dabei größer als MinCheckNeighborDiff sein. Alle sich gegenüber liegenden Kreispunkte müssen diese Bedingung erfüllen. Um die Detektion von Punkten entlang von leicht gekrümmten Kanten (Aliasing) zu verhindern, ist es möglich, zusätzliche Differenzen von CheckNeighbor Kreisnachbarpixeln von m1 und m2 zum Zentrum zu bilden, die ebenfalls obiges Kriterium erfüllen. Durch Bildung aller Grauwertdifferenzen der Kreispunkte zum Zentrum wird ein mittlerer Grauwertunterschied berechnet. Dieser Wert muss größer MinScore sein und ermöglicht eine Restriktion auf Punkte hohen Kontrasts. Mit Hilfe der Berechnung aller mittleren Grauwertunterschiede in der Achternachbarschaft des Interestpunktes ist es möglich eine quadratische Gleichung anzupassen. Durch Ermittlung des Maximums dieser Funktion kann die Position des Interestpunktes auf Subpixelgenauigkeit verfeinert werden. Durch das Setzen des Parameters Subpix auf 'interpolation' (Default) oder 'none' kann dieses Verhalten an- bzw. ausgeschaltet werden. Die so ermittelten Punkte werden in Row und Column übergeben. Der Operator points_lepetit kann für eine besonders schnelle Extraktion signifikanter Punkte verwendet werden. Jedoch sind die extrahierten Punkte weniger Robust, als solche, die z.B. mit Hilfe von points_harris gefunden werden.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **Radius** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Der Radius des Kreises.
  Default: 3
  Wertevorschläge: Radius ∈ {3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15}
- ▷ **CheckNeighbor** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Die Anzahl von untersuchten Nachbarpixeln auf dem Kreis.
  Default: 1
  Wertevorschläge: CheckNeighbor ∈ {1, 2, 3, 5}
- ▷ **MinCheckNeighborDiff** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Schwellenwert der Grauwertdifferenz zu jedem einzelnen Kreispunkt.
  Default: 15
  Wertevorschläge: MinCheckNeighborDiff ∈ {10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 60, 80}
- ▷ **MinScore** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Schwellenwert der Grauwertdifferenz zu allen Kreispunkten.
  Default: 30
  Wertevorschläge: MinScore ∈ {5, 10, 15, 20, 25, 30}
- ▷ **Subpix** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Subpixelgenaue Punktkoordinaten.
  Default: 'interpolation'
  Werteliste: Subpix ∈ {'none', 'interpolation'}
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *integer* / real
  Zeilenkoordinaten der detektierten Punkte.
- ▷ **Column** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *integer* / real
  Spaltenkoordinaten der detektierten Punkte.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

gauss_filter

Alternativen

points_foerstner, points_harris, points_harris_binomial, points_sojka

Modul

Foundation

points_sojka (Image : : MaskSize, SigmaW, SigmaD, MinGrad, MinApparentness, MinAngle, Subpix : Row, Column)

Findet Ecken mit dem Sojka-Operator.

points_sojka definiert eine Ecke als den Schnittpunkt zweier gerader, nicht kollinearer Grauwertkanten. Es wird für jeden Bildpunkt im Eingabebild Image eine Nachbarschaft von MaskSize × MaskSize Punkten betrachtet, um zu entscheiden, ob es sich dabei um einen Eckpunkt handeln kann. Innerhalb dieser Umgebung werden wiederum nur diejenigen Bildbereiche berücksichtigt, die für diese Entscheidung relevant sind. Pixel, in denen der Gradient nicht mindestens MinGrad beträgt, werden von vornherein verworfen.

Weiterhin werden von den verbliebenen Punkten nur diejenigen verwendet, die zu einer der beiden Grauwertkanten gehören, die die Ecke bilden. Dazu wird die sogenannte *Apparentness* berechnet, die ein Maß für die Wahrscheinlichkeit ist, dass der untersuchte Punkt tatsächlich ein Eckpunkt ist. Sie wird im Wesentlichen durch die Anzahl der relevanten Punkte und die Stärke der Grauwertgradienten in ihnen bestimmt. Ein Punkt wird nur dann als Ecke akzeptiert, wenn seine *Apparentness* mindestens MinApparentness ist. Typische Werte für MinApparentness liegen in der Größenordnung von wenigen Vielfachen von MinGrad.

Um die *Apparentness* zu berechnen, wird jeder Punkt noch nach zwei Kriterien gewichtet: Zum Einen wird der Abstand des Punktes zur (vermuteten) idealen Grauwertkante abgeschätzt und der Punkt mit einer Gaußfunktion der Größe SigmaD entsprechend diesem Abstand gewichtet. D.h. Pixel, die auf Grund der Diskretisierung des Eingabebildes von der idealen Grauwertkante weiter entfernt sind, haben einen geringeren Einfluss auf das Ergebnis, als solche mit einem geringeren Abstand. Im Allgemeinen ist es nicht notwendig, den Defaultwert *0.75* von SigmaD zu ändern. Zum Anderen wird der Einfluss eines Maskenpunkts mit einer Gaußfunktion der Größe SigmaW entsprechend seiner Entfernung zum möglichen Eckpunkt gewichtet. Um ein vernünftiges Verhältnis der Größe der Gewichtungsfunktion zur Maskengröße MaskSize zu erhalten, sollte SigmaW in etwa ein Viertel bis die Hälfte von MaskSize betragen.

Als weiteres Entscheidungskriterium wird noch der Winkel, um den sich die Richtung der Grauwertkanten im Eckpunkt verändert, berechnet. Ein Punkt kann nur als Ecke akzeptiert werden, wenn dieser Winkel größer als MinAngle ist.

Die Positionen der gefundenen Eckpunkte werden in (Row, Column) zurückgegeben. Je nach dem ob Subpix *'true'* oder *'false'* ist, werden Row und Column subpixelgenau berechnet oder nicht.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
  Eingabebild.
- **MaskSize** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Gewünschte Filtergröße.
  Default: 9
  Werteliste: MaskSize ∈ {5, 7, 9, 11, 13}
- **SigmaW** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Sigma der Gewichtungsfunktion entsprechend der Entfernung zum möglichen Eckpunkt.
  Default: 2.5
  Wertevorschläge: SigmaW ∈ {2.0, 2.2, 2.4, 2.5, 2.6, 2.8, 3.0}
  Restriktion: 2.0 <= SigmaW && SigmaW <= 3.0
- **SigmaD** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Sigma der Gewichtungsfunktion für den Abstand zur idealen Grauwertkante.
  Default: 0.75
  Wertevorschläge: SigmaD ∈ {0.6, 0.7, 0.75, 0.8, 0.9, 1.0}
  Restriktion: 0.6 <= SigmaD && SigmaD <= 1.0

▷ **MinGrad** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Schwelle für die Stärke das Gradienten.
Default: 30.0
Wertevorschläge: `MinGrad` ∈ {20.0, 15.0, 30.0, 35.0, 40.0}

▷ **MinApparentness** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Schwelle für *Apparentness*.
Default: 90.0
Wertevorschläge: `MinApparentness` ∈ {30.0, 60.0, 90.0, 150.0, 300.0, 600.0, 1500.0}

▷ **MinAngle** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
Schwelle für die Richtungsänderung in einem Eckpunkt (Bogenmaß).
Default: 0.5
Restriktion: 0.0 <= MinAngle && MinAngle <= pi

▷ **Subpix** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Subpixelgenaue Berechnung der Eckpunkte.
Default: 'false'
Werteliste: `Subpix` ∈ {'false', 'true'}

▷ **Row** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten der gefundenen Eckpunkte.

▷ **Column** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten der gefundenen Eckpunkte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert `points_sojka` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Literatur

Eduard Sojka: „A New and Efficient Algorithm for Detecting the Corners in Digital Images“. Pattern Recognition, Luc Van Gool (Editor), LNCS 2449, pp. 125-132, Springer Verlag, 2002.

Modul

Foundation

11.13 Rauschen

add_noise_distribution (Image : ImageNoise : Distribution :)

Synthetisches Verrauschen eines Bildes.

`add_noise_distribution` Überlagert das Eingabebild (`Image`) mit Rauschen, das der Verteilung von `Distribution` entspricht. Es erfolgt ein Clipping der resultierenden Grauwerte auf den Bereich des entsprechenden Pixeltyps.

Die Verteilung wird in einem Tupel der Länge 513 übergeben. Die einzelnen Werte dieses Tupels legen die Häufigkeit der Pixel fest, die mit einer bestimmten Amplitude verrauscht werden. Diese Amplitude ist durch die Position des Häufigkeitswertes im Tupel festgelegt. Der mittlere Wert, d.h., der Wert an der Position 256 des Tupels legt die Häufigkeit der Pixel fest, deren Grauwert nicht verändert wird. Der Wert an der Position 255 des Tupels legt die Häufigkeit der Pixel fest, deren Grauwert um 1 verringert wird. Der Wert an der Position 254 legt die Häufigkeit der Pixel fest, deren Grauwert um 2 verringert wird, usw. Analog hierzu legt der Wert an der Position 257 die Häufigkeit der Pixel fest, deren Grauwert um 1 erhöht wird.

Wenn maximal ein Wert an einer Position kleiner als 256 und maximal ein Wert an einer Position größer als 256 ungleich Null ist, so stellt die Verteilung `Distribution` eine Salz und Pfeffer-Verteilung dar. Im Falle einer

Salz und Pfeffer-Verteilung werden die verrauschten Pixel auf den minimalen (Pfeffer) bzw. maximalen (Salz) Grauwert gesetzt der in dem Ausgabebild ImageNoise darstellbar ist, wenn die Häufigkeit von Pfeffer durch den Wert an der Position 0 bzw. die Häufigkeit von Salz durch den Wert an der Position 512 im Tupel definiert ist.

Die Verrauschung wird mit Hilfe der C-Funktion „drand48()“ generiert. Für Informationen zu den verwendeten Seeds siehe den Parameter *'seed_rand'* in set_system.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2
  Bild, das verrauscht werden soll.
- ▷ **ImageNoise** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2
  Verrauschtes Bild.
  Parameteranzahl: ImageNoise == Image
- ▷ **Distribution** (input_control) . . . . . distribution.values-array ⇝ *real*
  Rauschverteilung.
  Parameteranzahl: 513

Beispiel

```
read_image(Image,'mreut')
dev_display (Image)
sp_distribution(30,30,Dist)
add_noise_distribution(Image,ImageNoise,Dist)
dev_display (ImageNoise)
```

Ergebnis

add_noise_distribution liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Vorgänger

gauss_distribution, sp_distribution, noise_distribution_mean

Alternativen

add_noise_white

Siehe auch

sp_distribution, gauss_distribution, noise_distribution_mean, add_noise_white

Modul

Foundation

add_noise_white (Image : ImageNoise : Amp :)

Synthetisches Verrauschen eines Bildes.

add_noise_white überlagert das Bild (Image) mit im Intervall [-Amp,Amp] gleichverteiltem, mittelwertfreiem, weißem Rauschen. Anschließend erfolgt ein Clipping der resultierenden Grauwerte auf den Bereich des entsprechenden Pixeltyps.

Die Verrauschung wird mit Hilfe der C-Funktion „drand48()“ generiert. Für Informationen zu den verwendeten Seeds siehe den Parameter *'seed_rand'* in set_system.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
Bild, das verrauscht werden soll.

▷ **ImageNoise** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
Verrauschtes Bild.
Parameteranzahl: ImageNoise == Image

▷ **Amp** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Additives Rauschen (in [-Amp,Amp] gleichverteilt)
Default: 60.0
Wertevorschläge: `Amp` ∈ {1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0, 60.0, 90.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Amp
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 10.0

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
dev_display (Image)
add_noise_white(Image,ImageNoise,90)
dev_display (ImageNoise)
```

Ergebnis

`add_noise_white` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Alternativen

`add_noise_distribution`

Siehe auch

`add_noise_distribution`, `noise_distribution_mean`, `gauss_distribution`, `sp_distribution`

Modul

Foundation

gauss_distribution (: : Sigma : Distribution)

Erzeugung einer Gaußschen Rauschverteilung.

`gauss_distribution` erzeugt eine Rauschverteilung mit der Verteilung einer Gaußglocke. Dabei gibt der Parameter `Sigma` die Standardabweichung des Rauschens an. Das Ergebnis (`Distribution`) dient in der Regel als Eingabe für den Befehl `add_noise_distribution`.

Parameter

▷ **Sigma** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Standardabweichung der Verteilung.
Default: 2.0
Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {1.5, 2.0, 3.0, 5.0, 10.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ `Sigma` ≤ 100.0
Minimale Schrittweite: 0.1
Empfohlene Schrittweite: 1.0

▷ **Distribution** (output_control) . . . . . distribution.values-array ⇝ *real*
Zu berechnende Gaußverteilung.
Parameteranzahl: 513

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
dev_display (Image)
gauss_distribution(30,Dist)
add_noise_distribution(Image,ImageNoise,Dist)
dev_display (ImageNoise)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`add_noise_distribution`

Alternativen

`sp_distribution`, `noise_distribution_mean`

Siehe auch

`sp_distribution`, `add_noise_white`, `noise_distribution_mean`

Modul

Foundation

noise_distribution_mean (ConstRegion, Image : : FilterSize : Distribution)

Rauschverteilung eines Bildes bestimmen.

`noise_distribution_mean` berechnet die Rauschverteilung in einem Ausschnitt des Bildes `Image`. Der Parameter `ConstRegion` gibt den Bereich in dem Bild an, der nicht strukturiert ist. Die Grauwerte sollten hier also näherungsweise konstant sein. Die Abweichungen in den Grauwerten werden hier nur durch Rauschen erzeugt. Die Rauschverteilung wird bestimmt, indem das Bild mit dem Mittelwertfilter (`mean_image`) geglättet und dann die punktweise Differenzen der Grauwerte (Original minus Mittelwertbild) bestimmt werden. Die Häufigkeit der auftretenden Differenzen werden in dem Parameter `Distribution` übergeben.

Achtung

Es ist zu beachten, dass die Region in `ConstRegion` nicht zu dicht an einen Grauwertgradienten angrenzt, da durch die Mittelung auch die Nachbarschaft mit einbezogen wird. Konkret heißt das, dass der Abstand vom Rand zu einer Kante so groß wie die Maskengröße der Mittelung `FilterSize` sein muss.

Parameter

▷ **ConstRegion** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Zu analysierende Regionen mit konstanten Grauwerten.

▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte
Zugehöriges Bild.

▷ **FilterSize** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Filtergröße des Mittelwertfilters.
Default: 21
Wertevorschläge: `FilterSize` ∈ {5, 11, 15, 21, 31, 51, 101}
Wertebereich: 3 ≤ `FilterSize` ≤ 501 (lin)
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **Distribution** (output_control) . . . . . distribution.values-array ⇝ *real*
Rauschverteilung aller Eingaberegionen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

draw_region, gen_circle, gen_ellipse, gen_rectangle1, gen_rectangle2, threshold, erosion_circle, binomial_filter, gauss_filter, smooth_image, sub_image

Nachfolger

add_noise_distribution

Siehe auch

mean_image, gauss_distribution

Modul

Foundation

sp_distribution (: : PercentSalt, PercentPepper : Distribution)

Erzeugung einer Salz- und Pfeffer- Rauschverteilung.

sp_distribution erzeugt eine Rauschverteilung mit Rauschwerten von 0 und 255. Die Parameter PercentSalt und PercentPepper geben dabei an, wie viel Prozent weiße und schwarze Punkte auftreten sollen. Die Summe der Parameter muss kleiner als 100 sein. Das Ergebnis (Distribution) dient in der Regel als Eingabe für den Befehl add_noise_distribution.

Parameter

▷ **PercentSalt** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Prozentanteil von Salz im Rauschen.
Default: 5.0
Wertevorschläge: PercentSalt ∈ {1.0, 2.0, 5.0, 7.0, 10.0, 15.0, 20.0, 30.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ PercentSalt ≤ 100.0
Minimale Schrittweite: 0.1
Empfohlene Schrittweite: 1.0
Restriktion: PercentSalt + PercentPepper <= 100

▷ **PercentPepper** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Prozentanteil von Pfeffer im Rauschen.
Default: 5.0
Wertevorschläge: PercentPepper ∈ {1.0, 2.0, 5.0, 7.0, 10.0, 15.0, 20.0, 30.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ PercentPepper ≤ 100.0
Minimale Schrittweite: 0.1
Empfohlene Schrittweite: 1.0
Restriktion: PercentSalt + PercentPepper <= 100

▷ **Distribution** (output_control) . . . . . distribution.values-array ⇝ *real*
Zu berechnende Verteilung.
Parameteranzahl: 513

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
dev_display (Image)
sp_distribution(30,30,Dist)
add_noise_distribution(Image,ImageNoise,Dist)
dev_display (ImageNoise)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`add_noise_distribution`

Alternativen

`gauss_distribution`, `noise_distribution_mean`

Siehe auch

`gauss_distribution`, `noise_distribution_mean`, `add_noise_white`

Modul

Foundation

11.14 Sonstiges

`convol_channels` (`MultichannelImage : ImageSmoothed : Filter, Border : )`

Führt eine Faltung in Kanalrichtung durch.

`convol_channels` wendet den linearen Filter `Filter` in Kanalrichtung auf das Mehrkanalbild `MultichannelImage` an und gibt das Ergebnis in `ImageSmoothed` zurück. Jeder Pixel wird dabei unabhängig behandelt. Die Randbehandlung an den Rändern in Kanalrichtung kann in `Border` spezifiziert werden und setzt entweder den aktuellen Wert fort (*'constant'*) oder spiegelt die Werte (VaRef('mirror')).

Der Operator kann beispielsweise verwendet werden um Hyperspektralbilder über die Spektren zu glätten. Die Filterparameter können etwa mit `gen_savitzky_golay_filter` erzeugt werden.

Parameter

▷ **`MultichannelImage`** (input_object) . . . . . multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Zu glättendes Mehrkanalbild.

▷ **`ImageSmoothed`** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* real
Geglättetes Mehrkanalbild.

▷ **`Filter`** (input_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Filterkoeffizienten.

▷ **`Border`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Randbehandlung.
Default: 'constant'
Werteliste: `Border` ∈ {'constant', 'mirror'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`gen_savitzky_golay_filter`

Modul

Foundation

convol_image (Image : ImageResult : FilterMask, Margin :)

Berechnung der Korrelation eines Bildes mit einer linearen Maske.

convol_image berechnet die Korrelation des Eingabebildes Image mit einer Filtermaske. Die Filtermatrix, die durch FilterMask definiert ist, kann dabei entweder aus einer Datei oder einem Tupel generiert werden. Es kann bei der Filterung zwischen verschiedenen Randbehandlungen (Margin) gewählt werden:

Grauwert Bildpunkte außerhalb der Bildränder werden als konstant (mit dem angegebenen Grauwert) angenommen.

'continued' Fortsetzung der Randpunkte.

'cyclic' Zyklische Fortsetzung der Bildränder.

'mirrored' Spiegelung der Bildpunkte an den Bildrändern.

Für alle Positionen im Bild wird die Korrelation des Bildes mit der gegebenen Filtermaske berechnet. Ein evtl. auftretender Über- bzw. Unterlauf von Grauwerten wird beschnitten. Falls Filter verwendet werden, die negative Ausgabewerte erzeugen (z.B. Ableitungsfilter), sollte das Eingabebild ein Bild vom Typ int2 oder real sein.

Der Bezugspunkt der Filtermatrix, d.h. das Pixel, das an der Position liegt, für die gerade die Korrelation berechnet wird, wird wie folgt bestimmt: Erst wird die Region aller Filterpixel bestimmt, die ein Gewicht ungleich 0 haben. Dann wird der Schwerpunkt dieser Region berechnet und gerundet. Dieser Wert ist der Bezugspunkt der Filtermatrix.

Wird in FilterMask ein Dateiname übergeben, wird die Filtermatrix aus einer Textdatei mit folgender Struktur eingelesen:

⟨Matrixgröße⟩
⟨Inverser Gewichtungsfaktor⟩
⟨Matrix⟩

In der ersten Zeile steht die Größe der Filtermatrix, die durch zwei Zahlen (durch Leerzeichen getrennt) angegeben wird (z.B. 3 3 für 3×3). Dabei ist die erste Zahl die Höhe der Filtermaske und die zweite Zahl ihre Breite. In der nächsten Zeile steht eine ganze Zahl, durch die das Ergebnis der Matrizenberechnung für einen Bildpunkt dividiert wird. Ab der nächsten Zeile steht die Filtermatrix, die durch ganze Zahlen (getrennt durch Leerzeichen) angegeben wird. Pro Textzeile wird eine Matrixzeile angegeben. Die Dateiendung für die Filtermatrix ist in HALCON 'fil'. Diese kann beim Aufruf weggelassen werden. Soll die Filtermaske aus einem Tupel generiert werden, muss das in FilterMask übergebene Tupel ebenfalls dem oben beschriebenen Format genügen, mit dem Unterschied, dass in diesem Fall kein Zeilenumbruch notwendig ist.

Angenommen, man möchte beispielsweise die Filtermaske

$$\frac{1}{16}\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

verwenden. Soll die Filtermaske aus einer Datei generiert werden, muss die Datei wie folgt aussehen:

3 3
16
1 2 1
2 4 2
1 2 1

Soll die Filtermaske dagegen aus einem Tupel generiert werden, muss für FilterMask folgendes Tupel übergeben werden:

[3,3,16,1,2,1,2,4,2,1,2,1]

Es ist außerdem möglich, zwei Vektoren anstelle einer Matrix in FilterMask zu übergeben:

[MaskHeight,MaskWidth,Weight,V1,V2]

Das äußere Produkt dieser beiden Vektoren bildet dann die Filtermatrix:

$M := V1 * V1^T$

Das heißt, obige Matrix könnte auch wie folgt übergeben werden:

[3,3,16,1,2,1,1,2,1]

Ist `FilterMask` separierbar (dies wird automatisch detektiert), benutzt `convol_image` eine spezielle Implementierung, die signifikant schneller ist als die Filterung mit nicht separierbaren Masken.

Ist *'sse2_enable'* auf *'true'* gesetzt (und dieses SIMD Instruktionsset verfügbar), werden die internen Berechnungen für `byte` und `real` Bilder mit SIMD Technologie durchgeführt. Ist *'sse41_enable'* auf *'true'* gesetzt (und dieses SIMD Instruktionsset verfügbar), werden die internen Berechnungen für `int2` und `uint2` Bilder mit SIMD Technologie durchgeführt. Ist *'avx_enable'* auf *'true'* gesetzt (und dieses SIMD Instruktionsset verfügbar), werden die internen Berechnungen für `real` Bilder mit AVX SIMD Technologie durchgeführt für separierbare Filter mit *'mirrored'* Maske und nicht-separierbare Filter.

Achtung

Es ist zu beachten, dass `convol_image` nicht die Faltung des Eingabebildes mit der gegebenen Filtermaske berechnet, sondern die Korrelation. Die Filtermaske wird also nicht gespiegelt, sondern direkt verwendet.

`convol_image` kann bei Verwendung einer quadratischen 3x3 oder 5x5 Filtermaske und der Randbehandlung *'mirrored'* auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Bilder, deren Korrelation mit der Filtermaske berechnet werden.
- ▷ **`ImageResult`** (output_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
  Ergebnis der Korrelation.
- ▷ **`FilterMask`** (input_control) ..... filename.read(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Filtermaske als Dateiname oder Tupel.
  Default: 'sobel'
  Wertevorschläge: `FilterMask` ∈ {'sobel', 'laplace4', 'lowpas_3_3'}
  Dateiendung: `.fil`
- ▷ **`Margin`** (input_control) ..... string ⇝ *string* / integer / real
  Randbehandlung.
  Default: 'mirrored'
  Wertevorschläge: `Margin` ∈ {'mirrored', 'cyclic', 'continued', 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 255}

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Modul

Foundation

`deviation_n ( Image : ImageDeviation : : )`

Berechnet die Standardabweichung über mehrere Kanäle.

`deviation_n` erzeugt pixelweise die Standardabweichung eines mehrkanaligen Grauwertbildes. Für jeden Koordinatenpunkt p wird zunächst der Erwartungswert als arithmetisches Mittel berechnet:

$$E = \frac{\sum g_c(p)}{n}$$

wobei $g_c(p)$ den Grauwert im Kanal c an der Stelle p bezeichnet. n ist die Anzahl der Kanäle im Bild.

Die Standardabweichung selbst wird berechnet als:

$$s = 2 \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum (g_c(p) - E)^2}$$

Hinweis: Die berechneten Werte sind eine Schätzung der Standardabweichung aus einer Stichprobe. Der vorangestellte Faktor 2 dient der besseren Ausnutzung des Wertebereichs des Ausgabebildformats. Das Ausgabebild hat einen Grauwertkanal.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Mehrkanal-Grauwertbild.
- ▷ **ImageDeviation** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Ergebnis der Berechnung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`compose2`, `compose3`, `compose4`, `compose5`, `add_channels`

Siehe auch

`mean_n`

Modul

Foundation

`expand_domain_gray` (InputImage : ExpandedImage : ExpansionRange :)

Erweitern des Definitionsbereiches eines Bildes inklusive der Grauwerte.

`expand_domain_gray` expandiert die Grauwerte am Rand des Definitionsbereiches nach außen. Das Maß dieser Expansion wird durch den Parameter `ExpansionRange` festgelegt, der den Expansionsradius in Pixel beschreibt. Alle Filter in HALCON, die auf den Definitionsbereich des Bildes angewendet werden, beziehen abhängig von ihrer Filtergröße auch die Grauwerte einer bestimmten Anzahl von Pixeln außerhalb des Definitionsbereiches mit in ihre Berechnung ein. Dies kann im Randbereich des Definitionsbereiches zu unerwünschten Effekten führen. Dies kann sich vor allem dann bemerkbar machen, wenn sich Vordergrund (Definitionsbereich) und Hintergrund des Bildes in ihrer Helligkeit stark voneinander unterscheiden. In diesem Fall kann es z.B. bei Anwendung eines Glättungsfilters zu unerwünschten Aufhellungen oder Abdunkelungen im Randbereich des Definitionsbereiches kommen. Um dies zu vermeiden, wird durch `expand_domain_gray` der Definitionsbereich im Vorfeld künstlich erweitert, indem die Grauwerte seiner Randpixel nach außen fortgesetzt werden. Mit der Expansion der Grauwerte wird auch der Definitionsbereich entsprechend erweitert, um die neu besetzten Pixel zu kennzeichnen. Daher ist es in vielen Fällen sinnvoll, nach `expand_domain_gray` ein `reduce_domain` oder `change_domain` auszuführen und anschließend die Filteroperation auf den reduzierten Definitionsbereich anzuwenden. Der Wert für `ExpansionRange` sollte so gewählt werden, dass die ganze Region, inklusive ihrer Dilatation durch die Filtermaske, initialisierte Werte hat. Üblicherweise führt dies zu Werten für `ExpansionRange` von halber Filterlänge oder mehr. In Verwendung mit dem Filter `mean_image` auf Bildern des Typs real wird empfohlen, den Wert für `ExpansionRange` wie im unten gegebenen Beispiel zu bestimmen. Zur Geschwindigkeitsoptimierung verwendet dieser Filter die Werte der Pixel im kleinsten die dilatierte Region umschließenden Rechteck.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **InputImage** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Eingabebild mit zu erweiterndem Definitionsbereich.

▷ **ExpandedImage** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Ausgabebild mit neu berechneten Grauwerten im erweiterten Definitionsbereich.

▷ **ExpansionRange** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Radius der Grauwertexpansion in Pixel.
Default: 2
Wertevorschläge: ExpansionRange ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16}
Restriktion: ExpansionRange >= 1

Beispiel

```
read_image(Fabrik, 'fabrik')
gen_rectangle2(Rectangle_Label,243,320,-1.55,62,28)
reduce_domain(Fabrik, Rectangle_Label, Fabrik_Label)
* Character extraction without gray value expansion:
MaskSize := 31
mean_image(Fabrik_Label,Label_Mean_normal,MaskSize, MaskSize)
dyn_threshold(Fabrik_Label,Label_Mean_normal,Characters_normal,10,'dark')
dev_display(Fabrik)
dev_display(Characters_normal)
* The characters in the border region are not extracted !
stop()
* Character extraction with gray value expansion:
get_domain (Fabrik_Label, Domain)
expand_domain_gray (Fabrik_Label, Expanded_Fabrik_Label, MaskSize)
get_domain (Expanded_Fabrik_Label, Expanded_Domain)
shape_trans (Expanded_Domain, RegionRect, 'rectangle1')
difference (RegionRect, Expanded_Domain, Region_Difference)
overpaint_region (Expanded_Fabrik_Label, Region_Difference, 0, 'fill')
reduce_domain (Expanded_Fabrik_Label, Domain, Reduced_Expanded_Fabrik_Label)
mean_image (Reduced_Expanded_Fabrik_Label, Label_Mean_Expanded,\
MaskSize, MaskSize)
dyn_threshold(Fabrik_Label,Label_Mean_Expanded,\
Characters_expanded,10,'dark')
dev_display(Fabrik)
dev_display(Characters_expanded)
```

Komplexität

Sei L der Umfang des Definitionsbereiches. Die Laufzeit-Komplexität ist dann näherungsweise $O(L) * $ ExpansionRange.

Ergebnis

expand_domain_gray liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

reduce_domain

Nachfolger

reduce_domain, mean_image, dyn_threshold

Siehe auch

reduce_domain, mean_image

Modul

Foundation

gen_savitzky_golay_filter (: : FilterSize, PolynomialDegree, Derivative : Filter)

Berechnet die Koeffizienten eines Savitzky-Golay-Filters.

gen_savitzky_golay_filter berechnet die Koeffizienten eines Savitzky-Golay-Filters für einen Filter der Größe FilterSize mit einem Polynom der Ordnung PolynomialDegree. Die Koeffizienten werden für die Ableitung Derivative des gefitteten Polynoms berechnet. Ein Wert von *0* gibt an, dass der Filter die Originalfunktion glättet.

Der Savitzky-Golay-Filter ist ein linearer Filter. Er entspricht einem Anpassen eines Polynoms in benachbarte Funktionswerte, welche an äquidistanten Stützstellen ausgewertet werden, und anschließend einer Auswertung dieses Polynoms an der zentralen Stützstelle. Dies kann verwendet werden um die Daten zu glätten. Zusätzlich kann das Polynom vor der Auswertung abgeleitet werden, wodurch beispielsweise lineare Trends in den Daten entfernt werden können.

Die Filterparameter können beispielsweise für ein Glätten von Hyperspektralbildern in Kanalrichtung mittels des Operators convol_channels verwendet werden.

Aus numerischen Gründen kann der Polynomgrad höchstens *9* sein.

Parameter

▷ **FilterSize** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Größe des Filters.
Default: 11
Wertevorschläge: FilterSize ∈ {5, 7, 9, 11, 13, 15, 17}

▷ **PolynomialDegree** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Grad des approximierenden Polynoms.
Default: 3
Wertevorschläge: PolynomialDegree ∈ {3, 5}

▷ **Derivative** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Zu berechnende Ableitung.
Default: 0
Wertevorschläge: Derivative ∈ {0, 1, 2}

▷ **Filter** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Filterkoeffizienten.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

convol_channels

Siehe auch

convol_channels

Modul

Foundation

gray_inside (Image : ImageDist : :)

Berechnung des niedrigstmöglichen Grauwerts auf einem beliebigen Weg zum Bildrand für jeden Bildpunkt.

gray_inside „sucht“ sich für jeden Bildpunkt den günstigsten Weg zum Bildrand, d.h. den Weg, auf dem möglichst niedrige Grauwerte zu überwinden sind. Die Differenz des Grauwertes des jeweiligen Punktes zum maximalen Grauwert auf diesem Weg wird für jeden Punkt berechnet und als Ergebnisbild geliefert. Helle Bildbereiche im Ergebnisbild bedeuten also, dass diese Bereiche (die im Originalbild typischerweise eher dunkel sind) von helleren Bereichen eingeschlossen sind. Dunkle bzw. schwarze Bereiche im Ergebnisbild bedeuten, dass zwischen ihnen und dem Bildrand nur geringfügig hellere bzw. dunklere Bildbereiche existieren (was nicht heißen muss, dass sie nur von dunkleren Bereichen umgeben sind; es reicht bereits ein kleiner dunkler „Ausgang“). Der Wert 0 (schwarz) im Ergebnisbild bedeutet, dass entweder gleich helle oder dunklere Grauwerte auf dem Weg zum Bildrand auftreten.

Für die Durchführung wird zunächst die Operation watersheds benutzt, die eine Segmentierung des Bildes in Basins und Watersheds durchführt. Wenn man sich das zu bearbeitende Bild als Grauwertgebirge vorstellt, bilden die Basins die Täler und Becken (mit niedrigeren Grauwerten) , die „Gebirgskämme“ sind die Watersheds. Zunächst werden die Watersheds jeweils benachbarten Regionen zugeteilt, so dass nur noch Basins vorhanden sind. Der Rand des Definitionsbereiches des Ausgangsbildes wird nun nach dem kleinsten Grauwert durchsucht und die Region(Basin) in der er liegt mit den Ergebniswerten belegt. Wenn der kleinste Grauwert am echten Bildrand liegt, können die Ergebniswerte sofort aus der Differenz zwischen Punkt-Grauwert und diesem berechnet werden. Liegt der gefundene kleinste Grauwert jedoch innerhalb des Bildes, muss der bereits existierende Ergebniswert aus der Nachbarregion besorgt werden um mit seiner Hilfe die neuen Ergebniswerte zu berechnen. Die Suche nach der Nachbarregion erfolgt mit 8-er Nachbarschaft. Nach Abzug der gefundenen Region vom Suchbereich erfolgt ein neuer Durchgang u.s.w. So wird Basin für Basin das Bild von außen nach innen „geschält“.

Wie auch bei watersheds empfiehlt es sich, vor gray_inside eine Glättung (z.B. binomial_filter oder gauss_filter) des Bildes vorzunehmen, um die Entstehung zu vieler Einzelregionen im watersheds-Algorithmus (und dadurch sehr lange Laufzeiten) zu vermeiden.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
  Zu bearbeitendes Bild.
- ▷ **ImageDist** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* int2
  Ergebnisbild.

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
gauss_filter (Image,GaussImage,11)
gray_inside(GaussImage,ImageOut)
dev_display(ImageOut)
```

Ergebnis

gray_inside liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Vorgänger

binomial_filter, gauss_filter, smooth_image, mean_image, median_image

Nachfolger

select_shape, area_center, count_obj

Siehe auch

watersheds

Modul

Foundation

gray_skeleton (Image : GraySkeleton : :)

Verdünnung von Grauwertbildern.

gray_skeleton führt eine Grauwert-Verdünnung mittels lokalem Schnitt durch. Bildlich gesprochen wird dabei das Grauwertgebirge auf die Gratlinien reduziert, indem die Bergflanken mit dem Grauwert der jeweiligen Talsohle besetzt werden. Die resultierenden „Maximumslinien“ sind nur mehr maximal zwei Pixel dick. Die Prozedur ist insbesondere zur Verdünnung von Kantenbildern gedacht und insofern eine Alternative zu nonmax_suppression_amp. gray_skeleton erhält im Gegensatz zu nonmax_suppression_amp Konturen, ist allerdings auch ungleich zeitaufwendiger. Im Gegensatz zu skeleton verändert die Routine die Grauwerte der Bilder, lässt aber deren Regionen unverändert.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Bild, das verdünnt werden soll.
- ▷ **GraySkeleton** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Verdünntes Bild.

Beispiel

```
* Seeking leafs of a beech tree in an aerial picture:
read_image(Image,'forest')
gray_skeleton(Image,Skelett)
mean_image(Skelett,MeanSkelett,7,7)
dyn_threshold(Skelett,MeanSkelett,Leafs,3,'light')
```

Ergebnis

gray_skeleton liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Nachfolger

mean_image

Alternativen

nonmax_suppression_amp, nonmax_suppression_dir, local_max

Siehe auch

skeleton, gray_dilation_rect

Modul

Foundation

lut_trans (Image : ImageResult : Lut :)

Transformation eines Bildes mit einer Grauwerttabelle.

lut_trans transformiert ein Bild Image mittels einer Tabelle Lut. Die Tabelle funktioniert dabei wie eine Transformationsfunktion. Für byte-Bilder muss Lut ein Tupel der Länge 256 sein. Für int2-Bilder muss Lut ein Tupel der Länge 256 <= Länge <= 65536 sein. Falls die Länge von Lut <= 32768 ist, wird die Transformation nur auf den positiven Grauwerten durchgeführt, d.h., das erste Element von Lut spezifiziert den neuen Grauwert für den Eingabegrauwert 0. Falls Lut länger ist als 32768, so muss die Länge von Lut genau 65536 betragen. In diesem Fall werden sowohl die positiven als auch die negativen Werte transformiert, wobei das erste Element den neuen Grauwert für den Eingabegrauwert -32768 spezifiziert, während das letzte Element den neuen Grauwert für den Eingabegrauwert 32767 spezifiziert. In jedem Fall werden diejenigen Ausgabegrauwerte, deren Eingabegrauwerte außerhalb des gültigen Bereiches von Lut liegen, auf 0 gesetzt. Für uint2-Bilder muss Lut ein Tupel der Länge 256 <= Länge <= 65536 sein. Grauwerte außerhalb des gültigen Bereichs von Lut werden auf 0 gesetzt.

Achtung

lut_trans kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Bild, dessen Grauwerte transformiert werden sollen.
- ▷ **ImageResult** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Ergebnisbild.
- ▷ **Lut** (input_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Tabelle, die die Transformation angibt.

Beispiel

```
* Apply a gamma correction to an image.
Gamma := 2.2
GammaLUT := []
for G := 0 to 255 by 1
    GammaLUT := [GammaLUT,round(255.0*pow(G/255.0,1.0/Gamma))]
endfor
read_image (Image, 'mreut')
lut_trans (Image, ImageGamma, GammaLUT)
```

Ergebnis

lut_trans liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Modul

Foundation

symmetry (Image : ImageSymmetry : MaskSize, Direction, Exponent :)

Grauwertsymmetrie entlang einer Zeile.

symmetry berechnet die Symmetrie entlang einer Zeile. Dabei werden für jeden Bildpunkt die Grauwerte auf beiden „Seiten“ entlang der vorgegebenen Suchrichtung verglichen: Es wird jeweils der Betrag der Differenz zwischen zwei gleich weit entfernten Punkten bestimmt. Jeder dieser Differenzen wird mit dem Exponenten gewichtet (nach einer Division durch 255) und dann wird die Summe all dieser Differenzen gebildet.

$$sym := 255 - \frac{255}{\texttt{MaskSize}} \sum_{i=1}^{\texttt{MaskSize}} \left(\frac{|g(i) - g(-i)|}{255} \right)^{\texttt{Exponent}}$$

Bildpunkte mit einer hohen Symmetrie erhalten einen hohen Grauwert.

Achtung

Gegenwärtig können nur horizontale Suchlinien verwendet werden. Beachten Sie, dass der Parameter `Direction` im Hinblick auf zukünftige Erweiterungen existiert und daher im Moment nur den Wert 0.0 haben kann.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
  Eingabebild.
- ▷ **`ImageSymmetry`** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
  Symmetriebild.
- ▷ **`MaskSize`** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
  Länge des Suchbereiches.
  Default: 40
  Wertevorschläge: `MaskSize` ∈ {3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100, 120, 140, 180}
  Wertebereich: 3 ≤ `MaskSize` ≤ 1000
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 2
- ▷ **`Direction`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Winkel der Untersuchungsrichtung.
  Default: 0.0
  Wertevorschläge: `Direction` ∈ {0.0}
  Wertebereich: 0.0 ≤ `Direction` ≤ 0.0
- ▷ **`Exponent`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Exponent für Gewichtung.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: `Exponent` ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
  Restriktion: 0 < Exponent && Exponent <= 100

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
symmetry(Image,ImageSymmetry,70,0.0,0.5)
threshold(ImageSymmetry,SymmPoints,170,255)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `symmetry` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

`threshold`

Modul

Foundation

topographic_sketch (Image : Sketch : :)

Topographic primal sketch eines Grauwertbildes.

Die Funktion `topographic_sketch` berechnet aus dem Grauwertbild `Image` den „topographic primal sketch“. Dabei wird die Umgebung der einzelnen Bildpunkte mit einem bikubischen Polynom approximiert („facet model“). Aus diesen Daten werden die ersten und zweiten Richtungsableitungen an der Pixelposition berechnet, und daraus eine Einteilung des Pixels in eine von 11 Klassen hergeleitet. Die Klassen werden im Ausgabebild `Sketch` als Zahlen zwischen 1 und 11 zurückgegeben. Die einzelnen Klassen lauten wie folgt:

Peak	1
Pit	2
Ridge	3
Ravine	4
Saddle	5
Flat	6
Hillside Slope	7
Hillside Convex	8
Hillside Concave	9
Hillside Saddle	10
Hillside Inflection	11

Um die einzelnen Klassen als Regionen zu erhalten ist auf dem Labelbild Sketch noch eine Schwellenwertoperation mit entsprechendem Schwellenwert auszuführen.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
  Das Bild, für das der topographic primal sketch berechnet werden soll.
- ▷ **Sketch** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
  Das Labelbild mit der Klasseneinteilung.

Beispiel

```
* To extract the Ridges from a Image
read_image(Image,'sinus')
topographic_sketch(Image,Sketch)
threshold(Sketch,Ridges,3,3)
```

Komplexität

Sei n die Anzahl der Bildpunkte im Eingabebild. Dann werden $O(n)$ Operationen benötigt.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `topographic_sketch` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Nachfolger

`threshold`

Literatur

R. Haralick, L. Shapiro: „Computer and Robot Vision, Volume I“; Reading, Massachusetts, Addison-Wesley; 1992; Kapitel 8.13.

Modul

Foundation

11.15 Szenenfluss

```
scene_flow_calib ( ImageRect1T1, ImageRect2T1, ImageRect1T2,
    ImageRect2T2, Disparity : : SmoothingFlow, SmoothingDisparity,
    GenParamName, GenParamValue, CamParamRect1, CamParamRect2,
    RelPoseRect : ObjectModel3D )
```

Berechnung des kalibrierten Szenenflusses zwischen zwei Stereobildpaaren.

`scene_flow_calib` berechnet den kalibrierten Szenenfluss zwischen zwei rektifizierten aufeinanderfolgenden Stereobildpaaren. Der Szenenfluss ist die dreidimensionale Position und Bewegung von Oberflächenpunkten in einer dynamischen Szene. Die Bewegung in den Bildern kann dadurch verursacht werden, dass sich Objekte oder die Kamera (oder beides) in der Welt zwischen den Aufnahmen der beiden Stereobilder bewegen.

Der Szenenfluss wird in dem 3D-Objektmodell `ObjectModel3D` zurückgegeben. Das 3D-Objektmodell enthält die Koordinaten der rekonstruierten 3D-Punkte. Zusätzlich wird der 3D-Fluss in dem 3D-Objektmodell durch die Attribute *'&flow_x'*, *'&flow_y'* und *'&flow_z'* kodiert.

Die aufeinanderfolgenden Stereobildpaare werden in `ImageRect1T1`, `ImageRect2T1`, `ImageRect1T2` und `ImageRect2T2` übergeben. Jedes Stereobildpaar muss rektifiziert sein. Die Bildpaare können mit den Operatoren `calibrate_cameras`, `gen_binocular_rectification_map` und `map_image` rektifiziert werden.

Die Kamerageometrie des rektifizierten binokularen Kamerasystems wird durch die internen Kameraparameter `CamParamRect1` der rektifizierten Kamera 1 und `CamParamRect2` der rektifizierten Kamera 2 und die Pose `RelPoseRect` bestimmt, welche die Lage des rektifizierten Kamerasystems 2 bezüglich des rektifizierten Kamerasystems 1 beschreibt. Die Werte für diese Kameraparameter können mit den Operatoren `calibrate_cameras` und `gen_binocular_rectification_map` bestimmt werden. Die Brennweite und Pixelgröße der rektifizierten Kamerasysteme 1 und 2 müssen gleich sein.

Außerdem wird ein einkanaliges Disparitätsbild `Disparity` benötigt, welches für jedes Pixel $(r, c1)$ des Bildes `ImageRect1T1` ein homologes Pixel $(r, c2)$ im Bild `ImageRect2T1` festlegt. Hierbei gilt $c2 = c1 + d(r, c1)$, wobei $d(r, c)$ die Disparität in `Disparity` am Pixel (r, c) ist. Die Disparität kann mit `binocular_disparity` oder `binocular_disparity_mg` berechnet werden.

Um den kalibrierten Szenenfluss zu berechnen, wird intern zunächst `scene_flow_uncalib` ausgeführt. Die Ergebnisse werden dann unter Verwendung der oben beschriebenen Stereokamera-Geometrie-Parameter in 3D-Punkte und 3D-Flussvektoren umgerechnet.

Für eine Beschreibung der weiteren Parameter von `scene_flow_calib` wird auf `scene_flow_uncalib` verwiesen.

Parameter

▷ **ImageRect1T1** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Eingabebild 1 zum Zeitpunkt t_1.

▷ **ImageRect2T1** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Eingabebild 2 zum Zeitpunkt t_1.

▷ **ImageRect1T2** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Eingabebild 1 zum Zeitpunkt t_2.

▷ **ImageRect2T2** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Eingabebild 2 zum Zeitpunkt t_2.

▷ **Disparity** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* real
Disparität zwischen Eingabebild 1 und 2 zum Zeitpunkt t_1.

▷ **SmoothingFlow** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Gewicht des Regularisierungsterms relativ zum Datenterm (Ableitungen des optischen Flusses).
Default: 40.0
Wertevorschläge: `SmoothingFlow` ∈ {10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0, 80.0, 90.0, 100.0}
Restriktion: SmoothingFlow > 0.0

▷ **SmoothingDisparity** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Gewicht des Regularisierungsterms relativ zum Datenterm (Ableitungen der Änderung der Disparität).
Default: 40.0
Wertevorschläge: `SmoothingDisparity` ∈ {10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0, 80.0, 90.0, 100.0}
Restriktion: SmoothingDisparity > 0.0

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Parametername(n) für den Algorithmus.
Default: 'default_parameters'
Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'default_parameters', 'warp_levels', 'warp_zoom_factor', 'warp_last_level', 'outer_iter', 'inner_iter', 'sor_iter', 'omega'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Parameterwert(e) für den Algorithmus.
Default: 'accurate'
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'very_accurate', 'accurate', 'fast', 'very_fast', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 0.5, 0.6, 0.7, 0.75, 3, 5, 7, 2, 3, 1.9}

▷ **CamParamRect1** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
Interne Kameraparameter der projektiven Kamera 1.

▷ **CamParamRect2** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
Interne Kameraparameter der projektiven Kamera 2.

▷ **RelPoseRect** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Lage der zweiten Kamera bzgl. der ersten.
Parameteranzahl: 7

▷ **ObjectModel3D** (output_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle des erstellten 3D-Objektmodells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `scene_flow_calib` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`binocular_disparity`, `binocular_disparity_mg`

Alternativen

`scene_flow_uncalib`, `optical_flow_mg`

Literatur

A. Wedel, C. Rabe, T. Vaudrey, T. Brox, U. Franke and D. Cremers: „Efficient dense scene flow from sparse or dense stereo data“; In: Proceedings of the 10th European Conference on Computer Vision: Part I, pages 739-751. Springer-Verlag, 2008.

Modul

Foundation

scene_flow_uncalib (ImageRect1T1, ImageRect2T1, ImageRect1T2, ImageRect2T2, Disparity : OpticalFlow, DisparityChange : SmoothingFlow, SmoothingDisparity, GenParamName, GenParamValue :)

Berechnung des unkalibrierten Szenenflusses zwischen zwei Stereobildpaaren.

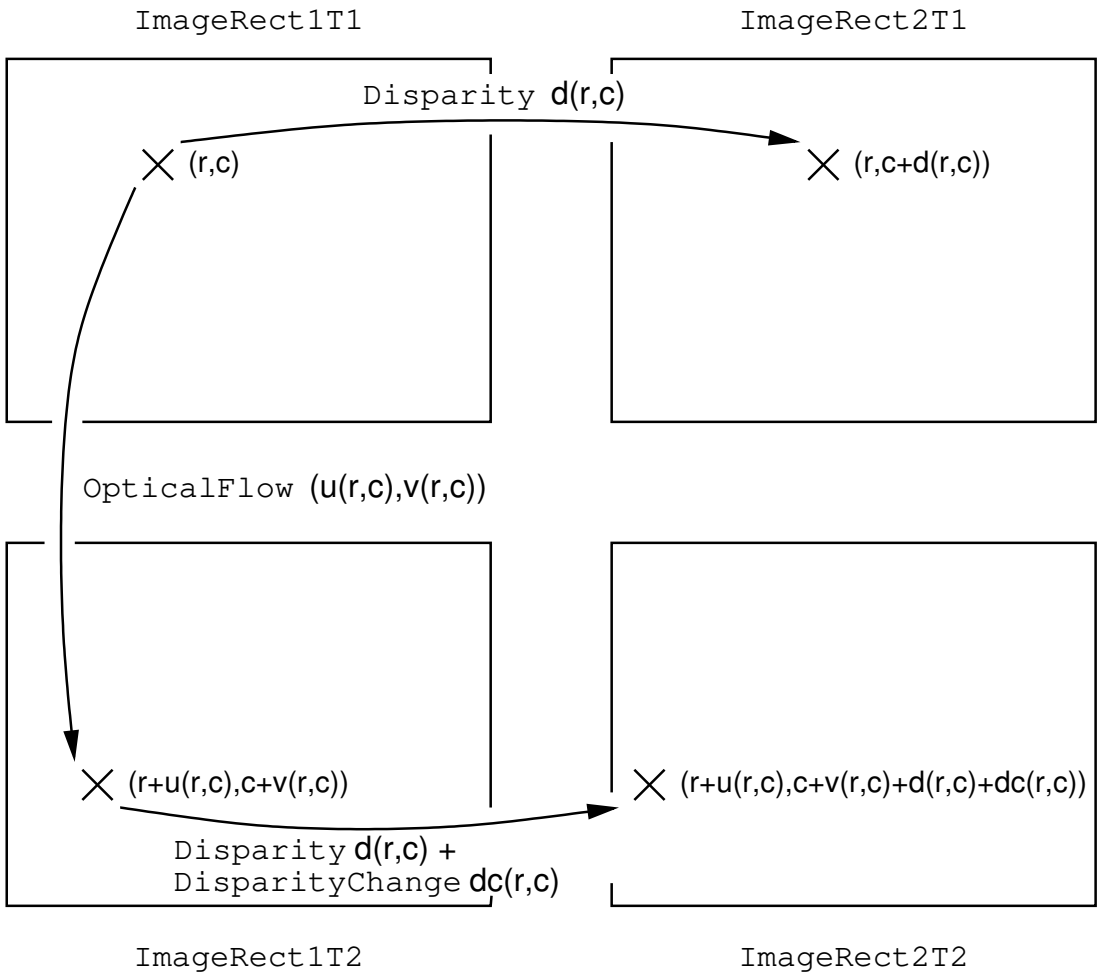
scene_flow_uncalib berechnet den unkalibrierten Szenenfluss zwischen zwei aufeinanderfolgenden rektifizierten Stereobildpaaren. Der Szenenfluss ist die dreidimensionale Position und Bewegung von Oberflächenpunkten in einer dynamischen Szene. Die Bewegung in den Bildern kann dadurch verursacht werden, dass sich Objekte oder die Kamera (oder beides) in der Welt zwischen den Aufnahmen der beiden Stereobilder bewegen. Um den kalibrierten Szenenflusses zu berechnen, kann scene_flow_calib verwendet werden.

Die aufeinanderfolgenden Stereobildpaare werden in ImageRect1T1, ImageRect2T1, ImageRect1T2 und ImageRect2T2 übergeben. Jedes Stereobildpaar muss rektifiziert sein. Die Bildpaare können mit den Operatoren calibrate_cameras, gen_binocular_rectification_map und map_image rektifiziert werden. Außerdem wird ein einkanaliges Disparitätsbild Disparity benötigt, welches für jedes Pixel $(r, c1)$ des Bildes ImageRect1T1 ein homologes Pixel $(r, c2)$ im Bild ImageRect2T1 festlegt. Hierbei gilt $c2 = c1 + d(r, c1)$, wobei $d(r, c)$ die Disparität in Disparity am Pixel (r, c) ist. Die Disparität kann mit binocular_disparity oder binocular_disparity_mg berechnet werden.

Der berechnete unkalibrierte Szenenfluss wird in OpticalFlow und DisparityChange zurückgegeben. Die Vektoren im Vektorfeld OpticalFlow beschreiben die Bewegung in der Bildebene zwischen ImageRect1T1 und ImageRect1T2. Das einkanalige Bild DisparityChange beschreibt die Änderung der Disparität zwischen ImageRect2T1 und ImageRect2T2. Ein Punkt in der Welt wird in das Bild ImageRect1T1 an der Position (r, c) projiziert. Derselbe Punkt wird projiziert in

- ImageRect2T1 an Position $(r, c + d(r, c))$,
- ImageRect1T2 an Position $(r + u(r, c), c + v(r, c))$,
- ImageRect2T2 an Position $(r + u(r, c), c + v(r, c) + d(r, c) + dc(r, c))$.

Hierbei bezeichnen $u(r, c)$ und $v(r, c)$ die Zeilen- und Spaltenkoordinaten des Vektorfeldes in OpticalFlow, $d(r, c)$ die Disparitäten in Disparity und $dc(r, c)$ die Disparitätsänderungen in DisparityChange, jeweils am Pixel (r, c).



Relationen zwischen den vier Bildern, dem optischen Fluss, sowie den Disparitäten in den Disparitätsbildern.

Parameterbeschreibung

Die rektifizierten Eingabebilder werden in `ImageRect1T1`, `ImageRect2T1`, `ImageRect1T2` und `ImageRect2T2` übergeben. Die Berechnung des Szenenflusses erfolgt auf der Region von `ImageRect1T1`. Dies ist auch die Region des Szenenflusses in `OpticalFlow` und `DisparityChange`. `Disparity` beinhaltet die Disparität zwischen den rektifizierten Bildern `ImageRect1T1` und `ImageRect2T1`.

`SmoothingFlow` und `SmoothingDisparity` spezifizieren die Regularisierungsgewichte λ und γ relativ zum Datenterm. Je größer diese Parameter sind, desto glatter ist der berechnete Szenenfluss. Für Byte-Bilder mit einem Wertebereich von $[0, 255]$ führen Werte in der Größenordnung von 40 typischerweise zu guten Ergebnissen.

Die Parameter für das Iterationsverfahren und für die Coarse-to-Fine-Warping-Strategie können mit den generischen Parametern `GenParamName` und `GenParamValue` festgelegt werden.

Im Normalfall ist es ausreichend, einen der Standardparametersätze für die Parameter zu verwenden, indem `GenParamName` = *'default_parameters'* und `GenParamValue` = *'very_accurate'*, *'accurate'*, *'fast'* oder *'very_fast'* übergeben werden. Falls notwendig, können einzelne Parameter modifiziert werden, nachdem der Standardparametersatz gewählt wurde, indem eine Untermenge der Parameter und entsprechenden Werte nach *'default_parameters'* in `GenParamName` und `GenParamValue` übergeben werden (z.B. `GenParamName` = *['default_parameters','warp_zoom_factor']* und `GenParamValue` = *['accurate',0.6]*). Die Bedeutung der einzelnen Parameter ist unten detailliert beschrieben. Die Standardparametersätze sind gegeben durch:

'default_parameters'	*'very_accurate'*	*'accurate'*	*'fast'*	*'very_fast'*
'warp_zoom_factor'	0.75	0.5	0.5	0.5
'warp_levels'	0	0	0	0
'warp_last_level'	1	1	1	2
'outer_iter'	10	7	5	4
'inner_iter'	2	2	2	2
'sor_iter'	3	3	3	3
'omega'	1.9	1.9	1.9	1.9

Falls die Parameter einzeln spezifiziert werden sollen, müssen `GenParamName` und `GenParamValue` Tupel derselben Länge enthalten. Die zu den Parametern in `GenParamName` gehörigen Werte müssen an der entsprechenden Position in `GenParamValue` spezifiziert werden. Um ein genaueres Verständnis der Parameter zu erlangen, wird auf den Abschnitt *Algorithmus* unten verwiesen.

- Mit `GenParamName` = *'warp_zoom_factor'* kann das Auflösungsverhältnis zwischen zwei aufeinanderfolgenden Warpingebenen in der Coarse-to-Fine-Warping-Hierarchie festgelegt werden. Dabei muss *'warp_zoom_factor'* im offenen Intervall $(0, 1)$ gewählt werden. Aus Performanzgründen wird üblicherweise *'warp_zoom_factor'* = 0.5 gewählt, d.h. die Pixelanzahl der Eingangsbilder wird von einer Warpingebene zur nächsten in jede Richtung halbiert. Werte für *'warp_zoom_factor'* näher bei 1 können zu qualitativ leicht besseren Ergebnissen führen, benötigen aber unverhältnismäßig mehr Rechenzeit.
- Mit `GenParamName` = *'warp_levels'* kann die Warpinghierarchie auf eine maximale Anzahl von Ebenen beschränkt werden. Für *'warp_levels'* = 0 wird die maximal mögliche Anzahl von Ebenen gewählt. Sollte die Bildgröße bei einem gegebenen Auflösungsverhältnis *'warp_zoom_factor'* die gewählte Anzahl an Ebenen nicht zulassen, wird die maximal mögliche Anzahl an Ebenen verwendet. Im Normalfall sollte *'warp_levels'* auf 0 gesetzt werden.
- Mit `GenParamName` = *'warp_last_level'* kann die Anzahl der Warpingebenen, für die *kein* Flussinkrement mehr berechnet werden soll, festgelegt werden. Normalerweise wird diese Anzahl entweder auf 1 oder 2 gesetzt, d.h. es wird entweder auf jeder Warpingebene ein Flussinkrement berechnet, oder die feinste Warpingebene wird bei der Berechnung ausgelassen. Im letzten Fall wird die Lösung nur auf halber Auflösung gerechnet wird und dann auf die volle Auflösung interpoliert.
- Mit `GenParamName` = *'outer_iter'* kann die Anzahl äußerer Iterationen des Minimierungsalgorithmus festgelegt werden. Typischerweise werden die Ergebnisse genauer, je größer *'outer_iter'* gewählt wird. Größere Werte dieses Parameters führen zu höheren Laufzeiten. Typischerweise wird *'outer_iter'* auf Werte zwischen 5 und 10 gesetzt.
- Mit `GenParamName` = *'inner_iter'* kann die Anzahl innerer Iterationen des Minimierungsalgorithmus festgelegt werden. Typischerweise werden die Ergebnisse genauer, je größer *'inner_iter'* gewählt wird. Größere Werte dieses Parameters führen zu höheren Laufzeiten. Typischerweise sind zwei innere Iterationen ausreichend.
- Mit `GenParamName` = *'sor_iter'* kann die Anzahl der SOR-Iterationen, die zur Lösung des linearen Gleichungssystems verwendet werden, festgelegt werden. Typischerweise werden die Ergebnisse genauer, je größer *'sor_iter'* gewählt wird. Größere Werte dieses Parameters führen zu höheren Laufzeiten. Typischerweise sind drei SOR-Iterationen ausreichend.
- Mit `GenParamName` = *'omega'* kann der Überrelaxationsfaktor ω des SOR-Algorithmus festgelegt werden. *'omega'* muss im offenen Intervall $(1, 2)$ gewählt werden. Typischerweise wird *'omega'* auf 1.9 gesetzt.

Algorithmus

Der Szenenfluss wird berechnet, indem ein geeignetes Energiefunktional minimiert wird:

$$E(f) = \int E_D(f) + E_S(f)\,\mathrm{d}r\mathrm{d}c.$$

Hierbei stellt $f = (u, v, dc)$ das optische Flussfeld und die Disparitätsänderung dar.$E_D(f)$ bezeichnet den Datenterm und $E_S(f)$ den Glattheitsterm (Regularisierungsterm). Der Algorithmus basiert auf folgenden Annahmen, die zu den Daten- und Glattheitstermen führen:

Helligkeitskonstanz Es wir angenommen, dass der Grauwert eines Punktes in allen vier Bildern konstant bleibt. Daraus folgen die folgenden vier Bedingungen:

$$\begin{aligned}
C_{D1} &= I_{1,t1}(r,c) - I_{2,t1}(r, c + d(r,c)) = 0 \\
C_{F1} &= I_{1,t2}(r + u(r,c), c + v(r,c)) - I_{1,t1}(r,c) = 0 \\
C_{F2} &= I_{2,t2}(r + u(r,c), c + v(r,c) + d(r,c) + dc(r,c)) - I_{2,t1}(r, c + d(r,c)) = 0 \\
C_{D2} &= I_{2,t2}(r + u(r,c), c + v(r,c) + d(r,c) + dc(r,c)) - I_{1,t2}(r + u(r,c), c + v(r,c)) = 0
\end{aligned}$$

Hierbei bezeichnen $I_{1,t1}$, $I_{2,t1}$, $I_{1,t2}$ und $I_{2,t2}$ die Bilder `ImageRect1T1`, `ImageRect2T1`, `ImageRect1T2` und `ImageRect2T2`.

Stückweise Glattheit des Szenenflusses Es wird angenommen, dass die Lösung stückweise glatt ist. Die Glattheit wird erreicht, indem die ersten Ableitungen des Flusses $\nabla(u)^2, \nabla(v)^2, \nabla(dc)^2$ bestraft werden. Die Verwendung einer statistisch robusten (linearen) Straffunktion $\Psi(s) = \sqrt{s^2 + \varepsilon}$ mit $\varepsilon = 0.001$ sorgt dafür, dass die Kanten in den Bewegungen im Szenenfluss erhalten bleiben.

Da das Disparitätsbild d gegeben ist, kann die erste Bedingung C_{D1} vernachlässigt werden. Unter Verwendung aller obigen Annahmen kann das Energiefunktional wie folgt geschrieben werden:

$$E(f) = \int \Psi(C_{F1}^2) + \Psi(C_{F2}^2) + \Psi(C_{D2}^2) + \Psi(\lambda(\nabla(u)^2 + \nabla(v)^2) + \gamma\nabla(dc)^2)\,\mathrm{d}r\mathrm{d}c$$

Hierbei sind λ und γ die Regularisierungsparameter, die in `SmoothingFlow` und `SmoothingDisparity` übergeben werden.

Um große Verschiebungen schätzen zu können, machen Coarse-to-Fine-Warping-Strategien von zwei Konzepten Gebrauch, die beide eng miteinander verzahnt sind: Die sukzessive Verfeinerung der Problemstellung (Coarse-to-Fine) und die fortlaufende Kompensation des aktuelles Bildpaares um bereits berechnete Verschiebungen (Warping). Algorithmisch lässt sich eine solche Coarse-to-Fine-Warping-Strategie wie folgt formulieren:

1. Zunächst werden beide Bilder des aktuellen Bildpaares auf eine sehr grobe Auflösungsstufe heruntergesampelt.
2. Dann wird der Szenenfluss auf dieser groben Auflösung berechnet.
3. Dieser Szenenfluss wird auf der nächstfeineren Auflösungsstufe benötigt: Es wird dort aus dem zweiten Bildpaar der Bildfolge herausgerechnet, d.h. die Problemstellung auf der feineren Auflösungsstufe wird um das bereits berechnete Flussfeld kompensiert. Dieser Schritt wird auch als Warping bezeichnet.
4. Das so modifizierte Problem (Differenzproblem) wird nun auf der feineren Auflösungsstufe gelöst, d.h. der Szenenfluss wird dort berechnet.
5. Die Schritte 3-4 werden wiederholt, bis die ursprüngliche Auflösung erreicht wird.
6. Das letztendliche Ergebnis wird durch Addition des Szenenflusses aller Auflösungsstufen gebildet.

Diese inkrementelle Berechnung des Szenenflusses bietet folgenden Vorteil: Während das Coarse-to-Fine-Konzept sicherstellt, dass die Verschiebungen auf der gröbsten Auflösungsstufe sehr klein sind, sorgt die Warping-Strategie dafür, dass das auch für die zu berechnenden Flussinkremente (Szenenfluss der Differenzprobleme) so bleibt. Da kleine Verschiebungen viel genauer berechnet werden können als größere, nimmt durch den Einsatz einer solchen Coarse-to-Fine-Warping-Strategie die Schätzqualität im allgemeinen deutlich zu. Jedoch muss anstelle eines einzelnen Korrespondenzproblems eine Hierarchie von ebensolchen Problemen gelöst werden.

Die Minimierung von Funktionalen ist aus mathematischer Sicht sehr eng mit der Minimierung von Funktionen verwandt: So wie eine Nullstelle der ersten Ableitung eine notwendige Bedingung für ein Minimum einer Funktion ist, ist die Erfüllung der sogenannten Euler-Lagrange-Gleichungen eine notwendige Bedingung für die minimierende Funktion eines Funktionals (die minimierende Funktion entspricht hier dem gesuchten Szenenfluss). Die Euler-Lagrange-Gleichungen sind partielle Differentialgleichungen. Durch die Diskretisierung dieser Euler-Lagrange-Gleichungen mit Hilfe finiter Differenzen entstehen große dünn besetzte nichtlineare Gleichungssysteme, die durch den Algorithmus gelöst werden müssen.

Auf jeder Warpingebene muss ein einzelnes Gleichungssystem gelöst werden. Der Algorithmus verwendet ein iteratives Verfahren, dass aus zwei verschachtelten Iterationen (den sog. äußeren und inneren Iterationen) sowie dem

SOR-Verfahren (Successive Over-Relaxation) besteht. Die äußere Schleife sorgt für die Linearisierung der nichtlinearen Terme, die aus den Datentermen folgen. Die Nichtlinearität von Ψ' wird durch die innere Fixpunktiteration beseitigt. Das resultierende lineare Gleichungssystem wird effizient mit dem SOR-Verfahren gelöst.

Parameter

- ▷ **ImageRect1T1** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild 1 zum Zeitpunkt t_1.
- ▷ **ImageRect2T1** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild 2 zum Zeitpunkt t_1.
- ▷ **ImageRect1T2** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild 1 zum Zeitpunkt t_2.
- ▷ **ImageRect2T2** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild 2 zum Zeitpunkt t_2.
- ▷ **Disparity** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* real
  Disparität zwischen Eingabebild 1 und 2 zum Zeitpunkt t_1.
- ▷ **OpticalFlow** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* vector_field
  Berechneter optischer Fluss.
- ▷ **DisparityChange** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* real
  Berechnete Änderung der Disparität.
- ▷ **SmoothingFlow** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Gewicht des Regularisierungsterms relativ zum Datenterm (Ableitungen des optischen Flusses).
  Default: 40.0
  Wertevorschläge: `SmoothingFlow` ∈ {10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0, 80.0, 90.0, 100.0}
  Restriktion: SmoothingFlow > 0.0
- ▷ **SmoothingDisparity** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Gewicht des Regularisierungsterms relativ zum Datenterm (Ableitungen der Änderung der Disparität).
  Default: 40.0
  Wertevorschläge: `SmoothingDisparity` ∈ {10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0, 80.0, 90.0, 100.0}
  Restriktion: SmoothingDisparity > 0.0
- ▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Parametername(n) für den Algorithmus.
  Default: 'default_parameters'
  Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'default_parameters', 'warp_levels', 'warp_zoom_factor', 'warp_last_level', 'outer_iter', 'inner_iter', 'sor_iter', 'omega'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Parameterwert(e) für den Algorithmus.
  Default: 'accurate'
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'very_accurate', 'accurate', 'fast', 'very_fast', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 0.5, 0.6, 0.7, 0.75, 3, 5, 7, 2, 3, 1.9}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `scene_flow_uncalib` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`binocular_disparity`, `binocular_disparity_mg`

Nachfolger

`threshold`, `vector_field_length`

Alternativen

`scene_flow_calib`, `optical_flow_mg`

Literatur

A. Wedel, C. Rabe, T. Vaudrey, T. Brox, U. Franke and D. Cremers: „Efficient dense scene flow from sparse or dense stereo data“; In: Proceedings of the 10th European Conference on Computer Vision: Part I, pages 739-751. Springer-Verlag, 2008.

Modul

Foundation

11.16 Texturinspektion

deviation_image (Image : ImageDeviation : Width, Height :)

Standardabweichung der Grauwerte in Rechteckfenstern.

deviation_image transformiert die Grauwerte der Eingabebilder aus Image mit Hilfe einer Filtermaske (Height, Width), in der die Standardabweichung der Grauwerte berechnet wird. Um den Grauwertbereich des Ergebnisbildes besser auszunutzen, wird das Ergebnis mit 2 multipliziert. Das Ergebnis wird in ImageDeviation übergeben. Die Steuerparameter Height, Width werden, falls sie jeweils einen geraden Wert haben, zu dem nächstgrößeren ungeraden Wert gewandelt. An den Bildrändern wird eine Spiegelung der Randpunkte durchgeführt.

Achtung

deviation_image kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Da der gleiche OpenCL Code verwendet wird, gelten die selben Einschränkungen wie für mean_image. Das Ergebnis kann geringfügig von dem der CPU abweichen, da intern mit einfach genauer Fließkommaarithmetik gerechnet wird.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int4 / real / int2 / uint2
  Bilder, für deren Grauwerte die Standardabweichung berechnet werden sollen.
- ▷ **ImageDeviation** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte / int4 / real / int2 / uint2
  Bilder, die die Standardabweichung enthalten.
- ▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite der Filtermaske.
  Default: 11
  Wertevorschläge: Width ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25}
  Restriktion: 3 <= Width && odd(Width) && Width < width(Image) * 2
- ▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe der Filtermaske.
  Default: 11
  Wertevorschläge: Height ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25}
  Restriktion: 3 <= Height && odd(Height) && Height < height(Image) * 2

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
dev_display(Image)
deviation_image(Image,Deviation,9,9)
dev_display(Image)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deviation_image den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

disp_image

Alternativen

entropy_image, entropy_gray

Siehe auch

convol_image, texture_laws, intensity

Modul

Foundation

entropy_image (Image : ImageEntropy : Width, Height :)

Entropie der Grauwerte in einem Rechteckfenster.

entropy_image transformiert die Grauwerte der Eingabebilder aus Image mit Hilfe einer Filtermaske (Height, Width), in der die Entropie der Grauwerte berechnet wird. Das Ergebnis wird in ImageEntropy abgelegt. Die Entropie wird dabei mit 32 multipliziert. Die Steuerparameter Height und Width werden, falls sie jeweils einen geraden Wert haben, zu dem nächstgrößeren ungeraden Wert gewandelt. An den Bildrändern wird eine Spiegelung der Randpunkte durchgeführt.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
Bilder, in denen die Entropie berechnet werden soll.

▷ **ImageEntropy** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
Ergebnisbild.

▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
Breite der Filtermaske.
Default: 9
Wertevorschläge: Width ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25}
Restriktion: 3 <= Width && odd(Width)

▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
Höhe der Filtermaske.
Default: 9
Wertevorschläge: Height ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25}
Restriktion: 3 <= Height && odd(Height)

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
dev_display(Image)
entropy_image(Image,Entropy,9,9)
dev_display(Entropy)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert entropy_image den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`entropy_gray`

Siehe auch

`energy_gabor`, `entropy_gray`

Modul

Foundation

`texture_laws` `( Image : ImageTexture : FilterTypes, Shift, FilterSize : )`

Texturfilter nach Laws.

`texture_laws` führt eine Texturtransformationen (nach Laws) durch. Dazu wird das Bild mit einem speziellen Filter gefaltet. Bei den Filtern handelt es sich um:

9 verschiedene 3×3-Matrizen, die sich aus folgenden drei Vektoren berechnen lassen:

$$\begin{array}{lll} \mathrm{l} & = & [\ 1 \quad 2 \quad 1] \\ \mathrm{e} & = & [-1 \quad 0 \quad 1] \\ \mathrm{s} & = & [-1 \quad 2 \quad -1] \end{array}$$

25 verschiedene 5×5-Matrizen, die sich aus folgenden fünf Vektoren berechnen lassen:

$$\begin{array}{lll} \mathrm{l} & = & [\ 1 \quad 4 \quad 6 \quad 4 \quad 1] \\ \mathrm{e} & = & [-1 \quad -2 \quad 0 \quad 2 \quad 1] \\ \mathrm{s} & = & [-1 \quad 0 \quad 2 \quad 0 \quad -1] \\ \mathrm{w} & = & [-1 \quad 2 \quad 0 \quad -2 \quad 1] \\ \mathrm{r} & = & [\ 1 \quad -4 \quad 6 \quad -4 \quad 1] \end{array}$$

49 verschiedene 7×7-Matrizen, die sich aus folgenden sieben Vektoren berechnen lassen:

$$\begin{array}{lll} \mathrm{l} & = & [\ 1 \quad 6 \quad 15 \quad 20 \quad 15 \quad 6 \quad 1] \\ \mathrm{e} & = & [-1 \quad -4 \quad -5 \quad 0 \quad 5 \quad 4 \quad 1] \\ \mathrm{s} & = & [-1 \quad -2 \quad 1 \quad 4 \quad 1 \quad -2 \quad -1] \\ \mathrm{w} & = & [-1 \quad 0 \quad 3 \quad 0 \quad -3 \quad 0 \quad 1] \\ \mathrm{r} & = & [\ 1 \quad -2 \quad -1 \quad 4 \quad -1 \quad -2 \quad -1] \\ \mathrm{u} & = & [\ 1 \quad -4 \quad 5 \quad 0 \quad -5 \quad 4 \quad -1] \\ \mathrm{o} & = & [-1 \quad 6 \quad -15 \quad 20 \quad -15 \quad 6 \quad -1] \end{array}$$

Die Namen der Filter sind Abkürzungen für „Level“, „Edge“, „Spot“, „Wave“, „Ripple“, „Undulation“ und „Oscillation“.

Bei den meisten Filtern ist eine Reduktion der Grauwerte durch einen `Shift` durchzuführen. Auf diese Weise wird im Ausgabebild der Unterschied zwischen zwei Texturen des Eingabebildes vergleichbarer, sofern es sich um den geeigneten Filter handelt.

Der Name der Filter setzt sich aus den Buchstaben der beiden Vektoren zusammen (z.B. ’es’). Dabei gibt der erste Buchstabe die Faltung in Spaltenrichtung und der zweite die Faltung in Zeilenrichtung an.

Achtung

`texture_laws` kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Bilder, die texturtransformiert werden sollen.
- ▷ **`ImageTexture`** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Texturbilder.
- ▷ **`FilterTypes`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Gewünschter Filter.
  Default: 'el'
  Wertevorschläge: `FilterTypes` ∈ {'ll', 'le', 'ls', 'lw', 'lr', 'lu', 'lo', 'el', 'ee', 'es', 'ew', 'er', 'eu', 'eo', 'sl', 'se', 'ss', 'sw', 'sr', 'su', 'so', 'wl', 'we', 'ws', 'ww', 'wr', 'wu', 'wo', 'rl', 're', 'rs', 'rw', 'rr', 'ru', 'ro', 'ul', 'ue', 'us', 'uw', 'ur', 'uu', 'uo', 'ol', 'oe', 'os', 'ow', 'or', 'ou', 'oo'}
- ▷ **`Shift`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Shift der Grauwerte zur Dynamikverringerung.
  Default: 2
  Wertevorschläge: `Shift` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}
- ▷ **`FilterSize`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Größe des Filterkerns.
  Default: 5
  Werteliste: `FilterSize` ∈ {3, 5, 7}

Beispiel

```
* Simple two-dimensional pixel classification
dev_get_window (WindowHandle)
read_image(Image,'combine')
texture_laws(Image,Texture1,'es',3,7)
texture_laws(Image,Texture2,'le',7,7)
MaskSize := 51
mean_image(Texture1,H1,MaskSize,MaskSize)
mean_image(Texture2,H2,MaskSize,MaskSize)
dev_clear_window ()
dev_display (Image)
dev_set_color ('green')
write_string (WindowHandle, 'Mark region within one texture area')
draw_region(Region,WindowHandle)
reduce_domain(H1,Region,Foreground1)
reduce_domain(H2,Region,Foreground2)
histo_2dim(Region,Foreground1,Foreground2,Histo)
get_image_size (Image, Width, Height)
threshold(Histo,Characteristic_area,1,Width*Height)
ShowIntermediateResult := 0
if (ShowIntermediateResult)
  histo_2dim(H1,H1,H2,HistoFull)
  dev_clear_window ()
  dev_set_lut ('sqrt')
  dev_display (HistoFull)
  dev_set_draw ('margin')
  dev_display (Characteristic_area)
  stop ()
  dev_set_lut ('default')
  dev_set_draw ('fill')
endif
class_2dim_sup(H1,H2,Characteristic_area,Seg)
dev_display (Image)
```

```
dev_set_color ('red')
dev_display (Seg)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `texture_laws` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

`mean_image`, `binomial_filter`, `gauss_filter`, `median_image`, `histo_2dim`, `learn_ndim_norm`, `threshold`

Alternativen

`convol_image`

Siehe auch

`class_2dim_sup`, `class_ndim_norm`

Literatur

Laws, Kenneth Ivan. „Textured Image Segmentation“; Ph.D. Thesis, Department of Electrical Engineering, Image Processing Institute, University of Southern California, 1980

Modul

Foundation

11.17 Verbesserung

`coherence_enhancing_diff` `( Image : ImageCED : Sigma, Rho, Theta, Iterations : )`

Kohärenz verstärkende Diffusion eines Bildes.

Der Operator `coherence_enhancing_diff` führt einen anisotropen Diffusionsvorgang auf dem Eingabebild `Image` durch mit dem Ziel, die Kohärenz der in `Image` enthaltenen Bildstrukturen zu erhöhen, das heißt insbesondere, unterbrochene Bildkanten diffusiv miteinander zu verbinden ohne sie dabei senkrecht zur Kantenrichtung zu verschmieren. Dazu nutzt `coherence_enhancing_diff` eine Diskretisierung der anisotropen Diffusionsgleichung

$$u_t = div(G(u)\nabla u)$$

nach Weickert. Mit einer von den Grauwerten in `Image` abhängigen 2×2 Koeffizientenmatrix G ist diese eine Weiterentwicklung der Krümmungsfluss- oder intrinsischen Wärmeleitungsgleichung

$$u_t = div(\frac{\nabla u}{|\nabla u|})|\nabla u| = curv(u)|\nabla u|$$

auf der durch das Eingabebild `Image` zu einem Zeitpunkt $t_0 = 0$ definierten Grauwertfunktion u. Der Glättungsoperator `mean_curvature_flow` verwendet die Krümmungsflussgleichung direkt. Die diskrete Diffusionsgleichung wird in `Iterations` Zeitschritten der Länge `Theta` gelöst, so dass das Ausgabebild `ImageCED` die Grauwertfunktion zur Zeit `Iterations` · `Theta` enthält.

Um die Kantenrichtungen insbesondere bei verrauschten Eingabedaten stabiler zu bestimmen, kann der Berechnung der Grauwertgradienten ein zusätzlicher isotroper Glättungsschritt vorgeschaltet werden. Der Parameter `Sigma` bestimmt die Stärke dieser Glättung als Standardabweichung des zugehörigen Gauß-Faltungskernes, wie er auch im Operator `isotropic_diffusion` zur isotropen Glättung eines Bildes verwendet wird.

Während die Matrix G im Fall des Krümmungsflusses `mean_curvature_flow` gegeben wird durch

$$G_{MCF}(u) = I - \frac{1}{|\nabla u|^2} \nabla u (\nabla u)^T,$$

wobei I die Einheitsmatrix bezeichnet, wird die Matrix G_{MCF} in `coherence_enhancing_diff` komponentenweise in Ortsrichtung durch einen Gauß-Filter mit Standardabweichung `Rho` geglättet und anschließend aus den Eigenwerten λ_1, λ_2 und Eigenvektoren w_1, w_2 der so entstandenen Matrix die endgültige Koeffizientenmatrix

$$G_{CED} = g_1\left((\lambda_1 - \lambda_2)^2\right) w_1 (w_1)^T + g_2\left((\lambda_1 - \lambda_2)^2\right) w_2 (w_2)^T$$

konstruiert, wobei die Funktionen

$$\begin{aligned} g_1(p) &= 0.001 \\ g_2(p) &= 0.001 + 0.999 \exp\left(\frac{-1}{p}\right) \end{aligned}$$

empirisch bestimmt und aus der Veröffentlichung von Weickert entnommen sind.

Die Diffusionsrichtung wird bei `mean_curvature_flow` also alleine durch die lokale Richtung des Grauwertgradienten bestimmt, wohingegen G_{CED} die makroskopische Struktur der Bildobjekte auf der Skala `Rho` wiedergibt und die Stärke der Diffusion in `coherence_enhancing_diff` davon abhängt, wie gut diese Struktur definiert ist.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **ImageCED** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ausgabebild.
- ▷ **Sigma** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Glättungsparameter für Ableitungsoperator.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {0.0, 0.1, 0.5, 1.0}
  Restriktion: Sigma >= 0
- ▷ **Rho** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Glättungsparameter für Diffusionskoeffizienten.
  Default: 3.0
  Wertevorschläge: `Rho` ∈ {0.0, 1.0, 3.0, 5.0, 10.0, 30.0}
  Restriktion: Rho >= 0
- ▷ **Theta** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Zeitschritt.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: `Theta` ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5}
  Restriktion: 0 < Theta <= 0.5
- ▷ **Iterations** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl Iterationen.
  Default: 10
  Wertevorschläge: `Iterations` ∈ {1, 5, 10, 20, 50, 100, 500}
  Restriktion: Iterations >= 1

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Literatur

J. Weickert, V. Hlavac, R. Sara; „Multiscale texture enhancement“; Computer analysis of images and patterns, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 970, pp. 230-237; Springer, Berlin; 1995.

J. Weickert, B. ter Haar Romeny, L. Florack, J. Koenderink, M. Viergever; „A review of nonlinear diffusion filtering“; Scale-Space Theory in Computer Vision, Lecture Notes in Comp. Science, Vol. 1252, pp. 3-28; Springer, Berlin; 1997.

Modul

Foundation

emphasize (Image : ImageEmphasize : MaskWidth, MaskHeight, Factor :)

Kontrast des Bildes verbessern.

emphasize hebt hochfrequente Anteile im Bild hervor (Kanten und Ecken). Das Ergebnisbild erscheint daher schärfer.

Die Prozedur führt zunächst eine Filterung mit dem Tiefpass (mean_image) durch. Aus den so gewonnenen Grauwerten ($mean$) und den Originalgrauwerten ($orig$) werden die Ergebnisgrauwerte (res) wie folgt berechnet:

$$res := round((orig - mean) * \texttt{Factor}) + orig$$

Factor dient somit als Maß für die Kontraststeigerung. Die Trennfrequenz wird über die Größe der Filtermatrix festgelegt. Je größer die Matrix ist, desto niedriger wird die Trennfrequenz.

Als Randbehandlungen werden die Grauwerte an den Bildrändern gespiegelt. Über- bzw. Unterlauf von Grauwerten wird beschnitten.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
Zu verbesserndes Bild.

▷ **ImageEmphasize** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
Kontrastverstärktes Bild.

▷ **MaskWidth** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
Breite der Tiefpassmaske.
Default: 7
Wertevorschläge: MaskWidth ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 15, 21, 25, 31, 39}
Wertebereich: 3 ≤ MaskWidth
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **MaskHeight** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
Höhe der Tiefpassmaske.
Default: 7
Wertevorschläge: MaskHeight ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 15, 21, 25, 31, 39}
Wertebereich: 3 ≤ MaskHeight
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **Factor** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Stärke der Kontrastanhebung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Factor` ∈ {0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 1.4, 1.8, 2.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Factor (sqrt)
Empfohlene Schrittweite: 0.2

Beispiel

```
read_image(Image,'mreut')
dev_display (Image)
draw_region(Region,WindowHandle)
reduce_domain(Image,Region,Mask)
emphasize(Mask,Sharp,7,7,2.0)
dev_display (Sharp)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `emphasize` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`mean_image`, `sub_image`, `laplace`, `add_image`

Siehe auch

`mean_image`, `highpass_image`

Modul

Foundation

equu_histo_image (Image : ImageEquHisto : :)

Histogrammlinearisierung von Bildern

`equ_histo_image` dient der Kontrastverbesserung. Ausgangspunkt dafür ist das Histogramm der Eingabebilder. Es wird folgende einfache Grauwerttransformation $f(g)$ für Bilder vom Typ byte durchgeführt:

$$f(g) = 255 \sum_{x=0\ldots g} h(x)$$

Dabei bezeichnet $h(x)$ die relative Häufigkeit des Auftretens des Grauwertes x. Für Bilder vom Typ uint2 ist der einzige Unterschied, dass statt 255 ein anderer Maximalwert verwendet wird. Dieser Wert wird aus der mit dem Eingabebild abgespeicherten Anzahl signifikanter Bits berechnet, falls dieser Wert gesetzt ist. Ansonsten wird der Wert des Systemparameters *'int2_bits'* verwendet (siehe `set_system`), falls er gesetzt (d.h. ungleich -1) ist. Falls keiner der beiden Werte gesetzt ist, wird die Anzahl signifikanter Bits auf 16 gesetzt.

Diese Transformation linearisiert das kumulative Histogramm. Maxima im ursprünglichen Histogramm werden „gespreizt“ und damit der Kontrast in Bildregionen mit diesen häufig auftretenden Grauwerten erhöht. Vermeintlich

homogene Bereiche erhalten so besser sichtbare Strukturen. Andererseits wird natürlich auch das Rauschen im Bild entsprechend verstärkt. Minima im ursprünglichen Histogramm werden dual dazu „gestaucht“. Das transformierte Histogramm enthält dann zwar Lücken, die verbleibenden verwendeten Grauwerte treten aber etwa gleich häufig auf („histogram equalization“).

Achtung

`equ_histo_image` dient in erster Linie der optischen Aufbereitung von Bildern für einen menschlichen Betrachter. So kann beispielsweise die durchgeführte (lokale) Kontrastspreizung in der Folge zur Detektion von Scheinkanten führen.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Zu verbesserndes Bild.
- ▷ **`ImageEquHisto`** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Bild mit linearisierten Grauwerten.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`equ_histo_image_rect`, `scale_image`, `scale_image_max`, `illuminate`

Siehe auch

`equ_histo_image_rect`, `scale_image`

Literatur

R.C. Gonzales, P. Wintz: „Digital Image Processing“; Second edition; Addison Wesley; 1987.

Modul

Foundation

`equ_histo_image_rect` `( Image : ImageEquHisto : Mode, MaskWidth, MaskHeight, MaxContrast : )`

Histogrammlinearisierung innerhalb einer rechteckigen Maske.

`equ_histo_image_rect` dient der Kontrastverbesserung. Ähnlich zu `equ_histo_image` wird dabei eine Grauwerttransformation durchgeführt, die das kumulative Histogramm linearisiert. Anstatt des gesamten Bildes wird jedoch nur die lokale Nachbarschaft eines Pixels betrachtet, um die Transformation zu berechnen. Die Breite und Höhe dieser rechteckigen Nachbarschaftsregion wird durch die Parameter `MaskWidth` und `MaskHeight` bestimmt.

Die lokale Kontrastmaximierung verbessert die Sichtbarkeit von Strukturen mit schwachem Kontrast, verstärkt aber auch das Rauschen im Bild. Der Parameter `MaxContrast` kann benutzt werden, um den maximalen Kontrast in einer lokalen Nachbarschaft zu beschränken und die Verstärkung des Rauschens zu mildern. Diese Methode wird auch als Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) bezeichnet.

Der Parameter `Mode` legt den Verarbeitungsmodus fest. Im Modus *'accurate'* wird die Transformation für jeden Pixel so durchgeführt wie oben beschrieben. Im Modus *'fast'* wird die Transformation nur für eine Teilmenge aller Pixel berechnet und zwischen diesen Punkten interpoliert. Aufgrund dieser Interpolation können die Ergebnisse der beiden Modi deutlich voneinander abweichen.

Achtung

`equ_histo_image_rect` dient in erster Linie der optischen Aufbereitung von Bildern für einen menschlichen

Betrachter. So kann beispielsweise die durchgeführte (lokale) Kontrastspreizung in der Folge zur Detektion von Scheinkanten führen.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
Zu verbesserndes Bild.

▷ **ImageEquHisto** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
Bild mit linearisierten Grauwerten.

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Verarbeitungsmodus.
Default: 'accurate'
Wertevorschläge: `Mode` ∈ {'accurate', 'fast'}

▷ **MaskWidth** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Breite der Filtermaske.
Default: 51
Wertevorschläge: `MaskWidth` ∈ {31, 51, 101, 151}
Wertebereich: 1 ≤ MaskWidth
Minimale Schrittweite: 2
Restriktion: MaskWidth <= width(Image)

▷ **MaskHeight** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Höhe der Filtermaske.
Default: 51
Wertevorschläge: `MaskHeight` ∈ {31, 51, 101, 151}
Wertebereich: 1 ≤ MaskHeight
Minimale Schrittweite: 2
Restriktion: MaskHeight <= height(Image)

▷ **MaxContrast** (input_control) . . . . . real ⇝ *real* / integer
Maximal zulässiger Kontrast.
Default: 0.01
Wertevorschläge: `MaxContrast` ∈ {0, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.5, 1}
Wertebereich: 0 ≤ `MaxContrast` ≤ 1

Komplexität

Im Modus `Mode`=*'accurate'* verwendet `equ_histo_image_rect` einen Algorithmus mit konstanter Komplexität pro Pixel, so dass die Laufzeit des Operators nur von der Eingabebildgröße und nicht von der Maskengröße abhängt.

Im Modus `Mode`=*'fast'*, hängt die Anzahl der zu berechnenden Histogramme von der Maskengröße ab. Daher erhöht sich die Laufzeit bei kleinen Maskengrößen und verringert sich bei großen Maskengrößen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`equ_histo_image`, `scale_image`, `scale_image_max`, `illuminate`

Siehe auch

`equ_histo_image`, `scale_image`

Literatur

S. Pizer et al.: „Adaptive Histogram Equalization and Its Variations“; Computer Vision, Graphics, and Image Processing, vol. 39, no. 3, pp. 355-368, 1987, doi: 10.1016/S0734-189X(87)80186-X.

Philipp Härtinger, Carsten Steger: „Adaptive histogram equalization in constant time“; Journal of Real-Time Image Processing, vol. 21, article 93, 2024, doi: 10.1007/s11554-024-01465-1.

Modul

Foundation

illuminate (Image : ImageIlluminate : MaskWidth, MaskHeight, Factor :)

Ausleuchten von Bildern.

illuminate dient der Kontrastverbesserung. Sehr dunkle Bildteile werden besser „ausgeleuchtet“, sehr helle „abgedunkelt“. Sei $orig$ der Original Grauwert und $mean$ der mittels mean_image und Filtergröße MaskHeight x MaskWidth ermittelte zugehörige Grauwert des tiefpassgefilterten Bildes. Bei byte-Bildern ist val gleich 127, bei int2-Bildern und uint2-Bildern ist val gleich dem Mittelwert. Dann ist der Ergebnisgrauwert new:

$$new := round((val - mean) * \texttt{Factor} + orig)$$

Der Tiefpass sollte dabei recht groß dimensioniert werden (30 x 30 bis 200 x 200). Vernünftige Parameterkombinationen sind etwa:

MaskHeight	MaskWidth	Factor
40	40	0.55
100	100	0.7
150	150	0.8

d.h. je größer die Tiefpassmaske gewählt wird, desto größer sollte auch Factor eingestellt werden.

Hingewiesen sei noch auf folgenden „Scheinwerfereffekt“: Befindet sich in einem Bild beispielsweise ein dunkles Objekt vor einer hellen Wand, so wird das Objekt, in unmittelbarer Nähe der Objektkontur aber auch die ohnehin schon helle Wand durch die Anwendung von illuminate aufgehellt. Dies entspricht in etwa dem Effekt, der sich durch Anstrahlen des Objekts mit einem starken Scheinwerfer ergeben. Analoges gilt auch für helle Objekte vor einem dunklen Hintergrund. Der fiktive „Scheinwerfer“ verdunkelt nun allerdings Objekte.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Zu verbesserndes Bild.
- **ImageIlluminate** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  „Ausgeleuchtetes“ Bild.
- **MaskWidth** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite der Tiefpassmaske.
  Default: 101
  Wertevorschläge: MaskWidth ∈ {31, 41, 51, 71, 101, 121, 151, 201}
  Minimale Schrittweite: 2
  Empfohlene Schrittweite: 10
  Restriktion: MaskWidth < width(Image) * 2
- **MaskHeight** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe der Tiefpassmaske.
  Default: 101
  Wertevorschläge: MaskHeight ∈ {31, 41, 51, 71, 101, 121, 151, 201}
  Minimale Schrittweite: 2
  Empfohlene Schrittweite: 10
  Restriktion: MaskHeight < height(Image) * 2

▷ **Factor** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Damit wird der „Korrekturgrauwert“, der zu den Original Grauwerten addiert wird, skaliert.
Default: 0.7
Wertevorschläge: `Factor` ∈ {0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 5.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Factor
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.2

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
dev_display (Image)
illuminate(Image,Better,40,40,0.55)
dev_display (Better)
```

Ergebnis

`illuminate` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`scale_image_max`, `equ_histo_image`, `equ_histo_image_rect`, `mean_image`, `sub_image`

Siehe auch

`emphasize`, `gray_histo`

Modul

Foundation

mean_curvature_flow (Image : ImageMCF : Sigma, Theta, Iterations :)

Anwendung der Krümmungsflussgleichung auf ein Bild.

Der Operator `mean_curvature_flow` wendet die Krümmungsfluss- oder intrinsische Wärmeleitungsgleichung

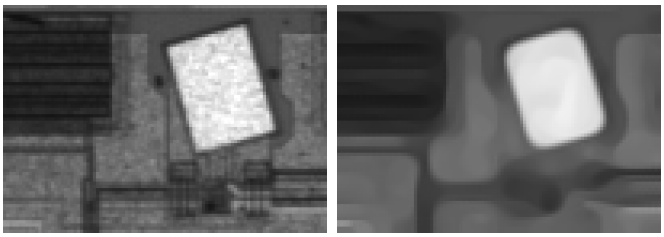
$$u_t = div(\frac{\nabla u}{|\nabla u|})|\nabla u| = curv(u)|\nabla u|$$

auf die durch das Eingabebild `Image` zu einem Zeitpunkt $t_0 = 0$ definierte Grauwertfunktion u an. Die diskretisierte Gleichung wird in `Iterations` Zeitschritten der Länge `Theta` gelöst, so dass das Ausgabebild `ImageMCF` die Grauwertfunktion zur Zeit `Iterations` · `Theta` enthält.

Der Krümmungsfluss bewirkt eine Glättung von `Image` in Richtung der Bildkanten, also entlang der Niveaulinien von u, während senkrecht zur Kantenrichtung keine Glättung durchgeführt wird und die Ränder von Bildobjekten somit nicht verwischen. Um die Kantenrichtungen insbesondere bei verrauschten Eingabedaten stabiler zu bestimmen, kann der Berechnung der Grauwertgradienten ein zusätzlicher isotroper Glättungsschritt vorgeschaltet werden. Der Parameter `Sigma` bestimmt die Stärke dieser Glättung als Standardabweichung des zugehörigen

Gauß-Faltungskernes, wie er auch im Operator `isotropic_diffusion` zur isotropen Glättung eines Bildes verwendet wird.

Die folgenden Abbildungen zeigen den Effekt der Parameter `Sigma`, `Theta`, und `Iterations`. Zuerst wird das Eingabebild zusammen mit dem Ergebnis dargestellt, das man mit den Defaultwerten erhält.

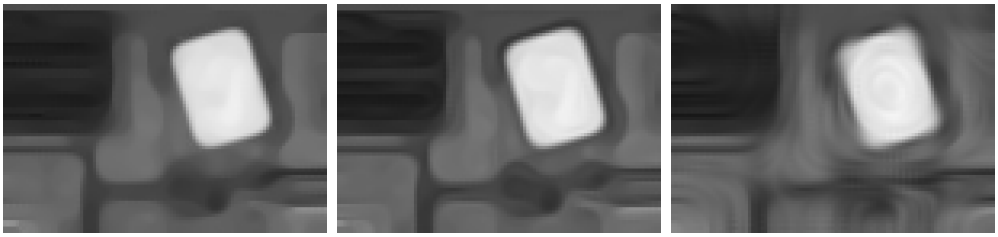


(1) (2)

(1) Eingabebild. (2) Ergebnis bei Verwendung der Defaultwerte.

In den folgenden Abbildungen werden die Ergebnisse dargestellt, die man erhält, wenn jeweils ein Parameterwert verändert wird, während die anderen beiden auf ihren jeweiligen Defaultwert gesetzt sind.

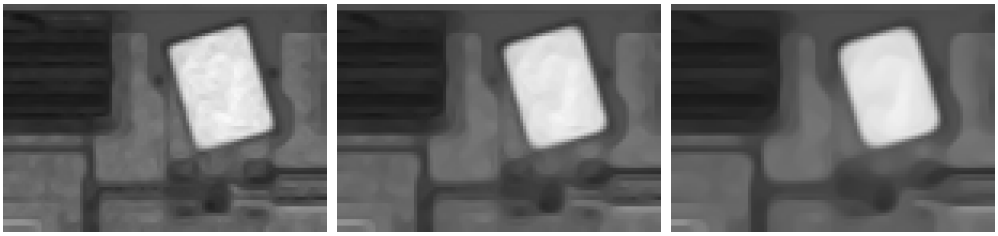
`Sigma` steuert die Stärke der Glättung, die vor der Berechnung der Grauwertgradienten durchgeführt wird. Es sollten keine zu großen Werte für `Sigma` verwendet werden, da dies zu unerwünschten Effekten führen kann.



(1) (2) (3)

(1) Sigma = 0.0. (2) Sigma = 1.0. (3) Sigma = 10.0.

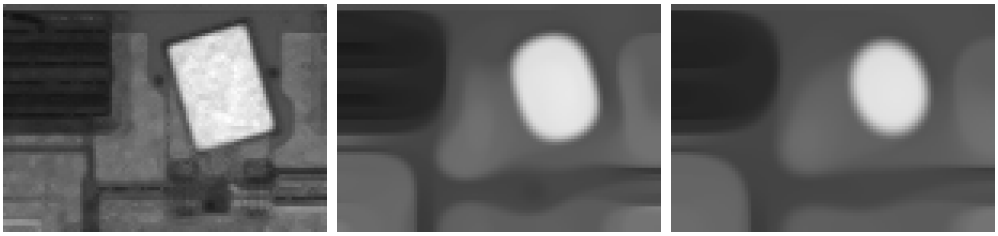
`Theta` steuert die Schrittweite innerhalb des iterativen Glättungsprozesses. Größere Werte führen zu einer stärkeren Glättung.



(1) (2) (3)

(1) Theta = 0.1. (2) Theta = 0.2. (3) Theta = 0.4.

`Iterations` legt die Anzahl von Iterationen fest, die durchgeführt werden. Mit steigender Anzahl von Iterationen nimmt auch die Laufzeit zu. Darüber hinaus kann eine hohe Anzahl von Iterationen zu einem Verlust der Bildstruktur im geglätteten Bild führen.



(1) (2) (3)

(1) Iterations = 1. (2) Iterations = 50. (3) Iterations = 100.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **ImageMCF** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ausgabebild.
- ▷ **Sigma** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Glättungsparameter für Ableitungsoperator.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {0.0, 0.1, 0.5, 1.0}
  Restriktion: Sigma >= 0
- ▷ **Theta** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Zeitschritt.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: `Theta` ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5}
  Restriktion: 0 < Theta <= 0.5
- ▷ **Iterations** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl Iterationen.
  Default: 10
  Wertevorschläge: `Iterations` ∈ {1, 5, 10, 20, 50, 100, 500}
  Restriktion: Iterations >= 1

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Literatur

M. G. Crandall, P. Lions; „Convergent Difference Schemes for Nonlinear Parabolic Equations and Mean Curvature Motion“; Numer. Math. 75 pp. 17-41; 1996.

G. Aubert, P. Kornprobst; „Mathematical Problems in Image Processing“; Applied Mathematical Sciences 147; Springer, New York; 2002.

Modul

Foundation

scale_image_max (Image : ImageScaleMax : :)

Maximale Grauwertspreizung auf den Wertebereich 0 bis 255.

`scale_image_max` berechnet Minimum und Maximum und skaliert das Bild hiermit auf den maximalen Wertebereich eines Byte-Bildes. Hierdurch wird die Dynamik (Wertebereich) voll ausgeschöpft. Die Anzahl der unterschiedlichen Graustufen ändert sich nicht. Es entsteht aber i.a. ein visuell besserer Eindruck. Bei Bildern vom Typ *'real'*, *'int2'*, *'uint2'*, *'int4'* und *'int8'* werden die Grauwerte auf den Bereich *0* bis *255* skaliert und als *'byte'*-Bild ausgegeben.

Achtung

Die Ausgabe ist immer ein Ergebnisbild vom Typ *'byte'*.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
Zu skalierendes Bild.

▷ **ImageScaleMax** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* byte
Kontrastverstärktes Bild.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Nachfolger

`disp_image`

Alternativen

`equ_histo_image`, `equ_histo_image_rect`, `scale_image`, `illuminate`, `convert_image_type`

Siehe auch

`min_max_gray`, `gray_histo`

Modul

Foundation

shock_filter (Image : SharpenedImage : Theta, Iterations, Mode, Sigma :)

Anwendung eines Schockfilters auf ein Bild.

Der Operator `shock_filter` wendet einen Schockfilter zur Schärfung von Bildkanten auf das Eingabebild `Image` an. Das Prinzip eines Schockfilters beruht darauf, die Grauwerte eines Bildes durch Dilation und Erosion von beiden Seiten auf eine Kante zu zu transportieren und erfüllt somit die Differentialgleichung

$$u_t = s\,|\nabla u|$$

auf der zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ durch die Grauwerte in `Image` definierten Funktion u. Die diskretisierte Gleichung wird in `Iterations` Zeitschritten der Länge `Theta` gelöst, so dass das Ausgabebild `SharpenedImage` die Grauwertfunktion zur Zeit `Iterations` · `Theta` enthält.

Die Entscheidung für Dilation oder Erosion wird über die Vorzeichenfunktion $s \in \{-1, 0, +1\}$ mit Hilfe eines üblichen Kantendetektors getroffen. Es stehen der Detektor von Canny

$$s = -sgn\left(D^2u(\frac{\nabla u}{|\nabla u|}, \frac{\nabla u}{|\nabla u|})\right)$$

mit `Mode` $= 'canny'$ und der Detektor von Marr/Hildreth (der Laplace-Operator)

$$s = -sgn(\Delta u)$$

mit `Mode` $= 'laplace'$ zur Verfügung.

Damit die Erkennung der Kanten, insbesondere bei verrauschten Bildern, robuster erfolgt, kann diese auf einer geglätteten Bildmatrix ausgeführt werden. Dazu kann im Parameter `Sigma` die Standardabweichung eines Gaußkernes angegeben werden, mit dem die Bildmatrix gefaltet werden soll.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Eingabebild.

▷ **SharpenedImage** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Ausgabebild.

▷ **Theta** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Zeitschritt.
Default: 0.5
Wertevorschläge: `Theta` ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7}
Restriktion: 0 < Theta <= 0.7

▷ **Iterations** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl Iterationen.
Default: 10
Wertevorschläge: `Iterations` ∈ {1, 3, 10, 100}
Restriktion: Iterations >= 1

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art des Kantendetektors.
Default: 'canny'
Werteliste: `Mode` ∈ {'laplace', 'canny'}

▷ **Sigma** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Glättung des Kantendetektors.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0}
Restriktion: Theta >= 0

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Literatur

F. Guichard, J. Morel; „A Note on Two Classical Shock Filters and Their Asymptotics“; Michael Kerckhove (Ed.): Scale-Space and Morphology in Computer Vision, LNCS 2106, pp. 75-84; Springer, New York; 2001.

G. Aubert, P. Kornprobst; „Mathematical Problems in Image Processing“; Applied Mathematical Sciences 147; Springer, New York; 2002.

Modul

Foundation

11.18 Wienerfilter

gen_psf_defocus (: Psf : PSFwidth, PSFheight, Blurring :)

Erzeugung der Impulsantwort einer gleichmäßigen Defokussierung.

`gen_psf_defocus` erzeugt die Impulsantwort (im Ortsraum) einer gleichmäßigen Defokussierung als Bildobjekt vom Bildtyp `real`. Seine Breite bzw. Höhe lässt sich durch `PSFwidth` und `PSFheight` angeben. Die Bildbeeinträchtigung betrifft das gesamte Bild gleichermaßen. Ihr Ausmaß wird durch `Blurring` angegeben. Dieser Parameter beschreibt den sogenannten „Defokussierungsradius“. Durch die falsche Fokussierung wird jeder Bildpunkt (im Prinzip) auf eine kleine Kreisfläche abgebildet. Dadurch wird das Ergebnisbild unscharf. Der Radius dieses Kreises wird also durch `Blurring` (in Bildpunkten) festgelegt. Falls er kleiner als null eingegeben wird, so wird sein Betrag verwendet. Das erzeugte float-Bild enthält die gewünschte Impulsantwort im Ortsraum, wobei ihre Darstellung voraussetzt, dass sich der Nullpunkt in der Bildecke („links oben“) befindet. Das bedeutet folgende Einteilung der insgesamt NxM-großen Bildmatrix in vier rechteckige Regionen:

- Erstes Rechteck („links oben“): (Bildkoordinaten $xb = 0..(N/2) - 1$, $yb = 0..(M/2) - 1$)
  -entspricht dem vierten Quadranten des kartesischen Koordinatensystems, enthält also die Werte der Impulsantwort für $x = 0..N/2$ und $y = 0.. - M/2$
- Zweites Rechteck („rechts oben“): (Bildkoordinaten $xb = N/2..N - 1$, $yb = 0..(M/2) - 1$)
  -entspricht dem dritten Quadranten des kartesischen Koordinatensystems, enthält also die Werte der Impulsantwort für $x = -N/2.. - 1$ und $y = -1.. - M/2$
- Drittes Rechteck („links unten“): (Bildkoordinaten $xb = 0..(N/2) - 1$, $yb = M/2..M - 1$)
  -entspricht dem ersten Quadranten des kartesischen Koordinatensystems, enthält also die Werte der Impulsantwort für $x = 1..N/2$ und $y = M/2..0$
- Viertes Rechteck („rechts unten“): (Bildkoordinaten $xb = N/2..N - 1$, $yb = M/2..M - 1$)
  -entspricht dem zweiten Quadranten des kartesischen Koordinatensystems, enthält also die Werte der Impulsantwort für $x = -N/2.. - 1$ und $y = M/2..1$

Aufgrund dieser Darstellungsform ist es möglich, die erzeugte Impulsantwort direkt als Eingabe der Routine `wiener_filter` zu verwenden, um ein defokussiertes Bild mittels Wiener-Filterung zu restaurieren.

Parameter

▷ **`Psf`** (output_object) ..... image ⇝ *object :* real
Impulsantwort einer gleichmäßigen Defokussierung.

▷ **`PSFwidth`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Breite der Impulsantwort-Bildmatrix.
Default: 256
Wertevorschläge: `PSFwidth` ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ PSFwidth

▷ **`PSFheight`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Höhe der Impulsantwort-Bildmatrix.
Default: 256
Wertevorschläge: `PSFheight` ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ PSFheight

▷ **`Blurring`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Stärke der Beeinträchtigung (Defokussierungsradius).
Default: 5.0
Wertevorschläge: `Blurring` ∈ {1.0, 5.0, 10.0, 15.0, 18.0}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_psf_defocus` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`simulate_motion`, `gen_psf_motion`

Nachfolger

`simulate_defocus`, `wiener_filter`, `wiener_filter_ni`

Siehe auch

`simulate_defocus`, `gen_psf_motion`, `simulate_motion`, `wiener_filter`, `wiener_filter_ni`

Literatur

Reginald L. Lagendijk, Jan Biemond: Iterative Identification and Restoration of Images, Kluwer Academic Publishers Boston/Dordrecht/London, 1991

M. Lückenhaus:„Grundlagen des Wiener-Filters und seine Anwendung in der Bildanalyse“; Diplomarbeit; Technische Universität München, Institut für Informatik; Lehrstuhl Prof. Radig; 1995.

Modul

Foundation

gen_psf_motion (: Psf : PSFwidth, PSFheight, Blurring, Angle, Type :)

Erzeugung der Impulsantwort einer geradlinigen Bewegungsverschlechterung.

gen_psf_motion erzeugt die Impulsantwort (im Ortsraum) einer geradlinigen Bewegungsverschlechterung als Bildobjekt vom Bildtyp real. Seine Breite bzw. Höhe lässt sich durch PSFwidth und PSFheight angeben. Die beschriebene Bewegung erfolgt entlang einer Linie. Ihre Richtung ist durch den Winkel zur x-Achse (gegen den Uhrzeigersinn) festgelegt. Dieser wird mit Angle im Gradmaß eingegeben. Zur Beschreibung von unterschiedlichen Bewegungsformen, stehen fünf Prototypen für die Impulsantwort zur Verfügung. Welcher Prototyp Verwendung findet, regelt Type. Folgende Werte sind möglich:

1. Umgekehrte Rampe (beschreibt in etwa eine Beschleunigung)
2. Umgekehrtes Trapezoid (beschreibt in etwa starke Beschleunigung)
3. Rechtecksfunktion (beschreibt (genau) konstante Geschwindigkeit)
4. Normales Trapezoid (beschreibt in etwa starkes Abbremsen)
5. Normale Rampe (beschreibt in etwa Abbremsen)

(Für alle anderen Werte wird automatisch die Rechtecksfunktion verwendet.) Die Bewegungsverschlechterung betrifft auf alle Fälle das gesamte eingegebene Bild. Ihr Ausmaß ist durch Blurring festgelegt. Dieser Parameter beschreibt, wie viele Bildpunkte, die auf der Geraden der Bewegungsrichtung hintereinander liegen, durch die Bewegungsverschlechterung betroffen sind. Die Anzahl der betroffenen Punkte wird durch die Bewegungsgeschwindigkeit, -beschleunigung und -zeitdauer bestimmt. Falls Blurring kleiner als null angegeben ist, so wird die Impulsantwort einer entsprechend starken Bewegung in entgegengesetzter Richtung erzeugt. Falls Angle kleiner als null eingegeben wird, so wird der Winkel im Uhrzeigersinn interpretiert. Falls Angle größer als 360 bzw. kleiner als -360 angegeben ist, so wird er modulo(360) in das Intervall $[0..360]$ bzw. $[-360..0]$ zurückgerechnet. Das erzeugte float-Bild enthält die gewünschte Impulsantwort im Ortsraum, wobei ihre Darstellung voraussetzt, dass sich der Nullpunkt in der Bildecke („links oben“) befindet. Das bedeutet folgende Einteilung der insgesamt NxM-großen Bildmatrix in vier rechteckige Regionen:

- Erstes Rechteck („links oben“): (Bildkoordinaten $xb = 0..(N/2)-1$, $yb = 0..(M/2)-1$)
  -entspricht dem vierten Quadranten des kartesischen Koordinatensystems, enthält also die Werte der Impulsantwort für $x = 0..N/2$ und $y = 0.. - M/2$
- Zweites Rechteck („rechts oben“): (Bildkoordinaten $xb = N/2..N-1$, $yb = 0..(M/2)-1$)
  -entspricht dem dritten Quadranten des kartesischen Koordinatensystems, enthält also die Werte der Impulsantwort für $x = -N/2.. - 1$ und $y = -1.. - M/2$
- Drittes Rechteck („links unten“): (Bildkoordinaten $xb = 0..(N/2)-1$, $yb = M/2..M-1$)
  -entspricht dem ersten Quadranten des kartesischen Koordinatensystems, enthält also die Werte der Impulsantwort für $x = 1..N/2$ und $y = M/2..0$
- Viertes Rechteck („rechts unten“): (Bildkoordinaten $xb = N/2..N-1$, $yb = M/2..M-1$)
  -entspricht dem zweiten Quadranten des kartesischen Koordinatensystems, enthält also die Werte der Impulsantwort für $x = -N/2.. - 1$ und $y = M/2..1$

Aufgrund dieser Darstellungsform ist es möglich, die erzeugte Impulsantwort direkt als Eingabe der Routine wiener_filter zu verwenden, um ein bewegungsverschlechtertes Bild mittels Wiener-Filterung zu restaurieren.

Parameter

▷ **Psf** (output_object) ..... image ⇝ *object :* real
Impulsantwort einer Bewegungsverschlechterung.

▷ **PSFwidth** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Breite der Impulsantwort-Bildmatrix.
Default: 256
Wertevorschläge: PSFwidth ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ PSFwidth

▷ **PSFheight** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Höhe der Impulsantwort-Bildmatrix.
Default: 256
Wertevorschläge: PSFheight ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ PSFheight

▷ **Blurring** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Stärke der Bewegungsverschlechterung.
Default: 20.0
Wertevorschläge: Blurring ∈ {5.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0}

▷ **Angle** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Winkel zwischen der Bewegungsrichtung und der x-Achse (gegen den Uhrzeigersinn).
Default: 0
Wertevorschläge: Angle ∈ {0, 45, 90, 180, 270}

▷ **Type** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Impulsantwort-Prototyp bzw. Form der Bewegung
Default: 3
Werteliste: Type ∈ {1, 2, 3, 4, 5}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gen_psf_motion den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

simulate_defocus, gen_psf_defocus

Nachfolger

simulate_motion, wiener_filter, wiener_filter_ni

Siehe auch

simulate_motion, simulate_defocus, gen_psf_defocus, wiener_filter, wiener_filter_ni

Literatur

Anil K. Jain:Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice-Hall International Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1989

M. Lückenhaus:„Grundlagen des Wiener-Filters und seine Anwendung in der Bildanalyse“; Diplomarbeit; Technische Universität München, Institut für Informatik; Lehrstuhl Prof. Radig; 1995.

Kha-Chye Tan, Hock Lim, B. T. G. Tan:„Restoration of Real-World Motion-Blurred Images“;S. 291-299 in: CVGIP Graphical Models and Image Processing, Vol. 53, No. 3, May 1991

Modul

Foundation

simulate_defocus (Image : DefocusedImage : Blurring :)

Simulation einer gleichmäßigen Defokussierung.

simulate_defocus simuliert eine Bildbeeinträchtigung. Ihre Ursache liegt in einer falschen Fokussierung des aufnehmenden Linsensystems. Die daraus resultierende Bildverschlechterung betrifft das gesamte Eingabebild gleichermaßen. Ihr Ausmaß wird durch Blurring angegeben. Dieser Parameter beschreibt den sogenannten „Defokussierungsradius“. Durch die falsche Fokussierung wird jeder Bildpunkt (im Prinzip) auf eine kleine Kreisfläche abgebildet. Dadurch wird das Ergebnisbild unscharf. Der Radius dieses Kreises wird also durch Blurring (in Bildpunkten) festgelegt. Falls er kleiner als null eingegeben wird, so wird sein Betrag verwendet. Die Simulation der Bildbeeinträchtigung erfolgt durch eine Faltung vom Eingabebild mit einer Impulsantwort, die eine

gleichmäßige Defokussierung beschreibt. simulate_defocus erzeugt die benötigte Impulsantwort und multipliziert ihre (diskrete) Fouriertransformierte mit der des Eingabebildes. Das in den Ortsraum zurück transformierte Produkt stellt das defokussierte Bild dar.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Bild, das beeinträchtigt werden soll.

▷ **DefocusedImage** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* real
Defokussiertes Bild.

▷ **Blurring** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Stärke der Beeinträchtigung (Defokussierungsradius).
Default: 5.0
Wertevorschläge: Blurring ∈ {1.0, 5.0, 10.0, 15.0, 18.0}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert simulate_defocus den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Bei einer leeren Eingabe wird mit einer entsprechenden Fehlermeldung abgebrochen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Vorgänger

gen_psf_defocus, simulate_motion, gen_psf_motion

Nachfolger

wiener_filter, wiener_filter_ni

Siehe auch

gen_psf_defocus, simulate_motion, gen_psf_motion

Literatur

Reginald L. Lagendijk, Jan Biemond: Iterative Identification and Restoration of Images, Kluwer Academic Publishers Boston/Dordrecht/London, 1991

M. Lückenhaus:„Grundlagen des Wiener-Filters und seine Anwendung in der Bildanalyse“; Diplomarbeit; Technische Universität München, Institut für Informatik; Lehrstuhl Prof. Radig; 1995.

Modul

Foundation

simulate_motion (Image : MovedImage : Blurring, Angle, Type :)

Simulation einer geradlinigen Bewegungsverschlechterung.

simulate_motion simuliert eine Bildbeeinträchtigung. Ihre Ursache liegt in einer relativen Bewegung zwischen dem aufzunehmenden Objekt und dem Aufnahmesystem während der Aufnahme. Die Bewegung erfolgte dabei entlang einer Linie. Ihre Richtung ist durch den Winkel zur x-Achse (gegen den Uhrzeigersinn) festgelegt. Dieser wird mit Angle im Gradmaß eingegeben. Die Simulation erfolgt durch eine Faltung vom Eingabebild mit einer Impulsantwort, die die jeweilige Bewegungsart beschreibt. simulate_motion erzeugt die benötigte Impulsantwort und multipliziert ihre (diskrete) Fouriertransformierte mit der des Eingabebildes. Das in den Ortsraum zurück transformierte Produkt stellt das bewegungsverschlechterte Bild dar. Zur Beschreibung von unterschiedlichen Bewegungsformen, stehen fünf Prototypen für die Impulsantwort zur Verfügung. Welcher Prototyp Verwendung findet, regelt Type. Folgende Werte sind möglich:

1. Umgekehrte Rampe (beschreibt in etwa eine Beschleunigung)
2. Umgekehrtes Trapezoid (beschreibt in etwa starke Beschleunigung)

3. Rechtecksfunktion (beschreibt (genau) konstante Geschwindigkeit)
4. Normales Trapezoid (beschreibt in etwa starkes Abbremsen)
5. Normale Rampe (beschreibt in etwa Abbremsen)

(Für alle anderen Werte wird automatisch die Rechtecksfunktion verwendet.) Die Bewegungsverschlechterung betrifft auf alle Fälle das gesamte eingegebene Bild. Ihr Ausmaß ist durch `Blurring` festgelegt. Dieser Parameter beschreibt, wie viele Bildpunkte, die auf einer Geraden in Bewegungsrichtung hintereinander liegen, durch die Bewegungsverschlechterung betroffen sind. Die Anzahl der betroffenen Punkte wird durch die Bewegungsgeschwindigkeit, -beschleunigung und -zeitdauer bestimmt. Falls `Blurring` kleiner als null angegeben ist, so wird eine entsprechend starke Bewegung in entgegengesetzter Richtung simuliert. Falls `Angle` kleiner als null eingegeben wird, so wird der Winkel im Uhrzeigersinn interpretiert. Falls `Angle` größer als 360 bzw. kleiner als -360 angegeben ist, so wird er modulo(360) in das Intervall $[0..360]$ bzw. $[-360..0]$ zurückgerechnet.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Bild, das beeinträchtigt werden soll.

▷ **`MovedImage`** (output_object) ..... image ⇝ *object :* real
Bewegungsverschlechtertes Bild.

▷ **`Blurring`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Stärke der Bewegungsverschlechterung.
Default: 20.0
Wertevorschläge: `Blurring` ∈ {5.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0}

▷ **`Angle`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Winkel zwischen der Bewegungsrichtung und der x-Achse (gegen den Uhrzeigersinn).
Default: 0
Wertevorschläge: `Angle` ∈ {0, 45, 90, 180, 270}

▷ **`Type`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Impulsantwort-Prototyp bzw. Form der Bewegung.
Default: 3
Werteliste: `Type` ∈ {1, 2, 3, 4, 5}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `simulate_motion` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Bei einer leeren Eingabe wird mit einer entsprechenden Fehlermeldung abgebrochen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Vorgänger

`gen_psf_motion`, `gen_psf_motion`

Nachfolger

`simulate_defocus`, `wiener_filter`, `wiener_filter_ni`

Siehe auch

`gen_psf_motion`, `simulate_defocus`, `gen_psf_defocus`

Literatur

Anil K. Jain:Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice-Hall International Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1989

M. Lückenhaus:„Grundlagen des Wiener-Filters und seine Anwendung in der Bildanalyse“; Diplomarbeit; Technische Universität München, Institut für Informatik; Lehrstuhl Prof. Radig; 1995.

Kha-Chye Tan, Hock Lim, B. T. G. Tan:„Restoration of Real-World Motion-Blurred Images“;S. 291-299 in: CVGIP Graphical Models and Image Processing, Vol. 53, No. 3, May 1991

Modul

Foundation

wiener_filter (Image, Psf, FilteredImage : RestoredImage : :)

Bildrestauration mittels Wiener-Filterung.

wiener_filter liefert eine Abschätzung des unbeeinträchtigten Originalbildes. Die Abschätzung ist im Sinne eines minimalen, quadratischen Fehlers zwischen dem Originalbild und seiner Abschätzung optimal. Diese Abschätzung stellt eine restaurierte Version eines durch verschiedene Einflüsse (z.B. relative Bewegung zwischen aufzunehmendem Objekt und Aufnahmesystem, falsch fokussiertes Linsensystem, atmosphärische Störungen usw.) beeinträchtigten Bildes dar. Ausgangspunkt ist das beeinträchtigte Bild, das als Ausgabe eines gestörten, linearen Systems interpretiert wird. Das Verhalten eines linearen Systems, ist durch seine Impulsantwort bestimmt. Folgerichtig wird davon ausgegangen, dass das beeinträchtigte Bild das Ergebnis einer Faltung von Originalbild und Impulsantwort des linearen Systems darstellt. Diese Impulsantwort beschreibt die Bildaufnahme und die dabei aufgetretenen Störungen. Um auch Störungsursachen stochastischer Natur (Rauschen) einbeziehen zu können, wird zu dem Faltungsergebnis ein Rauschterm addiert. Insgesamt ergibt sich also das beeinträchtigte Bild aus

$[Faltung(ImpulsantwortundOriginalbild)] + Rauschterm$

Der Rauschterm beinhaltet zwei Komponenten, von denen jeweils eine das bildabhängige und bildunabhängige Rauschen beschreibt. Die Routine wiener_filter benötigt eine Bildversion, die (in der Vorverarbeitung durch den Anwender) mit einem Rauschfilter bearbeitet wurde. Diese rauschreduzierte Bildversion wird von wiener_filter dafür verwendet, die spektralen Leistungsdichten vom Rauschen und dem Originalbild abzuschätzen. Weiterhin ist durch den Anwender eine Impulsantwort zu erzeugen, die die spezielle Beeinträchtigung im Bild beschreibt. Die Impulsantwort wird als Bildmatrix eingegeben (Bildtyp: real). Sie stellt die Impulsantwort im Ortsraum dar und muss dahingehend in die Bildmatrix eingetragen werden, dass der Nullpunkt in der Bildecke „links oben“ liegt. Das bedeutet folgende Einteilung der insgesamt NxM-großen Bildmatrix in vier rechteckige Regionen:

- Erstes Rechteck („links oben“): (Bildkoordinaten $xb = 0..(N/2) - 1$, $yb = 0..(M/2) - 1$)
  -entspricht dem vierten Quadranten des kartesischen Koordinatensystems, enthält also die Werte der Impulsantwort für $x = 0..N/2$ und $y = 0.. - M/2$
- Zweites Rechteck („rechts oben“): (Bildkoordinaten $xb = N/2..N - 1$, $yb = 0..(M/2) - 1$)
  -entspricht dem dritten Quadranten des kartesischen Koordinatensystems, enthält also die Werte der Impulsantwort für $x = -N/2.. - 1$ und $y = -1.. - M/2$
- Drittes Rechteck („links unten“): (Bildkoordinaten $xb = 0..(N/2) - 1$, $yb = M/2..M - 1$)
  -entspricht dem ersten Quadranten des kartesischen Koordinatensystems, enthält also die Werte der Impulsantwort für $x = 1..N/2$ und $y = M/2..0$
- Viertes Rechteck („rechts unten“): (Bildkoordinaten $xb = N/2..N - 1$, $yb = M/2..M - 1$)
  -entspricht dem zweiten Quadranten des kartesischen Koordinatensystems, enthält also die Werte der Impulsantwort für $x = -N/2.. - 1$ und $y = M/2..1$

wiener_filter verwendet folgende Strategie zur Erzeugung des restaurierten Bildes:

- Abschätzen der spektralen Leistungsdichte des Originalbildes aus der des rauschgefilterten Eingabebildes.
- Subtrahieren der Bildwerte des rauschgefilterten Eingabebildes von denen des belassenen Eingabebildes ergibt eine Abschätzung der Rauschstärke an jedem Bildpunkt. Damit lässt sich die spektrale Leistungsdichte des Rauschens für jeden Bildpunkt abschätzen.
- Mit Hilfe des Quotienten der Leistungsdichten vom Rauschen und Originalbild und der Fouriertransformierten der Impulsantwort wird das Wiener-Filter gebildet.
- Durchführung der Wiener-Filterung durch Faltung von dem Eingabebild und der Frequenzantwort des Filters (= Multiplikation von deren diskreten Fouriertransformierten).
- Rücktransformiertes Ergebnis stellt das restaurierte Bild dar.

Das Restaurationsergebnis ist vom Bildtyp real.

Achtung

Die Impulsantwort Psf muss vom Bildtyp real sein und dieselbe Bildbreite und -länge wie Image und FilteredImage besitzen.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Beeinträchtigtes Bild, das gefiltert werden soll.

▷ **Psf** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* real
Impulsantwort (Point Spread Function) der Bildbeeinträchtigung (im Ortsraum mit dem Nullpunkt in der Bildecke angegeben).

▷ **FilteredImage** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Beeinträchtigtes, durch ein Rauschfilter vorverarbeitetes Bild, das gefiltert werden soll.

▷ **RestoredImage** (output_object) ..... image ⇝ *object :* real
Restauriertes Bild.

Beispiel

```
/* Restoration of a noisy image (size=256x256), that was blurred by motion*/
Hobject object;
Hobject restored;
Hobject psf;
Hobject noisefiltered;
/* 1. Generate a Point-Spread-Function for a motion-blur with       */
/*    parameter a=10 and direction along the x-axis                 */
gen_psf_motion(&psf,256,256,10,0,3);
/* 2. Noisefiltering of the image                                   */
median_image(object,&noisefiltered,"circle",2,0);
/* 3. Wiener-filtering                                              */
wiener_filter(object,psf,noisefiltered,&restored);
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `wiener_filter` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Bei einer leeren Eingabe wird mit einer entsprechenden Fehlermeldung abgebrochen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Vorgänger

`gen_psf_motion`, `simulate_motion`, `simulate_defocus`, `gen_psf_defocus`, `optimize_fft_speed`

Alternativen

`wiener_filter_ni`

Siehe auch

`simulate_motion`, `gen_psf_motion`, `simulate_defocus`, `gen_psf_defocus`

Literatur

M. Lückenhaus:„Grundlagen des Wiener-Filters und seine Anwendung in der Bildanalyse“; Diplomarbeit; Technische Universität München, Institut für Informatik; Lehrstuhl Prof. Radig; 1995

Azriel Rosenfeld, Avinash C. Kak: Digital Picture Processing, Computer Science and Aplied Mathematics, Academic Press New York/San Francisco/London 1982

Modul

Foundation

wiener_filter_ni (Image, Psf,
NoiseRegion : RestoredImage : MaskWidth, MaskHeight :)

Bildrestauration mittels Wiener-Filterung.

wiener_filter_ni (ni = noise-estimation integrated) liefert eine Abschätzung des unbeeinträchtigten Originalbildes. Die Abschätzung ist im Sinne eines minimalen, quadratischen Fehlers zwischen dem Originalbild und seiner Abschätzung optimal. Diese Abschätzung stellt eine restaurierte Version eines durch verschiedene Einflüsse (z.B. relative Bewegung zwischen aufzunehmendem Objekt und Aufnahmesystem, falsch fokussiertes Linsensystem, atmosphärische Störungen usw.) beeinträchtigten Bildes dar. Ausgangspunkt ist das beeinträchtigte Bild, das als Ausgabe eines gestörten, linearen Systems interpretiert wird. Das Verhalten eines linearen Systems, ist durch seine Impulsantwort bestimmt. Folgerichtig wird davon ausgegangen, dass das beeinträchtigte Bild das Ergebnis einer Faltung von Originalbild und Impulsantwort des linearen Systems darstellt. Diese Impulsantwort beschreibt die Bildaufnahme und die dabei aufgetretenen Störungen. Um auch Störungsursachen stochastischer Natur (Rauschen) einbeziehen zu können, wird zu dem Faltungsergebnis ein Rauschterm addiert. Insgesamt ergibt sich also das beeinträchtigte Bild aus

$$[Faltung(ImpulsantwortundOriginalbild)] + Rauschterm$$

Der Rauschterm beinhaltet zwei Komponenten, von denen jeweils eine das bildabhängige und bildunabhängige Rauschen beschreibt. Die Routine wiener_filter_ni schätzt die Stärke des Rauschens innerhalb einer Bildregion ab. Dies geschieht, indem mittels einer (ungewichteten) Median-Filterung (mit einer rechteckigen Filtermaske) eine rauschreduzierte Version der Bildregion erzeugt wird. Die Stärke des Rauschens ergibt sich punktweise durch Subtraktion des Median-Wertes vom dortigen Grauwert. Daraus wird die durchschnittliche Rauschamplitude innerhalb der Bildregion berechnet. Als zweites wird der durchschnittliche Grauwert des gesamten zu filternden Bildes gebildet. Hiermit lässt sich das durchschnittliche Verhältnis vom Rauschen und Bildwert abschätzen. Das Quadrat dieses Quotienten ergibt wiederum eine Abschätzung des Verhältnisses der spektralen Leistungsdichten vom Rauschen und Bild. Bei der Wiener-Filterung mit wiener_filter_ni wird also (im Gegensatz zu der Version von wiener_filter) angenommen, dass dieses Verhältnis innerhalb des gesamten Bildraums näherungsweise konstant bleibt. Die Bildregion, die die Grundlage der Rauschabschätzung bildet, muss durch den Anwender in einer Vorverarbeitung bestimmt werden. Dabei ist zu beachten, dass eine möglichst homogene Region auszuwählen ist, da starke Texturen oder Kanten große Fehler bei der Rauschabschätzung verursachen können. Um dem Anwender einen (begrenzten) Einfluss auf die Abschätzung zu ermöglichen, sind die Breite bzw. Höhe der rechteckigen Filtermaske als Eingabe-Steuerparameter anzugeben. Weiterhin ist durch den Anwender eine Impulsantwort zu erzeugen, die die spezielle Beeinträchtigung im Bild beschreibt. Die Impulsantwort wird als Bildmatrix eingegeben (Bildtyp: real). Sie stellt die Impulsantwort im Ortsraum dar und muss dahingehend in die Bildmatrix eingetragen werden, dass der Nullpunkt in der Bildecke „links oben“ liegt. Das bedeutet folgende Einteilung der insgesamt NxM-großen Bildmatrix in vier rechteckige Regionen:

- Erstes Rechteck („links oben“): (Bildkoordinaten $xb = 0..(N/2) - 1$, $yb = 0..(M/2) - 1$)
  -entspricht dem vierten Quadranten des kartesischen Koordinatensystems, enthält also die Werte der Impulsantwort für $x = 0..N/2$ und $y = 0.. - M/2$
- Zweites Rechteck („rechts oben“): (Bildkoordinaten $xb = N/2..N - 1$, $yb = 0..(M/2) - 1$)
  -entspricht dem dritten Quadranten des kartesischen Koordinatensystems, enthält also die Werte der Impulsantwort für $x = -N/2.. - 1$ und $y = -1.. - M/2$
- Drittes Rechteck („links unten“): (Bildkoordinaten $xb = 0..(N/2) - 1$, $yb = M/2..M - 1$)
  -entspricht dem ersten Quadranten des kartesischen Koordinatensystems, enthält also die Werte der Impulsantwort für $x = 1..N/2$ und $y = M/2..0$
- Viertes Rechteck („rechts unten“): (Bildkoordinaten $xb = N/2..N - 1$, $yb = M/2..M - 1$)
  -entspricht dem zweiten Quadranten des kartesischen Koordinatensystems, enthält also die Werte der Impulsantwort für $x = -N/2.. - 1$ und $y = M/2..1$

wiener_filter_ni verwendet folgende Strategie zur Erzeugung des restaurierten Bildes:

- Abschätzen des durchschnittlichen Verhältnisses der spektralen Leistungsdichten vom Rauschen und Originalbild (siehe oben). - Mit Hilfe dieses Verhältnisses und der Fouriertransformierten der Impulsantwort wird das Wiener-Filter gebildet. - Durchführung der Wiener-Filterung durch Faltung von dem Eingabebild und der Frequenzantwort des Filters (= Multiplikation von deren diskreten Fouriertransformierten). - Rücktransformiertes Produkt stellt das restaurierte Bild dar.

Das Restaurationsergebnis ist vom Bildtyp real.

Achtung

Die Impulsantwort Psf muss vom Bildtyp real sein und dieselbe Bildbreite und -länge wie Image besitzen. Die Bildregion zur Rauschabschätzung darf keine Bereiche außerhalb des Bildes umfassen. Die Filtermaskengröße MaskWidth und MaskHeight muss größer oder gleich 0 und kleiner oder gleich der Bildgröße sein. Werden für

MaskWidth und MaskHeight gerade statt ungerader Werte übergeben, verwendet die Routine an ihrer Stelle die nächstgrößeren ungeraden Werte (damit ist der Schwerpunkt der Filtermaske immer eindeutig bestimmt).

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
  Beeinträchtigtes Bild, das gefiltert werden soll.
- ▷ **Psf** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* real
  Impulsantwort (Point Spread Function) der Bildbeeinträchtigung (im Ortsraum mit dem Nullpunkt in der Bildecke angegeben).
- ▷ **NoiseRegion** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Bildregion, innerhalb der die durchschnittliche Stärke des Rauschens abgeschätzt werden soll.
- ▷ **RestoredImage** (output_object) ..... image ⇝ *object :* real
  Restauriertes Bild
- ▷ **MaskWidth** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Breite der rechteckigen Filtermaske, die bei der Median-Filterung zur internen Rauschabschätzung verwendet wird.
  Default: 3
  Wertevorschläge: MaskWidth ∈ {3, 5, 7, 9}
  Wertebereich: 0 ≤ MaskWidth ≤ width(Image)
- ▷ **MaskHeight** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Höhe der rechteckigen Filtermaske, die bei der Median-Filterung zur internen Rauschabschätzung verwendet wird.
  Default: 3
  Wertevorschläge: MaskHeight ∈ {3, 5, 7, 9}
  Wertebereich: 0 ≤ MaskHeight ≤ height(Image)

Beispiel

```
/* Restoration of a noisy image (size=256x256), that was blurred by motion*/
Hobject object;
Hobject restored;
Hobject psf;
Hobject noise_region;
/* 1. Generate a Point-Spread-Function for a motion-blur with       */
/*    parameter a=10 and direction of the x-axis                    */
gen_psf_motion(&psf,256,256,10,0,3);
/* 2. Segmentation of a region for the noise-estimation             */
open_window(0,0,256,256,0,"visible",&WindowHandle);
disp_image(object,WindowHandle);
draw_region(&noise_region,draw_region);
/* 3. Wiener-filtering                                              */
wiener_filter_ni(object,psf,noise_region,&restored,3,3);
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert wiener_filter_ni den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Bei einer leeren Eingabe wird mit einer entsprechenden Fehlermeldung abgebrochen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Vorgänger

gen_psf_motion, simulate_motion, simulate_defocus, gen_psf_defocus, optimize_fft_speed

Alternativen

wiener_filter

Siehe auch

simulate_motion, gen_psf_motion, simulate_defocus, gen_psf_defocus

Literatur

M. Lückenhaus:„Grundlagen des Wiener-Filters und seine Anwendung in der Bildanalyse“; Diplomarbeit; Technische Universität München, Institut für Informatik; Lehrstuhl Prof. Radig; 1995

Azriel Rosenfeld, Avinash C. Kak: Digital Picture Processing, Computer Science and Aplied Mathematics, Academic Press New York/San Francisco/London 1982

Modul

Foundation

Kapitel 12

Graphik

12.1 3D-Szene

add_scene_3d_camera (: : Scene3D, CameraParam : CameraIndex)

Hinzufügen einer Kamera zu einer 3D-Szene.

add_scene_3d_camera fügt eine Kamera zur 3D-Szene Scene3D hinzu und gibt den Index der Kamera in CameraIndex zurück. Die Kameraparameter der Kamera werden in CameraParam übergeben.

Zunächst befindet sich die neue Kamera am Ursprung des Weltkoordinatensystems. Ihre Pose kann mit set_scene_3d_camera_pose gesetzt werden.

Achtung

Kameras mit hyperzentrischen Objektiven werden nicht unterstützt. Falls CameraParam Verzeichnungskoeffizienten ungleich null enthält ist bei der Projektion großer Dreiecke oder Polygone (oder 3D-Primitive) darauf zu achten, dass die Verzeichnung nur auf die Punkte des Objektmodells angewandt werden. In der Projektion werden diese wiederum mit geraden Linien verbunden. Für eine gute Approximation der verzeichneten Linien sollte eine Triangulierung mit ausreichend kleinen Dreiecken verwendet werden.

Parameter

- ▷ **Scene3D** (input_control) . . . . . scene_3d ⇝ *handle*
  Handle der 3D-Szene.
- ▷ **CameraParam** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
  Parameter der neuen Kamera.
- ▷ **CameraIndex** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Index der neuen Kamera in der 3D-Szene.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert add_scene_3d_camera den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_scene_3d

Nachfolger

set_scene_3d_camera_pose, display_scene_3d

Modul

3D Metrology

add_scene_3d_instance (: : Scene3D, ObjectModel3D, Pose : InstanceIndex)

Hinzufügen einer Instanz eines 3D-Objektmodells zu einer 3D-Szene.

add_scene_3d_instance fügt eine Instanz des 3D-Objektmodells ObjectModel3D zur 3D-Szene Scene3D hinzu und gibt den Index der Instanz in InstanceIndex zurück. Werden mehrere Instanzen auf einmal hinzugefügt, kann entweder eine Pose für alle Instanzen oder für jede Instanz eine Pose übergeben werden.

Die Pose der Instanz im Koordinatensystem der Szene wird in Pose übergeben. Mit dem Operator set_scene_3d_instance_pose wird diese Pose geändert. Solange keine Pose für die Szene mit set_scene_3d_to_world_pose gesetzt wurde, bezieht sich diese Pose auf das Weltkoordinatensystem.

Mit set_scene_3d_instance_param können Parameter (z.B. Farbe) der Instanz verändert werden.

Parameter

- ▷ **Scene3D** (input_control) . . . . . scene_3d ⇝ *handle*
  Handle der 3D-Szene.
- ▷ **ObjectModel3D** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle des 3D-Objektmodells.
- ▷ **Pose** (input_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
  Pose des 3D-Objektmodells.
  Parameteranzahl: 7
- ▷ **InstanceIndex** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Index der neuen Instanz in der 3D-Szene.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert add_scene_3d_instance den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_scene_3d

Nachfolger

set_scene_3d_instance_param, set_scene_3d_instance_pose

Siehe auch

remove_scene_3d_instance

Modul

3D Metrology

add_scene_3d_label (: : Scene3D, Text, ReferencePoint, Position, RelatesTo : LabelIndex)

Hinzufügen eines Labels zu einer 3D-Szene.

add_scene_3d_label fügt ein Label mit dem Inhalt Text zur 3D-Szene Scene3D hinzu und gibt den Index des Labels in LabelIndex zurück.

Der Bezugspunkt des Labels wird als *[X,Y,Z]*-Punkt im Koordinatensystem der 3D-Szene in ReferencePoint festgelegt. Es ist möglich, ein Label ohne Bezugspunkt zu erzeugen, indem ein leeres Tupel übergeben wird. Dies ist allerdings nur möglich, wenn RelatesTo auf *'point'* gesetzt wird (siehe die Beschreibung von RelatesTo weiter unten).

Werden mehrere Texte in Text als Tupel übergeben, werden mehrere Labels erzeugt. Es ist möglich einen Bezugspunkt für alle Labels oder spezifische Bezugspunkte für jedes Label festzulegen. Das gilt auch für Position und RelatesTo.

Labels können fest in Fensterkoordinaten oder relativ zur Projektion des Bezugspunktes positioniert werden. Dafür werden die beiden Parameter `Position` und `RelatesTo` verwendet:

Feste Positionierung

Wird `RelatesTo` auf *'window'* gesetzt, wird das Label an einer festen Position im Fenster (bzw. gerenderten Bild) dargestellt, auch wenn sich die Pose der 3D-Szene ändert. Es gibt zwei Möglichkeiten, die Position festzulegen. Es können entweder die *[Zeile,Spalte]*-Koordinaten der linken oberen Ecke des Labels in `Position` übergeben werden oder eine der folgenden vordefinierten Positionen:

'top_left'	*'top'*	*'top_right'*
'left'	*'center'*	*'right'*
'bottom_left'	*'bottom'*	*'bottom_right'*

Relative Positionierung

Wird `RelatesTo` auf *'point'* gesetzt, wird das Label an einer Position relativ zur Projektion des Bezugspunkts dargestellt. Auf diese Weise bewegt sich das Label mit dem Bezugspunkt, wenn die Pose der 3D-Szene geändert wird. Es gibt wiederum zwei Möglichkeiten die Position festzulegen. Es kann entweder der Offset (in *[Zeile,Spalte]*-Koordinaten) der linken oberen Ecke des Labels oder eine der folgenden vordefinierten Positionen in `Position` übergeben werden:

'top_left'	*'top'*	*'top_right'*
'left'	*'center'*	*'right'*
'bottom_left'	*'bottom'*	*'bottom_right'*

Mit `set_scene_3d_label_param` können diese und andere Parameter wie z.B. Farbe und Schriftart des Labels verändert werden.

Parameter

▷ **`Scene3D`** (input_control) . . . . . scene_3d ⇝ *handle*
Handle der 3D-Szene.

▷ **`Text`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Text des Labels.
Default: 'label'

▷ **`ReferencePoint`** (input_control) . . . . . point-array ⇝ *real* / integer
Bezugspunkt des Labels.
Parameteranzahl: 3

▷ **`Position`** (input_control) . . . . . point-array ⇝ *string* / real / integer
Position im Fenster
Default: 'top'
Werteliste: `Position` ∈ {'top_left', 'top', 'top_right', 'left', 'center', 'right', 'bottom_left', 'bottom', 'bottom_right'}

▷ **`RelatesTo`** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Feste oder relative Positionierung
Parameteranzahl: 1
Default: 'point'
Werteliste: `RelatesTo` ∈ {'point', 'window'}

▷ **`LabelIndex`** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Index des neuen Labels in der 3D-Szene.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `add_scene_3d_label` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_scene_3d`

Nachfolger

`set_scene_3d_label_param`

Siehe auch

`remove_scene_3d_instance`

Modul

3D Metrology

add_scene_3d_light (: : Scene3D, LightPosition, LightKind : LightIndex)

Hinzufügen einer Lichtquelle zu einer 3D-Szene.

`add_scene_3d_light` fügt ein neue Lichtquelle zur 3D-Szene `Scene3D` hinzu und gibt ihren Index in `LightIndex` zurück. Der Typ der Lichtquelle wird in `LightKind` festgelegt. Für `LightKind` = *'point_light'* entspricht `LightPosition` der Position der Lichtquelle. Für `LightKind` = *'directional_light'* entspricht `LightPosition` dem Vektor der gerichteten Lichtquelle.

Momentan wird nur eine Lichtquelle unterstützt. Deshalb überschreibt `add_scene_3d_light` die bestehende Lichtquelle. Dieses Verhalten kann sich in zukünftigen Versionen ändern.

Wird keine Lichtquelle gesetzt, wird eine Punktlichtquelle an der Position [-100.0, -100.0, 0.0] verwendet.

Parameter

- ▷ **Scene3D** (input_control) . . . . . scene_3d ⇝ *handle*
  Handle der 3D-Szene.
- ▷ **LightPosition** (input_control) . . . . . real-array ⇝ *real* / integer
  Position der neuen Lichtquelle.
  Default: [-100.0,-100.0,0.0]
- ▷ **LightKind** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Typ der neuen Lichtquelle.
  Default: 'point_light'
  Werteliste: `LightKind` ∈ {'point_light', 'directional_light'}
- ▷ **LightIndex** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Index der neuen Lichtquelle in der 3D-Szene.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `add_scene_3d_light` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_scene_3d`

Nachfolger

`set_scene_3d_light_param`

Siehe auch

`remove_scene_3d_light`

Modul

3D Metrology

clear_scene_3d (: : Scene3D :)

Freigeben einer 3D-Szene und des zugehörigen Speichers.

clear_scene_3d gibt die 3D-Szene Scene3D frei.

Parameter

▷ **Scene3D** (input_control) . . . . . scene_3d(-array) ⇝ *handle*
Handle der 3D-Szene.

Ergebnis

Konnte die 3D-Szene freigegeben werden, liefert clear_scene_3d den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- Scene3D

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

display_scene_3d

Modul

3D Metrology

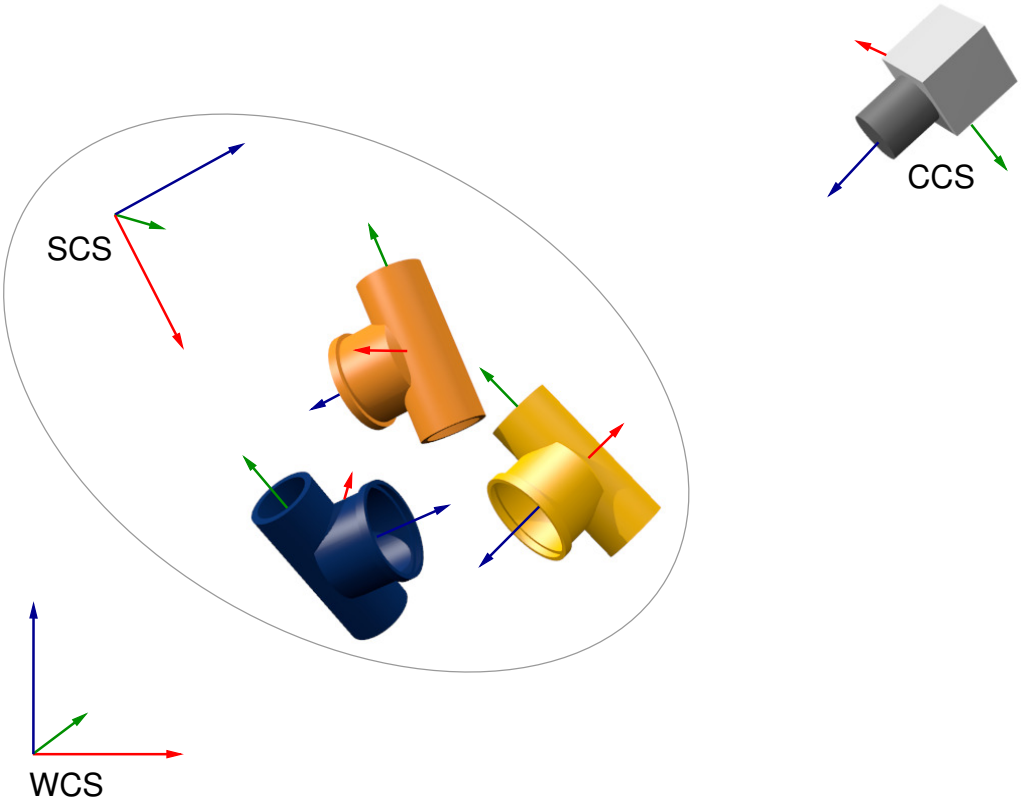
create_scene_3d (: : : Scene3D)

Erzeugen der Datenstruktur um eine Sammlung von 3D-Objekten zu visualisieren.

create_scene_3d erzeugt eine neue 3D-Szene und gibt sie in Scene3D zurück.

Eine 3D-Szene ist eine Sammlung von 3D-Objektmodellen, Kameras und Lichtquellen. Diese Objekte können mit den Operatoren add_scene_3d_instance, add_scene_3d_camera und add_scene_3d_light zur 3D-Szene Scene3D hinzugefügt werden. Mit display_scene_3d wird eine 3D-Szene in einem Fenster dargestellt.

Jeder Instanz ist eine Pose zugeordnet (mit add_scene_3d_instance oder set_scene_3d_instance_pose), die die Position der Instanz im Koordinatensystem der Szene (SCS) darstellt. Die Pose der Szene im Weltkoordinatensystem WCS kann mit set_scene_3d_to_world_pose gesetzt werden. Die Pose der Kamera im Weltkoordinatensystem wird mit set_scene_3d_camera_pose gesetzt und definiert das Kamerakoordinatensystem CCS.



Die Koordinatensysteme einer 3D-Szene

Parameter, welche die gesamte Szene beeinflussen (z.B. die Qualität des Renderings), werden mit `set_scene_3d_param` gesetzt.

Parameter

▷ **`Scene3D`** (output_control) . . . . . scene_3d ⇝ *handle*
Handle der 3D-Szene.

Beispiel

```
* Create a new scene
create_scene_3d (Scene)
* A scene needs at least one camera. The default pose
* of a camera is located at the origin. The pose can be
* changed with set_scene_3d_camera_pose.
add_scene_3d_camera (Scene, CameraParam, CameraIndex)
* Further a scene needs at least one light.
add_scene_3d_light (Scene, [42.0, 42.0, 42.0], 'point_light', LightIndex)
*
* To add an object, add_scene_3d_instance is called with a
* 3d object model and a pose. add_scene_3d returns an InstanceIndex
* which must be used to reference this instance in subsequent calls.
add_scene_3d_instance (Scene, ObjectModel3D, Pose, InstanceIndex)
* Set its color.
set_scene_3d_instance_param (Scene, InstanceIndex, 'color', 'green')
* Display the scene.
display_scene_3d (WindowHandle, Scene, CameraIndex)
clear_scene_3d (Scene)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_scene_3d` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`add_scene_3d_instance`, `add_scene_3d_light`, `add_scene_3d_camera`, `set_scene_3d_param`

Siehe auch

`clear_scene_3d`

Modul

3D Metrology

`display_scene_3d` (: : `WindowHandle`, `Scene3D`, `CameraIndex` :)

Anzeigen einer 3D-Szene.

`display_scene_3d` zeigt die 3D-Szene `Scene3D` im Fenster `WindowHandle` aus der Sicht der Kamera mit dem Index `CameraIndex` an. Zu beachten ist, dass in manchen Fällen das Seitenverhältnis von `WindowHandle` ähnlich zur Breite und Höhe der Kamera sein sollte, um die gewünschten Ergebnisse zu erhalten. Ein Beispiel in der Dokumentation von `create_scene_3d` zeigt einen kurzen Ablauf.

`display_scene_3d` benötigt OpenGL 2.1, GLSL 1.2 und die OpenGL Extensions GL_EXT_framebuffer_object und GL_EXT_framebuffer_blit. Andernfalls wird automatisch der Kompatibilitätsmodus mit geringeren Anforderungen an OpenGL benutzt.

Bei Grafikkarten mit geringem Speicher können bei großer Auflösung des Renderfensters folgende Fehlermeldungen auftreten:

Low-Level Fehler: 'Incomplete attachment'

Unbehandelte Ausnahme: 'Benötigtes Framebuffer Objekt wird nicht unterstützt'

Lösungen:

Um die Anforderungen an den Speicher der Grafikkarte zu verringern, kann mit `set_scene_3d_param` der Parameter *'quality'* auf *'low'* gesetzt oder der Kompatibilitätsmodus verwendet werden.

Die Systemvariable (siehe `set_system`) *'opengl_compatibility_mode_enable'* kann auf *'true'* gesetzt werden, um den Kompatibilitätsmodus permanent einzuschalten. Dieser Modus benötigt OpenGL 1.1.

Im Kompatibilitätsmodus werden die Parameter *'object_index_persistence'*, *'depth_persistence'* und *'quality'* nicht unterstützt.

Auf Linux Remote Desktop wird *'disp_background'* nicht unterstützt.

Parameter

- ▷ **`WindowHandle`** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
  Fensteridentifikator.
- ▷ **`Scene3D`** (input_control) . . . . . scene_3d ⇝ *handle*
  Handle der 3D-Szene.
- ▷ **`CameraIndex`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *string* / integer
  Index der Kamera zum Anzeigen der 3D-Szene.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `display_scene_3d` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

`create_scene_3d`, `render_scene_3d`

Modul

3D Metrology

get_display_scene_3d_info (: : WindowHandle, Scene3D, Row, Column, Information : Value)

Zurückgeben der Tiefe oder des Indexes eines dargestellten 3D-Objektmodells.

`get_display_scene_3d_info` gibt Informationen über die 3D-Objektmodelle in der 3D-Szene `Scene3D`, die im Fenster `WindowHandle` an den Positionen (`Row`, `Column`) mit `display_scene_3d` angezeigt wurden in `Value` zurück.

Mit dem Parameter `Information` wird ausgewählt, welche Werte zurückgegeben werden:

'object_index' Die Indices der 3D-Objektmodelle, die an den Positionen (`Row`, `Column`) dargestellt wurden. Befindet sich kein 3D-Objektmodell an einer dieser Stellen, wird -1 zurückgegeben. Um diese Information ermitteln zu können, muss der Parameter *'object_index_persistence'* mit `set_scene_3d_param` auf *'true'* gesetzt worden sein.

'depth' Die Tiefe (d.h. die Z-Koordinate im Kamerakoordinatensystem) an den Positionen (`Row`, `Column`). Befindet sich kein 3D-Objektmodell an einer dieser Stellen, wird -1.0 zurückgegeben. Um diese Information ermitteln zu können, muss der Parameter *'depth_persistence'* mit `set_scene_3d_param` auf *'true'* gesetzt worden sein.

Die Fensterkoordinaten `Row` und `Column` müssen so angegeben werden, dass sie dem gesetzten Bildausschnitt entsprechen. Sie können daher auch subpixelgenau sein. Ist der Bildausschnitt durch (Zeile1,Spalte1,Zeile2, Spalte2) gegeben, entspricht die linke obere Ecke den Koordinaten (Zeile1 - 0.5, Spalte1 - 0.5), die rechte untere Ecke den Koordinaten (Zeile2 - 0.5, Spalte2 - 0.5). Die Operatoren `get_mposition_sub_pix` oder `get_mbutton_sub_pix` können verwendet werden, um diese Koordinaten direkt zu erhalten.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fensteridentifikator.
- ▷ **Scene3D** (input_control) ..... scene_3d ⇝ *handle*
  Handle der 3D-Szene.
- ▷ **Row** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinaten.
- ▷ **Column** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinaten.
- ▷ **Information** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Abzufragende Information.
  Default: 'depth'
  Werteliste: `Information` ∈ {'depth', 'object_index'}
- ▷ **Value** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer* / real
  Werte an (Row,Column).

Ergebnis

`get_display_scene_3d_info` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

display_scene_3d, get_mbutton, get_mbutton_sub_pix, get_mposition, get_mposition_sub_pix

Siehe auch

display_scene_3d

Modul

3D Metrology

remove_scene_3d_camera (: : Scene3D, CameraIndex :)

Entfernen einer Kamera aus einer 3D-Szene.

remove_scene_3d_camera entfernt die Kamera CameraIndex aus der 3D-Szene Scene3D.

Parameter

- ▷ **Scene3D** (input_control) ..... scene_3d ⇝ *handle*
  Handle der 3D-Szene.
- ▷ **CameraIndex** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Index der zu entfernenden Kamera.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert remove_scene_3d_camera den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

add_scene_3d_camera

Modul

3D Metrology

remove_scene_3d_instance (: : Scene3D, InstanceIndex :)

Entfernen einer Objektinstanz aus einer 3D-Szene.

remove_scene_3d_instance entfernt die Instanz InstanceIndex aus der 3D-Szene Scene3D.

Parameter

- ▷ **Scene3D** (input_control) ..... scene_3d ⇝ *handle*
  Handle der 3D-Szene.
- ▷ **InstanceIndex** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Index der zu entfernenden Instanz.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert remove_scene_3d_instance den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

add_scene_3d_instance

Modul

3D Metrology

remove_scene_3d_label (: : Scene3D, LabelIndex :)

Entfernen eines Labels aus einer 3D-Szene.

remove_scene_3d_label entfernt das Label LabelIndex aus der 3D-Szene Scene3D.

Parameter

- ▷ **Scene3D** (input_control) ..... scene_3d ⇝ *handle*
  Handle der 3D-Szene.
- ▷ **LabelIndex** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Index des zu entfernenden Textlabels.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert remove_scene_3d_label den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

add_scene_3d_label

Modul

3D Metrology

remove_scene_3d_light (: : Scene3D, LightIndex :)

Entfernen einer Lichtquelle aus einer 3D-Szene.

remove_scene_3d_light entfernt in zukünftigen Versionen die Lichtquelle LightIndex aus der 3D-Szene Scene3D. Momentan wird nur eine Lichtquelle unterstützt

Parameter

- ▷ **Scene3D** (input_control) ..... scene_3d ⇝ *handle*
  Handle der 3D-Szene.
- ▷ **LightIndex** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Index der zu entfernenden Lichtquelle.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert remove_scene_3d_light den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

add_scene_3d_light

Modul

3D Metrology

render_scene_3d (: Image : Scene3D, CameraIndex :)

Rendern eines Bildes einer 3D-Szene.

render_scene_3d rendert ein Bild der 3D-Szene Scene3D aus der Sicht der Kamera mit dem Index CameraIndex und gibt es in Image zurück.

Anders als in display_scene_3d werden die Parameter *'object_index_persistence'* und *'disp_background'* nicht berücksichtigt. Der Hintergrund von Image ist schwarz.

render_scene_3d benötigt OpenGL 2.1, GLSL 1.2 und die OpenGL Extensions GL_EXT_framebuffer_object und GL_EXT_framebuffer_blit. Andernfalls wird automatisch der Parameter *'opengl_compatibility_mode_enable'* der Systemvariable (siehe set_system) auf *'true'* gesetzt und die Visualisierung mit geringeren Anforderungen durchgeführt. Hierfür wird OpenGL 1.1 benötigt.

Parameter

- ▷ **Image** (output_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte
  Bild der 3D-Szene.
- ▷ **Scene3D** (input_control) ..... scene_3d ⇝ *handle*
  Handle der 3D-Szene.
- ▷ **CameraIndex** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Index der Kamera zum rendern der 3D-Szene.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert render_scene_3d den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

display_scene_3d

Siehe auch

create_scene_3d

Modul

3D Metrology

set_scene_3d_camera_pose (: : Scene3D, CameraIndex, Pose :)

Setzen der Pose einer Kamera in einer 3D-Szene.

set_scene_3d_camera_pose setzt die Pose der Kamera mit dem Index CameraIndex in der 3D-Szene Scene3D.

Die Koordinatensysteme der 3D-Szene sind in der Dokumentation von create_scene_3d beschrieben.

Parameter

▷ **Scene3D** (input_control) . . . . . scene_3d ⇝ *handle*
Handle der 3D-Szene.

▷ **CameraIndex** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Index der Kamera.

▷ **Pose** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Neue Pose der Kamera.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_scene_3d_camera_pose` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`add_scene_3d_camera`

Siehe auch

`set_scene_3d_to_world_pose`, `set_scene_3d_instance_pose`

Modul

3D Metrology

set_scene_3d_instance_param (: : Scene3D, InstanceIndex, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen von Parameter einer Instanz in einer 3D-Szene.

`set_scene_3d_instance_param` setzt die Parameter der Instanz mit dem Index `InstanceIndex` in der 3D-Szene `Scene3D`. Name und Wert eines Parameters müssen in `GenParamName` und `GenParamValue` übergeben werden. Alle Parameter werden auf alle Instanzen angewandt.

Die folgenden Werte können gesetzt werden:

'visible' Sichtbarkeit des 3D-Objektmodells. Wird *'visible'* auf *'false'* gesetzt, wird diese Instanz nicht angezeigt.
Werteliste: *'true'*, *'false'*.
Default: *'true'*.

'attribute' Wählt explizit die Art und Weise aus, wie ein 3D-Objektmodell visualisiert wird.
Werteliste: *'auto'*, *'faces'*, *'primitive'*, *'points'*, *'lines'*.
Default: *'auto'*.

'color': Farbe des 3D-Objektmodells. Die verfügbaren Farben können mit dem Operator `query_color` erfragt werden. Darüber hinaus kann die Farbe auch über ein RGB-Tripel in der Form *'#rrggbb'* gesetzt werden, wobei *'rr'*, *'gg'* und *'bb'* jeweils hexadezimale Zahlen zwischen *'00'* und *'ff'* sind.
Wertevorschläge: *'red'*, *'green'*.
Default: *'white'*.

'alpha': Transluzenz des 3D-Objektmodells. Das Darstellen von 3D-Objektmodellen mit Transluzenz kleiner *1.0* kann zu signifikant höherer Laufzeit führen.
Wertebereich: Fließkommawerte zwischen *0.0* (transparent) und *1.0* (opak).
Default: *1.0*.

'disp_pose': Flag, ob die Pose des 3D-Objektmodells visualisiert werden soll.
Werteliste: *'true'*, *'false'*.
Default: *'false'*.

'disp_lines': Flag, ob die Konturen der Polygone des 3D-Objektmodells angezeigt werden sollen.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'false'*.

'disp_normals': Flag, ob die Oberflächennormalen der Polygone des 3D-Objektmodells angezeigt werden sollen.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'false'*.

'line_color': Farbe der Konturen, falls *'disp_lines'* auf *'true'* gesetzt ist. Die verfügbaren Farben können mit dem Operator `query_color` erfragt werden. Darüber hinaus kann die Farbe auch über ein RGB-Tripel in der Form *'#rrggbb'* gesetzt werden, wobei *'rr'*, *'gg'* und *'bb'* jeweils hexadezimale Zahlen zwischen *'00'* und *'ff'* sind.

Wertevorschläge: *'red'*, *'green'*.

Default: Der Wert von *'color'*.

'line_width': Setzt die Breite von Linien in Pixel.

Default: *1.0*.

'normal_color': Farbe der Oberflächennormalen, falls *'disp_normals'* auf *'true'* gesetzt ist. Die verfügbaren Farben können mit dem Operator `query_color` erfragt werden. Darüber hinaus kann die Farbe auch über ein RGB-Tripel in der Form *'#rrggbb'* gesetzt werden, wobei *'rr'*, *'gg'* und *'bb'* jeweils hexadezimale Zahlen zwischen *'00'* und *'ff'* sind.

Wertevorschläge: *'red'*, *'green'*.

Default: Der Wert von *'color'*.

'point_size': Setzt den Durchmesser der Punkte.

Default: *3.5*.

'lut': Setzt die LUT, die die Werte des mit *'color_attrib'* gesetzten Attributes in Farben umwandelt. In der Dokumentation von `set_lut` befindet sich eine Liste der verfügbaren LUTs. Ist *'lut'* auf etwas anderes als *'default'* gesetzt, wird *'color'* ignoriert.

Default: *'default'*.

'color_attrib': Name eines Punktattributes, das für die Falschfarbendarstellung verwendet wird.

Falls ein Attribut gesetzt ist, wird die Farbe eines dargestellten 3D-Punktes durch den Attributwert des Punktes und die aktuell gesetzte LUT bestimmt (siehe *'lut'*). Auf diese Weise ist es möglich, Attribute in Falschfarben darzustellen.

Beispiel: Wenn *'color_attrib'* auf *'coord_z'* und *'lut'* auf *'color1'* gesetzt ist, werden die Z-Koordinaten von rot nach blau farbkodiert.

Falls *'lut'* auf *'default'* gesetzt ist, werden die Attributwerte verwendet, um die mit *'color'* gesetzte Farbe zu skalieren.

Falls *'lut'* auf etwas anderes gesetzt, werden die Attributwerte intern auf den Bereich [0,255] skaliert und als Eingabe für die LUT-Funktion verwendet.

Die Abbildung wird außerdem von den Parametern *'color_attrib_start'* und *'color_attrib_end'* bestimmt (siehe unten).

Falls Flächen dargestellt werden, wird ihre Farbe zwischen den Eckpunktfarben interpoliert.

Wertevorschläge: *'none'*, *'&distance'*, *'coord_x'*, *'coord_y'*, *'coord_z'*, benutzerdefinierte Punktattribute, oder beliebige andere verfügbare Punktattribute.

Default: *'none'*.

'color_attrib_start',*'color_attrib_end'*: Der maßgebliche Wertebereich für das mit *'color_attrib'* eingestellte Attribut.

Die Attributwerte zwischen *'color_attrib_start'* und *'color_attrib_end'* werden auf den Anfang und das Ende der ausgewählten LUT skaliert. Attributwerte außerhalb des Bereiches werden beschnitten. Damit ist es möglich, einen festen Farbbereich darzustellen, der nicht durch Ausreißer verzerrt wird.

Bei *'auto'* wird der kleinste Attributwert auf den Anfang der LUT abgebildet, der größte Wert auf das Ende, es sei denn, *'color_attrib'* ist *'normal_x'*, *'normal_y'* oder *'normal_z'*. In diesem Fall, werden Start und Ende automatisch auf -1 und 1 gesetzt.

Der Startwert kann höher als der Endwert sein. In dem Fall wird die LUT umgedreht.

Wertevorschläge: *0*, *0.1*, *1*, *100*, *255*.

Default: *'auto'*.

'red_channel_attrib', *'green_channel_attrib'*, *'blue_channel_attrib'*: Name eines Punktattributes, das für den Rot-, Grün-, oder Blaukanal verwendet wird.

Das ist besonders nützlich, wenn drei zusammengehörige Attribute verwendet werden, z.B. RGB-Farben oder Normalenvektoren. Auf diese Weise können Punkte mit farbigen Texturen, z.B. RGB-Sensor-Daten, dargestellt oder Punktnormalen in Falschfarben kodiert werden.

Um ein einzelnes Attribut in Falschfarben darzustellen, verwenden Sie bitte *'color_attrib'* (siehe oben).

Per Default wird angenommen, dass die Attributwerte zwischen 0 und 255 liegen. Falls die Attribute andere Wertebereiche haben, müssen zusätzlich die Parameter *'rgb_channel_attrib_start'* und *'rgb_channel_attrib_end'* gesetzt werden (siehe unten).

Falls nur 1 oder 2 Kanäle gesetzt sind, verwenden die übrigen Kanäle den RGB-Wert der mit *'color'* eingestellten Farbe.

Falls Flächen dargestellt werden, wird ihre Farbe zwischen den Eckpunktfarben interpoliert.

Wertevorschläge: *'none'*, *'&red'*, *'&green'*,*'&blue'*, *'normal_x'*, *'normal_y'*, *'normal_z'*, benutzerdefinierte Punktattribute, oder beliebige andere verfügbare Punktattribute.

Default: *'none'*.

'rgb_channel_attrib_start', *'rgb_channel_attrib_end'*: Der maßgebliche Wertebereich für die mit *'red_channel_attrib'*, *'green_channel_attrib'* und *'blue_channel_attrib'* eingestellten Attribute.

Diese Parameter definieren den Wertebereich, der auf die gesamten RGB-Kanäle skaliert wird. Das ist nützlich, wenn die Werte der Eingabeattribute nicht im Intervall [0,255] liegen.

Bei *'auto'* wird der kleinste Attributwert auf 0 abgebildet, der größte Wert auf 255, es sei denn, das Attribut ist *'normal_x'*, *'normal_y'* oder *'normal_z'*. In diesem Fall, werden Start und Ende automatisch auf -1 und 1 gesetzt.

Der Startwert kann höher als der Endwert sein. In dem Fall werden die RGB-Farben invertiert.

Der Bereich kann für jeden Kanal einzeln eingestellt werden, indem im Parameternamen das *'rgb'* durch den jeweiligen Kanal ersetzt wird, z.B. *'green_channel_attrib_start'*.

Wertevorschläge: *'auto'*, *0*, *0.1*, *1*, *100*, *255*.

Default: *0*, *255*.

Parameter

▷ **`Scene3D`** (input_control) ..... scene_3d ⇝ *handle*
Handle der 3D-Szene.

▷ **`InstanceIndex`** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Index der Instanz.

▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... string-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: 'color'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'alpha', 'attribute', 'color', 'disp_lines', 'disp_pose', 'disp_normals', 'line_color', 'line_width', 'normal_color', 'color_attrib', 'red_channel_attrib', 'green_channel_attrib', 'blue_channel_attrib', 'rgb_channel_attrib_start', 'rgb_channel_attrib_end', 'color_attrib_start', 'color_attrib_end', 'lut', 'visible', 'point_size'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) ..... string-array ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Parameter.
Default: 'green'
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false', 'coord_x', 'coord_y', 'coord_z', 'normal_x', 'normal_y', 'normal_z', 'red', 'green', 'blue', 'auto', 'faces', 'primitive', 'points', 'lines'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_scene_3d_instance_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

add_scene_3d_instance

Siehe auch

set_scene_3d_param

Modul

3D Metrology

set_scene_3d_instance_pose (: : Scene3D, InstanceIndex, Pose :)

Setzen der Pose einer Instanz in einer 3D-Szene.

set_scene_3d_instance_pose setzt die Pose der Instanz mit dem Index InstanceIndex in der 3D-Szene Scene3D auf Pose. Es kann eine Pose für mehrere Instanzen gesetzt werden, oder für jede Instance eine Pose.

Die Koordinatensysteme der 3D-Szene sind in der Dokumentation von create_scene_3d beschrieben.

Parameter

- ▷ **Scene3D** (input_control) . . . . . scene_3d ⇝ *handle*
  Handle der 3D-Szene.
- ▷ **InstanceIndex** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Index der Instanz.
- ▷ **Pose** (input_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
  Neue Pose der Instanz.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert set_scene_3d_instance_pose den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

add_scene_3d_instance

Siehe auch

set_scene_3d_to_world_pose, set_scene_3d_camera_pose

Modul

3D Metrology

set_scene_3d_label_param (: : Scene3D, LabelIndex, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen von Parametern eines Labels in einer 3D-Szene.

set_scene_3d_label_param setzt Parameter des Labels mit dem Index LabelIndex in der 3D-Szene Scene3D. Name und Wert eines Parameters werden in GenParamName und GenParamValue übergeben. Es ist möglich, ein Paar aus GenParamName und GenParamValue für einzelne oder mehrere Labels zu setzen.

Die folgenden Werte können gesetzt werden:

'reference_point': Koordinaten des Bezugspunkts als *[X, Y, Z]*-Koordinatentupel. Um einen Bezugspunkt zu entfernen, kann auch ein leeres Tupel übergeben werden. Das ist nur möglich wenn *'relates_to'* auf *'window'* gesetzt ist.

'position': Position (fest oder relativ, abhängig von *'relates_to'*) des Labels. Entweder als *[Row, Column]*-Koordinaten oder eine der folgenden vordefinierten Positionen.
Werteliste: *'top_left'*, *'top'*, *'top_right'*, *'left'*, *'center'*, *'right'*, *'bottom_left'*, *'bottom'* oder *'bottom_right'*.

'relates_to': Art der Positionierung. Ist entweder *'window'* (feste Positionierung in Fensterkoordinaten) oder *'point'* (Positionierung relativ zum Bezugspunkt). *'relates_to'* kann nicht auf *'point'* gesetzt werden, wenn der Bezugspunkt auf einen leeren Tupel gesetzt wurde.
Werteliste: *'window'*, *'point'*.
Default: *'window'*.

'text': Text des Labels. Mehrere Zeilen werden mit *'\n'* getrennt.

'font': Schriftart des Textlabels.
Wertevorschläge: Verfügbare Schriftarten können mit `query_font` abgefragt werden.
Default: Font des ersten Fensters, in dem die Szene dargestellt wird. Ansonsten die Default Systemschriftart.

'text_color': Farbe des Texts. Die verfügbaren Farben können mit dem Operator `query_color` erfragt werden. Darüber hinaus kann die Farbe auch über ein RGB-Tripel in der Form *'#rrggbb'* gesetzt werden, wobei *'rr'*, *'gg'* und *'bb'* jeweils hexadezimale Zahlen zwischen *'00'* und *'ff'* sind.
Wertevorschläge: *'red'*, *'green'*.
Default: *'white'*.

'alpha': Transparenz des Labelhintergrunds.
Wertebereich: Zahl zwischen *0.0* (voll transparent) und *1.0* (voll opak).
Default: *1.0*.

'color': Farbe des Labels. Die verfügbaren Farben können mit dem Operator `query_color` erfragt werden. Darüber hinaus kann die Farbe auch über ein RGB-Tripel in der Form *'#rrggbb'* gesetzt werden, wobei *'rr'*, *'gg'* und *'bb'* jeweils hexadezimale Zahlen zwischen *'00'* und *'ff'* sind.
Wertevorschläge: *'red'*, *'green'*.
Default: *'gray'*.

'disp_background': Flag, ob der Hintergrund des Labels dargestellt wird.
Werteliste: *'true'*, *'false'*.
Default: *'false'*.

'disp_connecting_line': Flag, ob die Verbindungslinie zwischen dem Label und dem entsprechenden 3D-Punkt angezeigt werden soll.
Werteliste: *'true'*, *'false'*.
Default: *'false'*.

'visible': Setzt die Sichtbarkeit des Labels. Wird *'visible'* auf *'if_point_is_visible'* gesetzt, ist das Label nur sichtbar, wenn der Bezugspunkt sichtbar ist. Im Kompatibilitätsmodus oder im Falle, dass kein Bezugspunkt gesetzt ist, verhält sich *'if_point_is_visible'* wie *'true'*.
Werteliste: *'true'*, *'false'*, *'if_point_is_visible'*.
Default: *'false'*.

Parameter

▷ **Scene3D** (input_control) . . . . . scene_3d ⇝ *handle*
Handle der 3D-Szene.

▷ **LabelIndex** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Index des Textlabels.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: 'color'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'reference_point', 'position', 'relates_to', 'color', 'text_color', 'font', 'text', 'disp_connecting_line', 'disp_background', 'visible'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Parameter.
Default: 'red'
Werteliste: `GenParamValue` ∈ {'red', 'green', 'blue', 'window', 'point', 'top_left', 'top', 'top_right', 'left', 'center', 'right', 'bottom_left', 'bottom', 'bottom_right'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_scene_3d_label_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`add_scene_3d_label`

Modul

3D Metrology

`set_scene_3d_light_param` `( : : Scene3D, LightIndex, GenParamName, GenParamValue : )`

Setzen von Parametern einer Lichtquelle in einer 3D-Szene.

`set_scene_3d_light_param` setzt die Parameter der Lichtquelle mit dem Index `LightIndex` in der 3D-Szene `Scene3D`. Name und Wert eines Parameters müssen in `GenParamName` und `GenParamValue` übergeben werden. Die folgenden Werte können gesetzt werden:

'ambient': Ambienter Anteil der Lichtquelle. Dieser Parameter muss als Tupel der Länge 3 übergeben werden.
Default: *[0.2, 0.2, 0.2]*.

'diffuse': Diffuser Anteil der Lichtquelle. Dieser Parameter muss als Tupel der Länge 3 übergeben werden.
Default: *[0.8 0.8 0.8]*.

Parameter

▷ **`Scene3D`** (input_control) ..... scene_3d ⇝ *handle*
Handle der 3D-Szene.

▷ **`LightIndex`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Index der Lichtquelle.

▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: 'ambient'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'ambient', 'diffuse'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Parameter.
Default: [0.2,0.2,0.2]
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {[0.2,0.2,0.2]}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_scene_3d_light_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`add_scene_3d_instance`

Modul

3D Metrology

set_scene_3d_param (: : Scene3D, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen von Parametern einer 3D-Szene.

set_scene_3d_param setzt Parameter der 3D-Szene Scene3D. Name und Wert eines Parameters müssen in GenParamName und GenParamValue übergeben werden.

Alle Parameter, die mit set_scene_3d_instance_param gesetzt werden können, können auch mit set_scene_3d_param für alle Instanzen einer Szene gesetzt werden.

Zusätzlich können die folgenden Werte gesetzt werden:

'disp_background': Flag, ob der gegenwärtige Fensterinhalt als Hintergrund verwendet werden soll.
Werteliste: *'true'*, *'false'*.
Default: *'false'*.

'colored': Setzt die Farbe aller gerade hinzugefügten Instanzen auf unterschiedlichen Farben. Der Wert dieses Parameters bestimmt die Anzahl der verwendeten Farben.
Werteliste: *3*, *6*, *12*.
Default: Alle 3D-Objektmodelle werden weiß dargestellt.

'object_index_persistence': Muss auf *'true'* gesetzt werden, wenn der Objektindex mit get_disp_object_model_3d_info abgefragt werden soll.
Werteliste: *'true'*, *'false'*.
Default: *'false'*.

'depth_persistence': Muss auf *'true'* gesetzt werden, wenn die Tiefe mit get_disp_object_model_3d_info abgefragt werden soll.
Werteliste: *'true'*, *'false'*.
Default: *'false'*.

'quality': Kann auf *'low'* gesetzt werden um schnelleres Rendering ohne Antialiasing zu erzielen.
Werteliste: *'low'*, *'high'*.
Default: *'high'*.

'compatibility_mode_enable': Erzwingt die Nutzung des Fallbacks auf OpenGL 1.1.
Werteliste: *'true'*, *'false'*.
Default: *'false'*.

Parameter

▷ **Scene3D** (input_control) ..... scene_3d ⇝ *handle*
Handle der 3D-Szene.

▷ **GenParamName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: 'quality'
Werteliste: GenParamName ∈ {'alpha', 'attribute', 'color', 'colored', 'depth_persistence', 'disp_background', 'disp_lines', 'disp_pose', 'disp_normals', 'line_color', 'line_width', 'normal_color', 'object_index_persistence', 'point_size', 'quality', 'compatibility_mode_enable', 'color_attrib', 'color_attrib_start', 'color_attrib_end', 'red_channel_attrib', 'green_channel_attrib', 'blue_channel_attrib', 'rgb_channel_attrib_start', 'rgb_channel_attrib_end', 'lut', 'visible'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... string ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Parameter.
Default: 'high'
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'true', 'false', 'high', 'low', 'coord_x', 'coord_y', 'coord_z', 'normal_x', 'normal_y', 'normal_z', 'red', 'green', 'blue', 'auto', 'faces', 'primitive', 'points', 'lines'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert set_scene_3d_param den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_scene_3d`

Siehe auch

`set_scene_3d_instance_param`

Modul

3D Metrology

set_scene_3d_to_world_pose (: : Scene3D, ToWorldPose :)

Setzen der Pose einer 3D-Szene.

`set_scene_3d_to_world_pose` setzt die Pose der 3D-Szene `Scene3D` im Weltkoordinatensystem auf `ToWorldPose`.

Die Koordinatensysteme der 3D-Szene sind in der Dokumentation von `create_scene_3d` beschrieben.

Parameter

▷ **Scene3D** (input_control) . . . . . scene_3d ⇝ *handle*
Handle der 3D-Szene.

▷ **ToWorldPose** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Neue Pose der 3D-Szene

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_scene_3d_to_world_pose` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_scene_3d`

Siehe auch

`set_scene_3d_instance_pose`

Modul

3D Metrology

12.2 Ausgabe

disp_arc (: : WindowHandle, CenterRow, CenterCol, Angle, BeginRow, BeginCol :)

Ausgeben von Bögen in ein Fenster.

`disp_arc` trägt einen oder mehrere Bögen, die durch den Schwerpunkt (`CenterRow`,`CenterCol`), den Winkel zwischen Anfang und Ende des Bogens (`Angle` in Bogenmaß) und den ersten Punkt (`BeginRow`,`BeginCol`) beschrieben werden, in das Ausgabefenster ein. Die Ausgabe des Bogens geschieht im Uhrzeigersinn. Die Parameter für die Ausgabe können - wie bei der Darstellung einer Region (`disp_region`) - mit den Operatoren `set_color`, `set_gray`, `set_draw`, etc., bestimmt werden. Es können mehrere Bögen bei einem Aufruf gezeichnet werden, indem jeweils Tupel übergeben werden. Für die Behandlung der Farben bei mehr als einem Bogen, siehe `set_color`.

Achtung

Der Schwerpunkt muss innerhalb des Fensters liegen. Der Bogen muss mindestens einen Radius von 2 Pixel haben.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **CenterRow** (input_control) . . . . . arc.center.y ⇝ *real* / integer
Zeilenindex des Schwerpunktes.
Default: 64
Wertevorschläge: `CenterRow` ∈ {0, 64, 128, 256}
Wertebereich: 0 ≤ `CenterRow` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **CenterCol** (input_control) . . . . . arc.center.x ⇝ *real* / integer
Spaltenindex des Schwerpunktes.
Default: 64
Wertevorschläge: `CenterCol` ∈ {0, 64, 128, 256}
Wertebereich: 0 ≤ `CenterCol` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Angle** (input_control) . . . . . arc.angle.rad ⇝ *real* / integer
Winkel zwischen Anfang und Ende des Bogens in Bogenmaß.
Default: 3.1415926
Wertevorschläge: `Angle` ∈ {0.0, 0.785398, 1.570796, 3.1415926, 6.283185}
Wertebereich: 0.0 ≤ `Angle` ≤ 6.283185 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1
Restriktion: Angle > 0.0

▷ **BeginRow** (input_control) . . . . . arc.begin.y(-array) ⇝ *integer* / real
Zeilenindex des Anfangs des Bogens.
Default: 32
Wertevorschläge: `BeginRow` ∈ {0, 64, 128, 256}
Wertebereich: 0 ≤ `BeginRow` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **BeginCol** (input_control) . . . . . arc.begin.x(-array) ⇝ *integer* / real
Spaltenindex des Anfangs des Bogens.
Default: 32
Wertevorschläge: `BeginCol` ∈ {0, 64, 128, 256}
Wertebereich: 0 ≤ `BeginCol` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Beispiel

```
open_window(0,0,-1,-1,'root','visible','',WindowHandle)
set_draw(WindowHandle,'fill')
set_color(WindowHandle,'white')
Row := 100
Column := 100
disp_arc(WindowHandle,Row,Column,3.14,Row+10,Column+10)
close_window(WindowHandle)
```

Ergebnis

`disp_arc` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, set_draw, set_color, set_colored, set_line_width, set_rgb, set_hsi

Alternativen

disp_circle, disp_ellipse, disp_region, gen_circle, gen_ellipse

Siehe auch

open_window, set_color, set_draw, set_rgb, set_hsi

Modul

Foundation

disp_arrow (: : WindowHandle, Row1, Column1, Row2, Column2, Size :)

Ausgeben von Pfeilen in ein Fenster.

disp_arrow trägt einen oder mehrere Pfeile mit Anfangskoordinaten (Row1,Column1) und Endkoordinaten (Row2,Column2) in das Ausgabefenster ein. Die Pfeilspitzen befinden sich jeweils an den Endkoordinaten. Der Parameter Size bestimmt die Größe der Pfeilspitze. Besteht der Pfeil nur aus einem Punkt (Anfangspunkt = Endpunkt), wird nichts gezeichnet. Die Operatoren, die zur Steuerung der Regionenausgabe verwendet werden, legen auch hier die Ausgabeparameter fest (z.B. set_draw, set_color,set_line_width).

Es können mehrere Pfeile bei einem Aufruf gezeichnet werden, indem Tupel von Koordinaten übergeben werden. Für die Behandlung der Farben bei mehr als einem Pfeil, siehe set_color.

Achtung

Die Anfangs und Endpunkte der Pfeile müssen innerhalb des Fensters liegen.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Row1** (input_control) . . . . . line.begin.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenindex des Anfangspunktes.
Default: 10.0
Wertevorschläge: Row1 ∈ {0.0, 64.0, 128.0, 256.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Row1 ≤ 511.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 1.0

▷ **Column1** (input_control) . . . . . line.begin.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenindex des Anfangspunktes.
Default: 10.0
Wertevorschläge: Column1 ∈ {0.0, 64.0, 128.0, 256.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Column1 ≤ 511.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 1.0

▷ **Row2** (input_control) . . . . . line.end.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenindex des Endpunktes.
Default: 118.0
Wertevorschläge: Row2 ∈ {0.0, 64.0, 128.0, 256.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Row2 ≤ 511.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 1.0

▷ **Column2** (input_control) ..... line.end.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenindex des Endpunktes.
Default: 118.0
Wertevorschläge: Column2 ∈ {0.0, 64.0, 128.0, 256.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Column2 ≤ 511.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 1.0

▷ **Size** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Größe der Pfeilspitze.
Default: 1.0
Wertevorschläge: Size ∈ {1.0, 2.0, 3.0, 5.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Size ≤ 20.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 1.0
Restriktion: Size > 0.0

Beispiel

```
set_color(WindowHandle,['red','green'])
disp_arrow(WindowHandle,[10,10],[10,10],[118,110],[118,118],1.0)
```

Ergebnis

disp_arrow liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, set_draw, set_color, set_colored, set_line_width, set_rgb, set_hsi

Alternativen

disp_line, gen_region_polygon, disp_region

Siehe auch

open_window, set_color, set_draw, set_line_width

Modul

Foundation

disp_channel (MultichannelImage : : WindowHandle, Channel :)

Ausgeben von mehrkanaligen Bildern.

disp_channel gibt ein Bild in das Ausgabefenster aus. Es können auch mehrere Bilder gleichzeitig ausgegeben werden. Hierbei werden diese nacheinander gezeichnet. Falls die Definitionsbereiche der Bilder sich überlappen, ist nur das zuletzt gezeichnete Bild sichtbar. Der Parameter Channel gibt die Nummer des Kanals an, der ausgegeben werden soll. Bei RGB-Bildern sind die drei Farbkanäle als Tupel anzugeben. Weitere Informationen sind bei disp_image zu finden.

Parameter

▷ **MultichannelImage** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field
Auszugebende Mehrkanalbilder.

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Channel** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Nummer des Kanals oder die Nummern der RGB-Kanäle.
Default: 1
Wertevorschläge: Channel ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

Beispiel

```
read_image(Image,'patras')
count_channels (Image, Channels)
for I := 1 to Channels by 1
    disp_channel (Image, WindowHandle, I)
endfor
```

Ergebnis

Falls die übergebenen Bilder definierte Werte enthalten und ein gültiger Ausgabemodus eingestellt ist, liefert disp_channel den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, set_rgb, set_lut, set_hsi

Alternativen

disp_image, disp_color

Siehe auch

open_window, reset_obj_db, set_lut, dump_window

Modul

Foundation

disp_circle (: : WindowHandle, Row, Column, Radius :)

Ausgeben von Kreisen in ein Fenster.

disp_circle trägt einen oder mehrere Kreise, die durch den Schwerpunkt (Row, Column) und den Radius beschrieben werden, in das Ausgabefenster ein. Liegen die angegebenen Koordinaten ganz oder teilweise außerhalb der Fensterkoordinaten, dann wird der Kreis entsprechend beschnitten.

Die Parameter für die Ausgabe können wie bei der Darstellung einer Region (disp_region) mit Operatoren wie set_color, set_gray, set_draw, etc. bestimmt werden.

Es können mehrere Kreise bei einem Aufruf gezeichnet werden, indem Tupel von Koordinaten übergeben werden. Für die Behandlung der Farben bei mehr als einem Kreis, siehe set_color.

Achtung

Der Schwerpunkt des Kreises muss innerhalb des Fensters liegen.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Row** (input_control) . . . . . circle.center.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenindex des Schwerpunktes.
Default: 64
Wertevorschläge: Row ∈ {0, 64, 128, 256}
Wertebereich: 0 ≤ Row ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Column** (input_control) . . . . . circle.center.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenindex des Schwerpunktes.
Default: 64
Wertevorschläge: Column ∈ {0, 64, 128, 256}
Wertebereich: 0 ≤ Column ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Radius** (input_control) . . . . . circle.radius(-array) ⇝ *real* / integer
Radius des Kreises.
Default: 64
Wertevorschläge: Radius ∈ {0, 64, 128, 256}
Wertebereich: 0 ≤ Radius ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: Radius > 0.0

Beispiel

```
open_window(0,0,-1,-1,'root','visible','',WindowHandle)
set_draw(WindowHandle,'fill')
set_color(WindowHandle,'white')
repeat
  get_mbutton(WindowHandle,Row,Column,Button)
  disp_circle(WindowHandle,Row,Column,(Row + Column) % 50)
until(Button == 1)
close_window(WindowHandle)
```

Ergebnis

disp_circle liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, set_draw, set_color, set_colored, set_line_width, set_rgb, set_hsi

Alternativen

disp_ellipse, disp_region, gen_circle, gen_ellipse

Siehe auch

open_window, set_color, set_draw, set_rgb, set_hsi

Modul

Foundation

disp_color (ColorImage : : WindowHandle :)

Ausgeben eines RGB-Bildes.

disp_color trägt die drei Kanäle eines Farbbildes in das Ausgabefenster ein. Der erste Kanal ist der Rotkanal, der zweite der Grünkanal und der dritte der Blaukanal. disp_color kann mit disp_channel simuliert werden.

Achtung

Wegen der Beschränkung der Anzahl von Bildschirmfarben ist die Darstellung von Farbbildern i.a. nicht originalgetreu.

Parameter

▷ **ColorImage** (input_object) ..... multichannel-image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field
Auszugebendes Farbbild.

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

Beispiel

```
/* disp_color(ColorImage) is identical to: */
Herror my_disp_color(Hobject ColorImage, Htuple *WindowHandle) {
  Htuple  Tupel;
  create_tuple(&Tupel,3);
  set_i(Tupel,1,0);
  set_i(Tupel,2,1);
  set_i(Tupel,3,2);
  T_disp_channel(ColorImage,*WindowHandle,Tupel);
  destroy_tuple(Tupel);
}
```

Ergebnis

Falls das übergebene Bild definierte Werte enthält und ein gültiger Ausgabemodus eingestellt ist, dann liefert `disp_color` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`, `set_rgb`, `set_lut`, `set_hsi`

Alternativen

`disp_channel`, `disp_obj`

Siehe auch

`disp_image`, `open_window`, `reset_obj_db`, `set_lut`, `dump_window`

Modul

Foundation

disp_cross (: : WindowHandle, Row, Column, Size, Angle :)

Zeichnen von Kreuzen in ein Fenster.

`disp_cross` trägt ein oder mehrere Kreuze mit Mittelpunkt (`Row`,`Column`), Schenkellänge `Size` und Orientierung `Angle` in das Ausgabefenster ein. Bei der Darstellung von mehr als einem Kreuz müssen die Koordinaten dabei jeweils in Form eines Tupels übergeben werden.

Die Parameter für die Ausgabe können wie bei der Darstellung einer Region (`disp_region`) mit den Operatoren `set_color`, `set_gray`, `set_draw`, `set_line_width`, etc. bestimmt werden. Für die Behandlung der Farben bei mehr als einem Kreuz siehe `set_color`.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Row** (input_control) ..... coordinates.y(-array) ⇝ *real*
Zeilenkoordinate des Mittelpunktes.
Default: 32.0
Wertevorschläge: `Row` ∈ {0.0, 64.0, 128.0, 256.0, 511.0}

▷ **Column** (input_control) ..... coordinates.x(-array) ⇝ *real*
Spaltenkoordinate des Mittelpunktes.
Default: 32.0
Wertevorschläge: Column ∈ {0.0, 64.0, 128.0, 256.0, 511.0}

▷ **Size** (input_control) ..... number ⇝ *real*
Länge der Schenkel.
Default: 6.0
Wertevorschläge: Size ∈ {4.0, 6.0, 8.0, 10.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Size

▷ **Angle** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
Orientierung.
Default: 0.0
Wertevorschläge: Angle ∈ {0.0, 0.785398163397448309615660845819 88}

Ergebnis

disp_cross liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, set_rgb, set_lut, set_hsi, set_draw, set_color, set_colored, set_line_width

Alternativen

disp_arrow, disp_rectangle1, disp_rectangle2, disp_circle

Siehe auch

open_window, set_color, set_rgb, set_hsi, set_line_width

Modul

Foundation

disp_ellipse (: : WindowHandle, CenterRow, CenterCol, Phi, Radius1, Radius2 :)

Ausgeben von Ellipsen.

disp_ellipse trägt eine oder mehrere Ellipsen mit dem Schwerpunkt (CenterRow,CenterCol), der Orientierung Phi (in Bogenmaß) und den Halbradien Radius1 und Radius2 in das Ausgabefenster ein.

Es kann mehr als eine Ellipse ausgegeben werden, indem Tupel von Punkten, Winkeln und Halbradien übergeben werden. Die Parameter für die Ausgabe können wie bei der Darstellung von Regionen (disp_region) mit den Operatoren set_color, set_draw, set_line_width, etc. bestimmt werden. Für die Behandlung der Farben bei mehr als einer Ellipse, siehe set_color.

Achtung

Der Schwerpunkt muss innerhalb der Fensterkoordinaten liegen.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **CenterRow** (input_control) ..... ellipse.center.y(-array) ⇝ *integer*
Zeilenindex des Schwerpunktes.
Default: 64
Wertevorschläge: CenterRow ∈ {0, 64, 128, 256}
Wertebereich: 0 ≤ CenterRow ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **CenterCol** (input_control) . . . . . ellipse.center.x(-array) ⇝ *integer*
Spaltenindex des Schwerpunktes.
Default: 64
Wertevorschläge: `CenterCol` ∈ {0, 64, 128, 256}
Wertebereich: 0 ≤ `CenterCol` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Phi** (input_control) . . . . . ellipse.angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
Orientierung der Ellipse in Bogenmaß.
Default: 0.0
Wertevorschläge: `Phi` ∈ {0.0, 0.785398, 1.570796, 3.1415926, 6.283185}
Wertebereich: 0.0 ≤ `Phi` ≤ 6.283185 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **Radius1** (input_control) . . . . . ellipse.radius1(-array) ⇝ *real* / integer
Lange Halbachse der Ellipse.
Default: 24.0
Wertevorschläge: `Radius1` ∈ {0.0, 64.0, 128.0, 256.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ `Radius1` ≤ 511.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Radius2** (input_control) . . . . . ellipse.radius2(-array) ⇝ *real* / integer
Kurze Halbachse der Ellipse.
Default: 14.0
Wertevorschläge: `Radius2` ∈ {0.0, 64.0, 128.0, 256.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ `Radius2` ≤ 511.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

Beispiel

```
set_color(WindowHandle,'red')
draw_region(MyRegion,WindowHandle)
elliptic_axis(MyRegion,Ra,Rb,Phi)
area_center(MyRegion,_,Row,Column)
disp_ellipse(WindowHandle,Row,Column,Phi,Ra,Rb)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `disp_ellipse` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`, `set_draw`, `set_color`, `set_colored`, `set_line_width`, `set_rgb`, `set_hsi`, `elliptic_axis`, `area_center`

Alternativen

`disp_circle`, `disp_region`, `gen_ellipse`, `gen_circle`

Siehe auch

`open_window`, `set_color`, `set_rgb`, `set_hsi`, `set_draw`, `set_line_width`

Modul

Foundation

disp_image (Image : : WindowHandle :)

Ausgeben von Grauwertdaten.

disp_image gibt die Grauwerte von einem Bild auf dem Ausgabefenster aus. Es werden dabei diejenigen Grauwerte verwendet, die innerhalb des Definitionsbereiches (set_comprise(::WindowHandle,'object':)) oder des gesamten Bildes (set_comprise(::WindowHandle,'image':)) liegen. Voreingestellt ist, dass nur die definierten Grauwerte verwendet werden.

Bei der Ausgabe von Graubildern wird die Anzahl der Graustufen i.a. reduziert. Dies ist durch die Tatsache bedingt, dass noch Farben für die Darstellung von Grafiken (z.B. set_color) und den Window-Manager reserviert werden müssen. Zudem stehen abhängig von den auf der Ausgabemaschine verfügbaren Bitplanes häufig weniger als 256 Farben (acht Bitplanes) zur Verfügung. Die Anzahl der tatsächlich für die Ausgabe von Graustufen reservierten „Farben“ kann mittels get_system abgefragt und vor dem Öffnen des ersten Fensters mittels set_system auch verändert werden. Für 8 Bitplanes sind beispielsweise 200 reale Graustufen voreingestellt.

Die Reduktion der Anzahl der Graustufen ist unproblematisch, solange nur Grauwertinformation ausgegeben wird, da der Mensch 256 verschiedenen Graustufen ohnehin nicht unterscheiden kann. Sind jedoch bestimmte Grauwerte für die Speicherung von Regioneninformation verwendet worden (was nicht der Vorgehensweise von HALCON entspricht), so kann dies bei der Darstellung zu Verwechslungen führen, da somit unterschiedliche Zahlenwerte mit dem gleichen Grauwert auf dem Bildschirm abgebildet werden. Sollten derartige Bilder vorliegen, empfiehlt es sich, den Operator label_to_region zu verwenden, um das Bild mit den Markierungen in HALCON-Objekte umzuwandeln.

Werden Bilder vom Typ int2, int4, int8, real oder complex ausgegeben, so wird zunächst der kleinste und der größte Grauwert bestimmt. Für Bilder vom Typ complex basiert diese Berechnung auf dem entsprechenden Leistungsspektrum. Danach werden die Bildpunkte auf die zur Verfügung stehende Anzahl von Graustufen (abhängig von der Ausgabemaschine, ca. 200) skaliert. Hierbei kann es vorkommen, dass einige Pixelwerte extrem andere Werte als alle übrigen haben. Dies führt dazu, dass entweder ein ganz weißes oder schwarzes Bild auf dem Fenster erscheint. Um festzustellen, ob es sich um ein binäres Bild handelt, kann man z.B. min_max_gray verwenden. Gegebenenfalls kann das Bild vor der Ausgabe mit scale_image und convert_image_type in der gewünschten Weise angepasst werden.

Achtung

Wurde bei set_paint ein falscher Ausgabemodus gesetzt, dann erfolgt die Fehlermeldung erst bei disp_image.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Auszugebendes Grauwertbild.

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*

Fenster-Handle.

Beispiel

```
* Output of a gray image:
read_image(Image,'monkey')
disp_image(Image,WindowHandle)
```

Ergebnis

Falls das übergebene Bild definierte Werte enthält und ein gültiger Ausgabemodus eingestellt ist, dann liefert disp_image den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, set_rgb, set_lut, set_hsi, scale_image, convert_image_type, min_max_gray

Alternativen

disp_obj, disp_color

Siehe auch

open_window, reset_obj_db, set_paint, set_lut, paint_gray, scale_image, convert_image_type, dump_window

Modul

Foundation

disp_line (: : WindowHandle, Row1, Column1, Row2, Column2 :)

Zeichnen von Linien in ein Fenster.

disp_line trägt eine oder mehrere Linien mit Anfangskoordinaten (Row1,Column1) und Endkoordinaten (Row2,Column2) in das Ausgabefenster ein. Bei der Darstellung von mehr als einer Linie müssen die Koordinaten dabei jeweils in Form eines Tupels übergeben werden. Für die Behandlung der Farben bei mehr als einer Linie, siehe set_color.

Die Parameter für die Ausgabe können wie bei der Darstellung einer Region (disp_region) mit den Operatoren set_color, set_gray, set_draw, set_line_width, etc. bestimmt werden.

Achtung

Die Anfangs- und Endpunkte der Linien müssen innerhalb des Fensters liegen.

Parameter

- **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- **Row1** (input_control) ..... line.begin.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenindex des Anfangspunktes.
  Default: 32.0
  Wertevorschläge: Row1 ∈ {0.0, 64.0, 128.0, 256.0, 511.0}
  Wertebereich: 0 ≤ Row1 ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- **Column1** (input_control) ..... line.begin.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenindex des Anfangspunktes.
  Default: 32.0
  Wertevorschläge: Column1 ∈ {0.0, 64.0, 128.0, 256.0, 511.0}
  Wertebereich: 0 ≤ Column1 ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- **Row2** (input_control) ..... line.end.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenindex des Endpunktes.
  Default: 64.0
  Wertevorschläge: Row2 ∈ {0.0, 64.0, 128.0, 256.0, 511.0}
  Wertebereich: 0 ≤ Row2 ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- **Column2** (input_control) ..... line.end.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenindex des Endpunktes.
  Default: 64.0
  Wertevorschläge: Column2 ∈ {0.0, 64.0, 128.0, 256.0, 511.0}
  Wertebereich: 0 ≤ Column2 ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10

Beispiel

```
* Display contour of a rectangle
disp_line(WindowHandle,Row1,Column1,Row1,Column2)
disp_line(WindowHandle,Row1,Column2,Row2,Column2)
disp_line(WindowHandle,Row2,Column2,Row2,Column1)
disp_line(WindowHandle,Row2,Column1,Row1,Column1)
```

Ergebnis

`disp_line` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`, `set_rgb`, `set_lut`, `set_hsi`, `set_draw`, `set_color`, `set_colored`, `set_line_width`

Alternativen

`disp_arrow`, `disp_rectangle1`, `disp_rectangle2`, `disp_region`, `gen_region_polygon`, `gen_region_points`

Siehe auch

`open_window`, `set_color`, `set_rgb`, `set_hsi`, `set_line_width`

Modul

Foundation

disp_obj (Object : : WindowHandle :)

Ausgeben von Bildobjekten (Bilder, Regionen, XLD).

`disp_obj` gibt die übergebenen Objekte entsprechend ihrer Art (Bilder, Regionen, XLD) aus. `disp_obj` entspricht `disp_image` bei einem einkanaligen Bild, `disp_color` bei einem dreikanaligen Bild, `disp_region` bei Regionen und `disp_xld` bei XLD.

Parameter

▷ **Object** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Auszugebendes Bildobjekt.

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

Beispiel

```
* Output of a gray image:
read_image(Image1,'monkey')
disp_obj(Image1,WindowHandle)
threshold(Image,Region,0,128)
disp_obj(Region,WindowHandle)
```

Ergebnis

Falls das übergebene Objekt definierte Werte enthält und ein gültiger Ausgabemodus eingestellt ist, dann liefert `disp_obj` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`, `set_rgb`, `set_lut`, `set_hsi`, `scale_image`, `convert_image_type`, `min_max_gray`

Alternativen

`disp_color`, `disp_image`, `disp_xld`, `disp_region`

Siehe auch

`open_window`, `reset_obj_db`, `set_paint`, `set_lut`, `paint_gray`, `scale_image`, `convert_image_type`, `dump_window`

Modul

Foundation

disp_object_model_3d (: : WindowHandle, ObjectModel3D, CamParam, Pose, GenParamName, GenParamValue :)

Ausgeben von 3D Objektmodellen.

`disp_object_model_3d` zeigt die 3D Objektmodelle `ObjectModel3D` im Fenster `WindowHandle` an. Die Szene wird über die Kameraparameter `CamParam` und die Posen (in `Pose`) der 3D Objektmodelle definiert. Wird ein leeres Tupel für `CamParam` übergeben, verwendet `disp_object_model_3d` Default-Kameraparameter, die auf der Fenstergröße beruhen. Ist `CamParam` nicht leer, ist zu beachten, dass das Seitenverhältnis von `WindowHandle` in manchen Fällen ähnlich zur Breite und Höhe in `CamParam` sein sollte, um die gewünschten Ergebnisse zu erhalten. `Pose` kann entweder eine Pose enthalten, die für alle 3D Objektmodelle gilt, oder eine individuelle Pose für jedes 3D Objektmodell. Wird ein leeres Tupel für `Pose` übergeben, schätzt `disp_object_model_3d` diese Parameter so, dass alle Objekte sichtbar sind. Die Posen werden in der Form ${}^{ccs}\mathbf{P}_{mcs}$, erwartet. Dabei steht *ccs* für das Kamerakoordinaten und *mcs* für das Modellkoordinatensystem (ein 3D Weltkoordinatensystem), siehe auch Transformationen / Posen und „`Solution Guide III-C - 3D Vision`".

3D Objektmodelle, die Dreiecke oder Polygone beinhalten, werden als geschlossene Körper dargestellt. 3D Objektmodelle, die nur Koordinaten enthalten, werden dagegen als Punktwolken visualisiert. 3D-Primitive (wie sie zum Beispiel von `fit_primitives_object_model_3d` erzeugt werden), werden auch als geschlossene Körper dargestellt. Mit dem generischen Parameter *'attribute'* kann explizit die Art der Darstellung ausgewählt werden.

Um 3D Objektmodelle in ein Bild zu rendern, kann der Operator `render_object_model_3d` benutzt werden.

Mit `GenParamName` und `GenParamValue` können weitere Eigenschaften der Szene konfiguriert werden. Die folgenden Werte beeinflussen die gesamte Szene:

'disp_background': Flag, ob der gegenwärtige Fensterinhalt als Hintergrund verwendet werden soll.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'false'*.

'light_position': Position der Lichtquelle. Dieser Parameter muss als String mit vier Fließkommawerten (getrennt durch Leerzeichen) übergeben werden. Ist der vierte Wert 0.0, wird eine gerichtete Lichtquelle verwendet, wobei die ersten drei Werte die Richtung bestimmen. Ansonsten wird eine Punktlichtquelle verwendet, deren Position durch die ersten drei Werte bestimmt ist.

Default: *'-100.0 -100.0 0.0 1.0'*.

'light_ambient': Ambienter Anteil der Lichtquelle. Dieser Parameter muss als String mit drei Fließkommawerten (getrennt durch Leerzeichen) übergeben werden.

Default: *'0.2 0.2 0.2'*.

'light_diffuse': Diffuser Anteil der Lichtquelle. Dieser Parameter muss als String mit drei Fließkommawerten (getrennt durch Leerzeichen) übergeben werden.

Default: *'0.8 0.8 0.8'*.

'colored': Darstellung von 3D Objektmodellen mit unterschiedlichen Farben. Der Wert dieses Parameters bestimmt die Anzahl der verwendeten Farben.
Werteliste: *3*, *6*, *12*.
Default: alle 3D Objektmodelle werden weiß dargestellt.

'object_index_persistence': Muss auf *'true'* gesetzt werden, wenn der Objektindex mit `get_disp_object_model_3d_info` abgefragt werden soll.
Werteliste: *'true'*, *'false'*.
Default: *'false'*.

'depth_persistence': Muss auf *'true'* gesetzt werden, wenn die Tiefe mit `get_disp_object_model_3d_info` abgefragt werden soll.
Werteliste: *'true'*, *'false'*.
Default: *'false'*.

'quality': Kann auf *'low'* gesetzt werden um schnelleres Rendering ohne Antialiasing zu erzielen.
Werteliste: *'low'*, *'high'*.
Default: *'high'*.

Die folgenden Parameter können entweder für alle 3D Objektmodelle der Szene oder für ein einzelnes 3D Objektmodell gesetzt werden (indem der Index des 3D Objektmodells an den Parameternamen angehängt wird, z.B. *'color_0'*).

'attribute' Wählt explizit die Art und Weise aus, wie ein 3D Objektmodell visualisiert wird.
Werteliste: *'auto'*, *'faces'*, *'primitive'*, *'points'*, *'lines'*.
Default: *'auto'*.

'color': Farbe des 3D Objektmodells. Die verfügbaren Farben können mit dem Operator `query_color` erfragt werden. Darüber hinaus kann die Farbe auch über ein RGB-Tripel in der Form *'#rrggbb'* gesetzt werden, wobei 'rr', 'gg' und 'bb' jeweils hexadezimale Zahlen zwischen '00' und 'ff' sind.
Wertevorschläge: *'red'*, *'green'*.
Default: *'white'*.

'alpha': Transluzenz des 3D Objektmodells. Das Darstellen von 3D Objektmodellen mit Transluzenz kleiner 1.0 kann zu signifikant höherer Laufzeit führen.
Wertebereich: [*0.0* (transparent) ... *1.0* (opak)].
Default: *1.0*.

'disp_pose': Flag, ob die Pose des 3D Objektmodells visualisiert werden soll.
Werteliste: *'true'*, *'false'*.
Default: *'false'*.

'disp_lines': Flag, ob die Konturen der Polygone des 3D Objektmodells angezeigt werden sollen.
Werteliste: *'true'*, *'false'*
Default: *'false'*.

'disp_normals': Flag, ob die Oberflächennormalen der Polygone des 3D Objektmodells angezeigt werden sollen.
Werteliste: *'true'*, *'false'*.
Default: *'false'*.

'line_color': Farbe der Konturen, falls *'disp_lines'* auf *'true'* gesetzt ist. Die verfügbaren Farben können mit dem Operator `query_color` erfragt werden. Darüber hinaus kann die Farbe auch über ein RGB-Tripel in der Form *'#rrggbb'* gesetzt werden, wobei 'rr', 'gg' und 'bb' jeweils hexadezimale Zahlen zwischen '00' und 'ff' sind.
Wertevorschläge: *'red'*, *'green'*.
Default: Der Wert von *'color'*.

'line_width': Setzt die Breite von Linien in Pixel.
Default: *1.0*.

'normal_color': Farbe der Oberflächennormalen, falls *'disp_normals'* auf *'true'* gesetzt ist. Die verfügbaren Farben können mit dem Operator `query_color` erfragt werden. Darüber hinaus kann die Farbe auch über ein RGB-Tripel in der Form *'#rrggbb'* gesetzt werden, wobei 'rr', 'gg' und 'bb' jeweils hexadezimale Zahlen zwischen '00' und 'ff' sind.
Wertevorschläge: *'red'*, *'green'*.
Default: Der Wert von *'color'*.

'point_size': Setzt den Durchmesser der Punkte.

Default: *3.5*.

'lut': Setzt die LUT, die die Werte des mit *'color_attrib'* gesetzten Attributes in Farben umwandelt. In der Dokumentation von `set_lut` befindet sich eine Liste der verfügbaren LUTs. Ist *'lut'* auf etwas anderes als *'default'* gesetzt, wird *'color'* ignoriert.

Default: *'default'*.

'color_attrib': Name eines Punktattributes, das für die Falschfarbendarstellung verwendet wird.

Falls ein Attribut gesetzt ist, wird die Farbe eines dargestellten 3D-Punktes durch den Attributwert des Punktes und die aktuell gesetzte LUT bestimmt (siehe *'lut'*). Auf diese Weise ist es möglich, Attribute in Falschfarben darzustellen.

Beispiel: Wenn *'color_attrib'* auf *'coord_z'* und *'lut'* auf *'color1'* gesetzt ist, werden die Z-Koordinaten von rot nach blau farbkodiert.

Falls *'lut'* auf *'default'* gesetzt ist, werden die Attributwerte verwendet, um die mit *'color'* gesetzte Farbe zu skalieren.

Falls *'lut'* auf etwas anderes gesetzt, werden die Attributwerte intern auf den Bereich [0,255] skaliert und als Eingabe für die LUT-Funktion verwendet.

Die Abbildung wird außerdem von den Parametern *'color_attrib_start'* und *'color_attrib_end'* bestimmt (siehe unten).

Falls Flächen dargestellt werden, wird ihre Farbe zwischen den Eckpunktfarben interpoliert.

Wertevorschläge: *'none'*, *'&distance'*, *'coord_x'*, *'coord_y'*, *'coord_z'*, benutzerdefinierte Punktattribute, oder beliebige andere verfügbare Punktattribute.

Default: *'none'*.

'color_attrib_start',*'color_attrib_end'*: Der maßgebliche Wertebereich für das mit *'color_attrib'* eingestellte Attribut.

Die Attributwerte zwischen *'color_attrib_start'* und *'color_attrib_end'* werden auf den Anfang und das Ende der ausgewählten LUT skaliert. Attributwerte außerhalb des Bereiches werden beschnitten. Damit ist es möglich, einen festen Farbbereich darzustellen, der nicht durch Ausreißer verzerrt wird.

Bei *'auto'* wird der kleinste Attributwert auf den Anfang der LUT abgebildet, der größte Wert auf das Ende, es sei denn, *'color_attrib'* ist *'normal_x'*, *'normal_y'* oder *'normal_z'*. In diesem Fall, werden Start und Ende automatisch auf *-1* und *1* gesetzt.

Der Startwert kann höher als der Endwert sein. In dem Fall wird die LUT umgedreht.

Wertevorschläge: *0*, *0.1*, *1*, *100*, *255*.

Default: *'auto'*.

'red_channel_attrib', *'green_channel_attrib'*, *'blue_channel_attrib'*: Name eines Punktattributes, das für den Rot-, Grün-, oder Blaukanal verwendet wird.

Das ist besonders nützlich, wenn drei zusammengehörige Attribute verwendet werden, z.B. RGB-Farben oder Normalenvektoren. Auf diese Weise können Punkte mit farbigen Texturen, z.B. RGB-Sensor-Daten, dargestellt oder Punktnormalen in Falschfarben kodiert werden.

Um ein einzelnes Attribut in Falschfarben darzustellen, verwenden Sie bitte *'color_attrib'* (siehe oben).

Per Default wird angenommen, dass die Attributwerte zwischen 0 und 255 liegen. Falls die Attribute andere Wertebereiche haben, müssen zusätzlich die Parameter *'rgb_channel_attrib_start'* und *'rgb_channel_attrib_end'* gesetzt werden (siehe unten).

Falls nur 1 oder 2 Kanäle gesetzt sind, verwenden die übrigen Kanäle den RGB-Wert der mit *'color'* eingestellten Farbe.

Falls Flächen dargestellt werden, wird ihre Farbe zwischen den Eckpunktfarben interpoliert.

Wertevorschläge: *'none'*, *'&red'*, *'&green'*, *'&blue'*, *'normal_x'*, *'normal_y'*, *'normal_z'*, benutzerdefinierte Punktattribute, oder beliebige andere verfügbare Punktattribute.

Default: *'none'*.

'rgb_channel_attrib_start', *'rgb_channel_attrib_end'*: Der maßgebliche Wertebereich für die mit *'red_channel_attrib'*, *'green_channel_attrib'* und *'blue_channel_attrib'* eingestellten Attribute.

Diese Parameter definieren den Wertebereich, der auf die gesamten RGB-Kanäle skaliert wird. Das ist nützlich, wenn die Werte der Eingabeattribute nicht im Intervall [0,255] liegen.

Bei *'auto'* wird der kleinste Attributwert auf *0* abgebildet, der größte Wert auf *255*, es sei denn, das Attribut ist *'normal_x'*, *'normal_y'* oder *'normal_z'*. In diesem Fall, werden Start und Ende automatisch auf *-1* und *1* gesetzt.

Der Startwert kann höher als der Endwert sein. In dem Fall werden die RGB-Farben invertiert.

Der Bereich kann für jeden Kanal einzeln eingestellt werden, indem im Parameternamen das *'rgb'* durch den jeweiligen Kanal ersetzt wird, z.B. *'green_channel_attrib_start'*.

Wertevorschläge: *'auto'*, *0*, *0.1*, *1*, *100*, *255*.

Default: *0*, *255*.

Alle generischen Parameter werden von links nach rechts ausgewertet. Um beispielsweise die Farbe des ersten Objekts auf rot und die Farbe aller anderen Objekte auf grün zu setzen, muss `GenParamName` auf *['color','color_0']* und `GenParamValue` auf *['green','red']* gesetzt werden.

`disp_object_model_3d` benötigt OpenGL 2.1, GLSL 1.2 und die OpenGL Extensions GL_EXT_framebuffer_object und GL_EXT_framebuffer_blit. Andernfalls wird automatisch der Kompatibilitätsmodus mit geringeren Anforderungen an OpenGL benutzt.

Bei Grafikkarten mit geringem Speicher können bei großer Auflösung des Renderfensters folgende Fehlermeldungen auftreten:

Low-Level Fehler: 'Incomplete attachment'

Unbehandelte Ausnahme: 'Benötigtes Framebuffer Objekt wird nicht unterstützt'

Lösungen:

Um die Anforderungen an den Speicher der Grafikkarte zu verringern, kann der Parameter *'quality'* auf *'low'* gesetzt oder der Kompatibilitätsmodus verwendet werden.

Die Systemvariable (siehe `set_system`) *'opengl_compatibility_mode_enable'* kann auf *'true'* gesetzt werden, um den Kompatibilitätsmodus permanent einzuschalten. Dieser Modus benötigt OpenGL 1.1.

Im Kompatibilitätsmodus werden die Parameter *'object_index_persistence'*, *'depth_persistence'* und *'quality'* nicht unterstützt.

Auf Linux Remote Desktop wird *'disp_background'* nicht unterstützt.

Achtung

Kameras mit hyperzentrischen Objektiven werden nicht unterstützt. Falls `CamParam` Verzeichnungskoeffizienten ungleich null enthält ist bei der Projektion großer Dreiecke oder Polygone (oder 3D-Primitive) darauf zu achten, dass die Verzeichnung nur auf die Punkte des Objektmodells angewandt werden. In der Projektion werden diese wiederum mit geraden Linien verbunden. Für eine gute Approximation der verzeichneten Linien sollte eine Triangulierung mit ausreichend kleinen Dreiecken verwendet werden.

Parameter

- ▷ **`WindowHandle`** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
  Fensteridentifikator.
- ▷ **`ObjectModel3D`** (input_control) . . . . . object_model_3d(-array) ⇝ *handle*
  Handle der 3D Objektmodelle.
- ▷ **`CamParam`** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
  Kameraparameter.
  Default: []
- ▷ **`Pose`** (input_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
  3D Posen der Objekte im Kamerakoordinatensystem.
  Default: []
- ▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'alpha', 'attribute', 'color', 'colored', 'depth_persistence', 'disp_background', 'disp_lines', 'disp_pose', 'disp_normals', 'light_position', 'light_ambient', 'light_diffuse', 'line_color', 'line_width', 'normal_color', 'object_index_persistence', 'point_size', 'quality', 'compatibility_mode_enable', 'color_attrib', 'color_attrib_start', 'color_attrib_end', 'red_channel_attrib', 'green_channel_attrib', 'blue_channel_attrib', 'rgb_channel_attrib_start', 'rgb_channel_attrib_end', 'lut'}
- ▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string* / integer / real
  Werte der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false', 'coord_x', 'coord_y', 'coord_z', 'normal_x', 'normal_y', 'normal_z', 'red', 'green', 'blue', 'auto', 'faces', 'primitive', 'points', 'lines'}

Ergebnis

`disp_object_model_3d` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Sollte das Rendering den verfügbaren Speicher der Grafikkarte überschreiten, wird die Fehlermeldung 5188 zurückgegeben.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`find_surface_model`, `fit_primitives_object_model_3d`, `read_object_model_3d`, `segment_object_model_3d`

Nachfolger

`get_disp_object_model_3d_info`

Siehe auch

`render_object_model_3d`, `project_object_model_3d`, `project_shape_model_3d`, `object_model_3d_to_xyz`

Modul

3D Metrology

disp_polygon (: : WindowHandle, Row, Column :)

Zeichnen eines Polygonzugs.

`disp_polygon` trägt ein Polygon mit den Zeilenkoordinaten `Row` und Spaltenkoordinaten `Column` in das Ausgabefenster ein. Die Parameter `Row` und `Column` werden jeweils in Form von Tupeln übergeben. Zwischen den angegebenen Punkten werden Geraden gezeichnet. Der Anfangs- und Endpunkt des Polygons wird nicht verbunden.

Die Parameter für die Ausgabe können wie bei der Darstellung einer Region (`disp_region`) mit Operatoren wie `set_color`, `set_rgb`, etc. bestimmt werden.

Achtung

Die angegebenen Koordinaten müssen innerhalb des Fensters liegen.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Row** (input_control) . . . . . polygon.y-array ⇝ *integer* / real
Zeilenindex
Default: [16,80,80]
Wertevorschläge: `Row` ∈ {0, 64, 128, 256, 511}
Wertebereich: 0 ≤ `Row` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Column** (input_control) . . . . . polygon.x-array ⇝ *integer* / real
Spaltenindex
Default: [48,16,80]
Wertevorschläge: `Column` ∈ {0, 64, 128, 256, 511}
Wertebereich: 0 ≤ `Column` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

Beispiel

```
/* display a rectangle */

disp_rectangle1_margin1(Htuple WindowHandle,
                        Hlong Row1, long Column1,
                        Hlong Row2, long Column2)
{
  Htuple Row, Col;
  create_tuple(&Row,4);
  create_tuple(&Col,4);

  set_i(Row,Row1,0);
  set_i(Col,Column1,0);

  set_i(Row,Row1,1);
  set_i(Col,Column2,1);

  set_i(Row,Row2,2);
  set_i(Col,Column2,2);

  set_i(Row,Row2,3);
  set_i(Col,Column1,3);

  set_i(Row,Row1,4);
  set_i(Col,Column1,4);

  T_disp_polygon(WindowHandle,Row,Col);

}
```

Ergebnis

`disp_polygon` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`, `set_rgb`, `set_lut`, `set_hsi`, `set_draw`, `set_color`, `set_colored`, `set_line_width`

Alternativen

`disp_line`, `gen_region_polygon`, `disp_region`

Siehe auch

`open_window`, `set_color`, `set_rgb`, `set_hsi`, `set_line_width`

Modul

Foundation

disp_rectangle1 (: : WindowHandle, Row1, Column1, Row2, Column2 :)

Ausgeben von achsenparallelen Rechtecken.

`disp_rectangle1` trägt ein oder mehrere Rechtecke, die jeweils durch die linke obere Ecke (`Row1`,`Column1`) und die rechte untere Ecke (`Row2`,`Column2`) beschrieben werden, in das Ausgabefenster ein. Liegen die angegebenen Koordinaten ganz oder teilweise außerhalb der Fensterkoordinaten, dann wird das Rechteck entsprechend beschnitten. Sollen mehrere Rechtecke dargestellt werden, sind die Koordinaten als Tupel zu übergeben.

Die Parameter für die Ausgabe können wie bei der Darstellung einer Region (disp_region) mit den Operatoren set_color, set_gray, set_draw, set_line_width, etc. bestimmt werden.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Row1** (input_control) . . . . . rectangle.origin.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenindex der linken oberen Ecke.
Default: 16
Wertevorschläge: Row1 ∈ {0, 64, 128, 256, 511}
Wertebereich: 0 ≤ Row1 ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Column1** (input_control) . . . . . rectangle.origin.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenindex der linken oberen Ecke.
Default: 16
Wertevorschläge: Column1 ∈ {0, 64, 128, 256, 511}
Wertebereich: 0 ≤ Column1 ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Row2** (input_control) . . . . . rectangle.corner.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenindex der rechten unteren Ecke.
Default: 48
Wertevorschläge: Row2 ∈ {0, 64, 128, 256, 511}
Wertebereich: 0 ≤ Row2 ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10
Restriktion: Row2 >= Row1

▷ **Column2** (input_control) . . . . . rectangle.corner.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenindex der rechten unteren Ecke.
Default: 80
Wertevorschläge: Column2 ∈ {0, 64, 128, 256, 511}
Wertebereich: 0 ≤ Column2 ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10
Restriktion: Column2 >= Column1

Beispiel

```
set_color(WindowHandle,'green')
draw_region(MyRegion,WindowHandle)
smallest_rectangle1(MyRegion,R1,C1,R2,C2)
disp_rectangle1(WindowHandle,R1,C1,R2,C2)
```

Ergebnis

disp_rectangle1 liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, set_rgb, set_lut, set_hsi, set_draw, set_color, set_colored, set_line_width

Alternativen

disp_rectangle2, gen_rectangle1, disp_region, disp_line, set_shape

Siehe auch

open_window, set_color, set_draw, set_line_width

Modul

Foundation

disp_rectangle2 (: : WindowHandle, CenterRow, CenterCol, Phi, Length1, Length2 :)

Ausgeben von beliebig orientierten Rechtecken.

disp_rectangle2 trägt ein oder mehrere Rechtecke mit dem Schwerpunkt (CenterRow,CenterCol), der Orientierung Phi (in Bogenmaß) und den halben Kantenlängen Length1 und Length2 in das Ausgabefenster ein. Es kann mehr als ein Rechteck gezeichnet werden, indem jeweils Tupel von Koordinaten übergeben werden. Für die Behandlung der Farben bei mehr als einem Rechteck, siehe set_color.

Die Parameter für die Ausgabe können wie bei der Darstellung von Regionen (disp_region) mit den Operatoren set_color, set_draw, set_line_width, etc. bestimmt werden.

Achtung

Der Schwerpunkt muss innerhalb der Fensterkoordinaten liegen.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **CenterRow** (input_control) . . . . . rectangle2.center.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenindex des Schwerpunktes.
  Default: 48
  Wertevorschläge: CenterRow ∈ {0, 64, 128, 256, 511}
  Wertebereich: 0 ≤ CenterRow ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- ▷ **CenterCol** (input_control) . . . . . rectangle2.center.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenindex des Schwerpunktes.
  Default: 64
  Wertevorschläge: CenterCol ∈ {0, 64, 128, 256, 511}
  Wertebereich: 0 ≤ CenterCol ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- ▷ **Phi** (input_control) . . . . . rectangle2.angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
  Orientierung des Rechtecks in Bogenmaß.
  Default: 0.0
  Wertevorschläge: Phi ∈ {0.0, 0.785398, 1.570796, 3.1415926, 6.283185}
  Wertebereich: 0.0 ≤ Phi ≤ 6.283185 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.1
- ▷ **Length1** (input_control) . . . . . rectangle2.hwidth(-array) ⇝ *real* / integer
  Hälfte der größeren Seitenlänge.
  Default: 48
  Wertevorschläge: Length1 ∈ {0, 64, 128, 256, 511}
  Wertebereich: 0 ≤ Length1 ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Length2** (input_control) . . . . . rectangle2.hheight(-array) ⇝ *real / integer*
Hälfte der kürzeren Seitenlänge.
Default: 32
Wertevorschläge: Length2 ∈ {0, 64, 128, 256, 511}
Wertebereich: 0 ≤ Length2 ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10
Restriktion: Length2 < Length1

Beispiel

```
set_color(WindowHandle,'green')
draw_region(MyRegion,WindowHandle)
elliptic_axis(MyRegion,Ra,Rb,Phi)
area_center(MyRegion,_,Row,Column)
disp_rectangle2(WindowHandle,Row,Column,Phi,Ra,Rb)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert disp_rectangle2 den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, set_rgb, set_lut, set_hsi, set_draw, set_color, set_colored, set_line_width

Alternativen

disp_region, gen_rectangle2, disp_rectangle1, set_shape

Siehe auch

open_window, disp_region, set_color, set_draw, set_line_width

Modul

Foundation

disp_region (DispRegions : : WindowHandle :)

Ausgeben von Regionen in ein Fenster.

disp_region trägt die Regionen aus DispRegions in das Ausgabefenster ein. Die Parameter für die Ausgabe können mit den Operatoren set_color, set_gray, set_draw, set_line_width, etc. bestimmt werden.

Die Farbe(n) für die Darstellung der Regionen wird mit set_color, set_rgb, set_gray oder set_colored festgelegt. Wird mehr als eine Region ausgegeben und ist mehr als eine Farbe gesetzt (siehe set_color, set_colored), dann werden die Regionen zyklisch mit den angegebenen Farben ausgegeben.

Die Form der Region kann für die Ausgabe mit set_paint verändert werden (z.B. umschließender Kreis, konvex Hülle, etc.). Mit set_draw wird festgelegt, ob die Region ausgefüllt oder nur der Rand gezeichnet werden soll. Falls nur der Rand gezeichnet wird, kann mit set_line_width dessen Dicke in Pixeln und mit set_line_style das Darstellungsmuster angegeben werden.

Parameter

▷ **DispRegions** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Auszugebende Regionen.

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

Beispiel

```
* Output with 12 colors:
set_colored(WindowHandle,12)
disp_region(SomeSegments,WindowHandle)

* Symbolic representation:
set_draw(WindowHandle,'margin')
set_color(WindowHandle,'red')
set_shape(WindowHandle,'ellipse')
disp_region(SomeSegments,WindowHandle)

* Representation of a margin with pattern:
set_draw(WindowHandle,'margin')
set_color(WindowHandle,'blue')
set_line_style(WindowHandle,[12,3])
disp_region(Segments,WindowHandle)
```

Ergebnis

`disp_region` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`, `set_rgb`, `set_lut`, `set_hsi`, `set_shape`, `set_line_style`, `set_draw`, `set_color`, `set_colored`, `set_line_width`

Alternativen

`disp_obj`, `disp_arrow`, `disp_line`, `disp_circle`, `disp_rectangle1`, `disp_rectangle2`, `disp_ellipse`

Siehe auch

`open_window`, `set_color`, `set_colored`, `set_draw`, `set_shape`, `set_paint`, `set_gray`, `set_rgb`, `set_hsi`, `set_line_width`, `set_line_style`, `paint_region`, `dump_window`

Modul

Foundation

disp_xld (XLDObject : : WindowHandle :)

Ausgeben der Daten eines XLD-Objekts.

Mit `disp_xld` können XLD-Objekte eines beliebigen Typs ausgegeben werden.

Parameter

▷ **XLDObject** (input_object) ..... xld-array ⇝ *object*
Auszugebendes XLD-Objekt.

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-ID.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

disp_image, disp_region, disp_channel, disp_color, disp_line, disp_arc

Modul

Foundation

12.3 Farbtabelle

get_lut (: : WindowHandle : LookUpTable)

Abfragen der aktuellen Farbtabelle.

get_lut gibt den Namen oder die Werte der Farbtabelle des gültigen Ausgabefensters aus, die von dem Operator disp_image (indirekt auch von disp_region etc.) verwendet wird. Gesetzt wird die Farbtabelle mit dem Operator set_lut. Handelt es sich bei der aktuellen Tabelle um eine Systemtabelle (die nicht durch set_fix modifiziert wurde), so wird der Name der Tabelle angegeben. Handelt es sich um eine modifizierte Tabelle, um eine von Datei eingelesene oder um eine Tabelle für Pseudo-Echtfarbenausgabe, so wird die Tabelle in Form von RGB-Werten ausgegeben.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
  Fensteridentifikator.
- ▷ **LookUpTable** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string* / integer
  Name der Farbtabelle oder Tupel der RGB-Werte.

Ergebnis

get_lut liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

set_lut

Siehe auch

set_lut

Modul

Foundation

query_lut (: : WindowHandle : LookUpTable)

Abfragen aller verfügbaren Farbtabellen.

query_lut gibt die Namen aller Farbtabellen des aktuellen Gerätes an. Diese Farbtabellen können mit set_lut gesetzt werden. Immer vorhanden ist die Farbtabelle 'default'.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
  Fensteridentifikator.
- ▷ **LookUpTable** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Namen der Farbtabellen.

Ergebnis

`query_lut` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls ein gültiges Fenster geöffnet ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`set_lut`, `disp_lut`

Siehe auch

`set_lut`

Modul

Foundation

set_lut (: : WindowHandle, LookUpTable :)

Setzen einer Farbtabelle.

`set_lut` setzt die Farbtabelle des Gerätes (Bildschirm), auf dem das Ausgabefenster dargestellt wird. Eine Farbtabelle ist die Umsetzung der „Grauwerte“ der Bildmatrix in einen Grauton oder eine Farbe auf dem Bildschirm. Für jeden Wert (0..255) wird festgelegt, in welcher Kombination aus rot grün und blau er dargestellt werden soll. Hierbei werden jedem Grauwert drei Intensitäten für die Grundfarben zugeordnet; deshalb spricht man von einer Farbtabelle. Die Umsetzung erfolgt in Echtzeit und bei jedem Bildschirmaufbau (typisch 60 bis 70 mal pro Sekunde) neu. Dies ermöglicht es, die Farbtabelle zu wechseln, um ein anderes Erscheinungsbild zu erhalten. Es ist zu beachten, dass die Farbtabelle nicht bei jedem Rechner gewechselt werden kann (z.B.: Schwarz/Weiß bzw. Echtfarbe).

Die Farbtabellen in HALCON sind (bei einem Rechner mit 256 Farben) in drei Bereiche aufgeteilt:

S: Systembereich, bzw. Benutzerbereich

G: Grafikfarben

B: Bilddaten

Die Farben in S stammen von den Anwendungen, die vor dem Start von HALCON aktiv waren, und weiterhin erhalten bleiben sollen. Die Grafikfarben G werden für Operatoren wie `disp_region`, `disp_circle`, etc. verwendet und sind in allen Farbtabellen gleich besetzt, d.h. die Ausgaben, die in einer Grafikfarbe erfolgen bleiben bei allen Farbtabellen erhalten. Grafikfarben werden mit `set_color` und `set_rgb` gesetzt. Die Grautöne bzw. Farben der Bilddaten B werden von dem Operator `disp_image` verwendet. Diese können sich in Abhängigkeit von der aktuellen Farbtabelle ändern. Eine Ausnahme vom oben Beschriebenen machen die Operatoren `set_gray` (setzen einer Farbe aus dem Bereich B für Operatoren wie `disp_region`) und `set_fix`, die eine Modifikation der Grafikfarben ermöglicht.

Bei den heute üblichen Bildschirmen kann nur eine Farbtabelle pro Bildschirm geladen werden. `set_lut` kann jedoch für jedes Fenster getrennt aufgerufen werden. Für dieses Problem gibt es folgende Lösung: Es wird immer diejenige Tabelle aktiviert, die dem gerade aktiven Fenster zugeordnet ist (dabei hat hier aktiv nichts mit `set_lut`, sondern vielmehr mit dem „Window-Manager“ zu tun).

Farb- und Grauwerttabellen können auch zusammen mit Echtfarben Grafikkarten verwendet werden. In diesem Fall wird die Tabelle durch Software simuliert, das heißt, dass das Bild bei der Ausgabe über die Tabelle bearbeitet wird.

Die Namen aller Farbtabellen können mit `query_lut` abgefragt werden. Die Farbtabellen unterscheiden sich in dem für die Grauwerte vorgesehenen Bereich. In diesem Bereich zeigen sie folgendes Verhalten:

Grauwerttabellen (1-7 Bildebenen)

Wert	Beschreibung
'default'	Es werden die beiden Grundfarben (i.allg. schwarz und weiß) verwendet.

Farbtabelle (Echtfarbe, statische Graustufen)

Wert	Beschreibung
'default'	Von der Hardware vorgegebene Tabelle.

Grauwerttabellen (256 Farben)

Wert	Beschreibung
'default'	Wie *'linear'*.
'linear'	Lineares Ansteigen der Grauwerte von 0(schwarz) nach 255 (weiß).
'inverse'	Inverse Funktion zu *'linear'*.
'sqr'	Ansteigen der Grauwerte als quadratische Funktion.
'inv_sqr'	Inverse Funktion zu *'sqr'*.
'cube'	Ansteigen der Grauwerte als 3. Potenz-Funktion.
'inv_cube'	Inverse Funktion zu *'cube'*.
'sqrt'	Ansteigen der Grauwerte als Quadratwurzelfunktion.
'inv_sqrt'	Inverse Funktion zu *'sqrt'*.
'cubic_root'	Ansteigen der Grauwerte als 3. Wurzel-Funktion.
'inv_cubic_root'	Inverse Funktion zu *'cubic_root'*.

Farbtabellen (256 Farben)

Wert	Beschreibung
'color1'	Linearer Übergang von rot über grün nach blau.
'color2'	Fließender Übergang von gelb über rot, blau nach grün.
'color3'	Fließender Übergang von gelb über rot, blau, grün, rot nach blau.
'color4'	Fließender Übergang von gelb über rot nach blau.
'three'	Darstellung der drei Farben rot, grün, blau.
'six'	Darstellung der sechs Grundfarben gelb, rot, magenta, blau, cyan, grün.
'twelve'	Darstellung von 12 Farben.
'twenty_four'	Darstellung von 24 Farben.
'rainbow'	Darstellung der Spektralfarben von rot über grün nach blau.
'temperature'	Wärmetabelle von schwarz über rot und gelb nach weiß.
'change1'	Farbänderung nach jedem Pixel der Tabelle, und zwar abwechselnd die sechs Grundfarben.
'change2'	5-fache Farbänderung von grün über rot nach blau.
'change3'	3-fache Farbänderung von grün über rot nach blau.
'jet'	Fließender Übergang von blau über grün, gelb nach rot.
'inverse_jet'	Fließender Übergang von rot über gelb, grün nach blau.
'batlow'	Perzeptuell einheitlich und farbsehschwächefreundlich.
'inverse_batlow'	Perzeptuell einheitlich und farbsehschwächefreundlich.

Die Farbtabelle `LookUpTable`, die in `WindowHandle` verwendet wird, kann auf die folgenden Arten festgelegt werden:

Name der Farbtabelle Farbtabelle wird durch Übergabe ihres Namen ausgewählt (siehe `query_lut`).

Dateiname der Farbtabelle Liest eine Farbtabelle aus einer Datei. Jede Zeile einer solchen Datei muss drei Zahlen im Bereich von 0 bis 255 enthalten, wobei die erste Zahl den Rotanteil, die zweite den Grünanteil und die dritte den Blauanteil der dargestellten Anzeigefarbe bestimmt. Die Anzahl der Zeilen kann variieren. Die erste Zeile enthält Informationen für den ersten Grauwert und die letzte Zeile für den letzten Wert. Wenn es weniger Zeilen als Grauwerte gibt, werden die verfügbaren Werte über das gesamte Intervall verteilt. Wenn es mehr Zeilen als Grauwerte gibt, werden (gleichmäßig verteilt) Zeilen ignoriert. Der Dateiname muss der Form "`LookUpTable.lut`" entsprechen. Innerhalb des Parameters wird der Name ohne Dateierweiterung angegeben. HALCON sucht die Datei im aktuellen Verzeichnis und danach in einem angegebenen Verzeichnis (siehe *'lut_dir'* in `set_system`).

Tupel RGB-Werte direkt als Tupel setzen. Die Anzahl der Parameterwerte muss der Anzahl der aktuell in der Farbtabelle verwendeten Pixel entsprechen.

Beliebige der oben genannten Kombinationen mit benutzerdefiniertem Wertebereich Festlegen eines benutzerdefinierten Wertebereichs, der von der Farbtabelle abgebildet werden soll. Standardmäßig verwendet HALCON die minimalen und maximalen Grauwerte g_min und g_max des Bildes (mit Ausnahme von `byte`-Bildern) und bildet diese Werte beim Anwenden der Farbtabelle auf 0 und 255 ab. Es ist möglich, dieses Verhalten zu verändern, indem man an `set_lut` ein Tupel in der Form *[LUT, g_min, g_max]* übergibt (wobei *'LUT'* eine der oben genannten Optionen ist). Diese Funktion kann besonders nützlich sein, wenn es Ausreißer in einem `real` Bild gibt.

Das Standardverhalten wird durch die Verwendung einer der obigen Optionen ohne minimale und maximale Grauwerte wiederhergestellt.

Achtung

`set_lut` kann nur bei Bildschirmen mit 256 Graustufen/Farben verwendet werden.

Parameter

▷ **`WindowHandle`** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fensteridentifikator.

▷ **`LookUpTable`** (input_control) ..... filename.read(-array) ⇝ *string* / integer / real
Name der Farbtabelle, Werte der Farbtabelle (RGB) oder der Name der Datei.
Default: 'default'
Wertevorschläge: `LookUpTable` ∈ {'default', 'linear', 'inverse', 'sqr', 'inv_sqr', 'cube', 'inv_cube', 'sqrt', 'inv_sqrt', 'cubic_root', 'inv_cubic_root', 'color1', 'color2', 'color3', 'color4', 'three', 'six', 'twelve', 'twenty_four', 'rainbow', 'temperature', 'cyclic_gray', 'cyclic_temperature', 'hsi', 'change1', 'change2', 'change3', 'jet', 'inverse_jet', 'batlow', 'inverse_batlow'}
Dateiendung: `.lut`

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
query_lut(WindowHandle,LUTs)
for i := 0 to |LUTs|-1 by 1
  set_lut(WindowHandle,LUTs[i])
  fwrite_string(FileHandle, ['current table ',LUTs[i]])
  fnew_line(FileHandle)
  get_mbutton(WindowHandle,_,_,_)
endfor
```

Ergebnis

`set_lut` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls der Parameter korrekt ist, die Hardware über eine Farbtabelle verfügt und das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

query_lut, get_lut

Siehe auch

get_lut, query_lut, set_color, set_rgb, set_hsi, write_lut

Modul

Foundation

12.4 Fenster

clear_window (: : WindowHandle :)

Löschen des Inhalts eines Ausgabefensters.

clear_window löscht alle Einträge im Ausgabefenster. Das Fenster (Hintergrund und Rand) wird in seinen Anfangszustand versetzt. Parameter, die dem Fenster zugeordnet sind (z.B. mit set_color, set_paint, etc.), bleiben unverändert.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

Ergebnis

Ist das Ausgabefenster gültig, dann liefert clear_window den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window

Alternativen

clear_rectangle, disp_rectangle1

Siehe auch

open_window

Modul

Foundation

close_window (: : WindowHandle :)

Schließen eines Ausgabefensters.

close_window schließt ein Fenster, das mit open_window geöffnet wurde. Das Ausgabegerät bzw. der Fensterbereich stehen danach wieder für neue Aufrufe von open_window zur Verfügung.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window(-array) ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

Ergebnis

Ist das Ausgabefenster gültig, dann liefert close_window den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- WindowHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`open_window`

Siehe auch

`open_window`

Modul

Foundation

`copy_rectangle` `( : : WindowHandleSource, WindowHandleDestination, Row1, Column1, Row2, Column2, DestRow, DestColumn : )`

Kopieren aller Pixel eines Rechtecks zwischen Ausgabefenstern.

`copy_rectangle` kopiert alle Pixel, die innerhalb des durch die Parameter `Row1`, `Column1`, `Row2` und `Column2` beschriebenen Rechtecks liegen, aus dem angegebenen Window mit der logischen Fensternummer `WindowHandleSource` in das angegebene Window mit der logischen Fensternummer `WindowHandleDestination`. Die Zielposition wird durch die linke obere Ecke des Rechtecks (`DestRow`, `DestColumn`) festgelegt.

Falls mehr als ein Rechteck bewegt werden soll, können diese gleichzeitig (in Form von Tupeln) übergeben werden.

`copy_rectangle` ist dafür gedacht, aufbereitete Grafiken aus einem „unsichtbaren“ Fenster in ein sichtbares Fenster zu kopieren. Hierzu wird ein Fenster mit der Option 'buffer' geöffnet. In dieses Fenster wird die Grafik ausgegeben und danach in ein sichtbares Fenster kopiert. Der Vorteil dieser Vorgehensweise besteht darin, dass `copy_rectangle` viel schneller als Ausgabeprozeduren wie z.B. `disp_channel` ist. Dies ist insbesondere bei Demo-Programmen von Vorteil. Es lassen sich hiermit auch kurze „clips“ realisieren: Hierzu wird für jedes Bild der Folge ein Fenster vom Typ 'buffer' angelegt und die Daten darauf ausgegeben. Ausgegeben wird die Bildfolge, indem alle Puffer nacheinander in ein sichtbares Fenster kopiert werden.

Achtung

Beide Fenster müssen auf demselben Display liegen.

Parameter

▷ **`WindowHandleSource`** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Nummer des Quellfensters.

▷ **`WindowHandleDestination`** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Nummer des Zielfensters.

▷ **`Row1`** (input_control) . . . . . rectangle.origin.y(-array) ⇝ *integer*
Zeilenindex der linken oberen Ecke im Quellfenster.
Default: 0
Wertebereich: $0 \leq$ `Row1` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **`Column1`** (input_control) . . . . . rectangle.origin.x(-array) ⇝ *integer*
Spaltenindex der linken oberen Ecke im Quellfenster.
Default: 0
Wertebereich: $0 \leq$ `Column1` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Row2** (input_control) . . . . . rectangle.corner.y(-array) ⇝ *integer*
Zeilenindex der rechten unteren Ecke im Quellfenster.
Default: 128
Wertebereich: 0 ≤ `Row2` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: Row2 >= Row1

▷ **Column2** (input_control) . . . . . rectangle.corner.x(-array) ⇝ *integer*
Spaltenindex der rechten unteren Ecke im Quellfenster.
Default: 128
Wertebereich: 0 ≤ `Column2` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: Column2 >= Column1

▷ **DestRow** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *integer*
Zeilenindex der linken oberen Ecke im Zielfenster.
Default: 0
Wertebereich: 0 ≤ `DestRow` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **DestColumn** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *integer*
Spaltenindex der linken oberen Ecke im Zielfenster.
Default: 0
Wertebereich: 0 ≤ `DestColumn` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
open_window(0,0,-1,-1,'root','buffer','',WindowHandleBuffer)
disp_obj(Image,WindowHandleBuffer)
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle)
draw_rectangle1 (WindowHandle, Row1, Column1, Row2, Column2)
copy_rectangle(WindowHandleBuffer,WindowHandle,\
               Row1, Column1, Row2, Column2,Row1,Column1)
close_window(WindowHandleBuffer)
```

Ergebnis

Ist das Ausgabefenster gültig und sind die angegebenen Parameter korrekt, dann liefert `copy_rectangle` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`close_window`

Alternativen

`move_rectangle`, `slide_image`

Siehe auch

`open_window`

Modul

Foundation

dump_window (: : WindowHandle, Device, FileName :)

Ausgeben des Fensterinhaltes in eine Datei.

dump_window gibt den Inhalt des Fensters in eine Datei aus. Diese Datei kann dann mit geeigneten Druckern oder anderen Programmen weiterverarbeitet werden. Der Bildschirminhalt wird dabei jeweils für ein spezielles Gerät (Device) aufbereitet, d.h. so formatiert, dass die Datei direkt ausgedruckt oder von einem Grafikprogramm weiterverarbeitet werden kann.

Für die Umsetzung der Grauwerte wird die aktuelle Farbtabelle des Fensters verwendet.

Mögliche Werte für Device

'postscript': PostScript - Datei.
Dateiendung: '.ps'

'postscript',Breite,Höhe: PostScript - Datei mit Angabe der Ausgabegröße. $Width$ und $Height$ beziehen sich dabei auf die Größe des Ausdrucks. In diesem Fall wird ein Tupel mit den drei Werten als Device übergeben.
Dateiendung: '.ps'

'tiff': TIFF-Format; Komprimierung ist möglich mit Adobe-Deflate-Komprimierung (*'deflate [num]'*, verlustfrei), JPEG (*'jpeg [num]'*, verlustbehaftet), LZW (*'lzw'*, verlustfrei) und PackBits (*'packbits'*, verlustfrei). *'[num]'* bedeutet hier eine optionale Angabe der Komprimierung. Bei *'deflate'* kann eine Zahl zwischen *0* (keine Komprimierung) und *9* (maximale Komprimierung) angegeben werden. Bei *'jpeg'* kann eine Zahl zwischen *0* und *100* angegeben werden. Die Semantik ist identisch mit der unten bei 'jpeg' beschriebenen Semantik. Die Optionen können durch Leerzeichen getrennt aneinander gefügt werden. Beispiele: *'tiff deflate 9'*: Maximale Adobe-Deflate-Komprimierung; *'tiff jpeg 90'*: JPEG-Komprimierung mit hoher Qualität; *'tiff lzw'*: LZW-Komprimierung; *'tiff'* oder *'tiff none'*: Keine Komprimierung.
Dateiendung: '.tif'

'bmp': Windows-BMP-Format, RGB-Bild, 3 Byte pro Pixel;
Dateiendung: '.bmp'

'jpeg': JPEG-Format (verlustbehaftete Komprimierung); Zusammen mit dem Format kann ein Qualitätsmaß angeben werden, das die Komprimierungsrate und die Qualität des gespeicherten Bildes bestimmt. Große Werte (Maximum 100) erzeugen eine relativ große Datei mit hoher Qualität, bei kleine Werten nimmt die Qualität und die Dateigröße deutlich ab; Bsp.: 'jpeg 30'.
Dateiendung: '.jpg'

'jpegxr': JPEG-Format (verlustfreie und verlustbehaftete Komprimierung); Zusammen mit dem Format kann ein Qualitätsmaß angeben werden, das die Komprimierungsrate und die Qualität des gespeicherten Bildes bestimmt. Große Werte (Maximum 100) erzeugen eine relativ große Datei mit hoher Qualität, bei kleine Werten nimmt die Qualität und die Dateigröße deutlich ab; Bsp.: 'jpegxr 30'.
Dateiendung: '.jpg'

'jp2': JPEG2000-Format (verlustfreie und verlustbehaftete Komprimierung); Zusammen mit dem Format kann ein Maß angegeben werden, welches die Komprimierungsrate und damit die Qualität des gespeicherten Bildes bestimmt (z.B. 'jp2 40'). Der angegebene Wert entspricht ungefähr dem Verhältnis der Größe des komprimierten Bildes zur Größe des unkomprimierten Bildes (in Prozent). Da JPEG2000 ohnehin stark komprimiert, haben erst kleinere Werte (typischerweise unter 50) Einfluss auf die Dateigröße. Wird kein Wert angegeben (und nur dann) wird das Bild verlustfrei komprimiert.
Dateiendung: '.jp2'

'png': PNG-Format (verlustfreie Komprimierung); zusammen mit dem Format kann ein Komprimierungsgrad zwischen 0 und 9 angegeben werden, wobei 0 keiner Kompression und 9 der bestmöglichen Kompression entspricht. Alternativ kann die Kompression über folgende Konstanten ausgewählt werden: 'best', 'fastest' und 'none'. Korrekte Formatparameter sind also z.B. 'png', 'png 7' und 'png none'.
Dateiendung: '.png'

Achtung

Unter unixartigen Systemen muss das Grafikfenster vollständig auf dem Root-Fenster sichtbar sein, da sonst der Fensterinhalt aufgrund von Einschränkungen in X Windows nicht ausgelesen werden kann. Sollen Ausgaben von größeren Darstellungen in eine Datei geschrieben werden, bietet sich der Fenstertyp *'pixmap'* an.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Device** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer
Name des Zielgerätes bzw. des Grafikformats.
Default: 'postscript'
Wertevorschläge: `Device` ∈ {'postscript', 'tiff', 'tiff deflate 9', 'tiff jpeg 90', 'tiff lzw', 'tiff packbits', 'bmp', 'jpeg', 'jpeg 100', 'jpeg 80', 'jpeg 60', 'jpeg 40', 'jpeg 20', 'jpegxr', 'jpegxr 50', 'jpegxr 40', 'jpegxr 30', 'jpegxr 20', 'jp2', 'jp2 50', 'jp2 40', 'jp2 30', 'jp2 20', 'png', 'png best', 'png fastest', 'png none'}

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Dateiname (ohne Extension).
Default: 'halcon_dump'

Beispiel

```
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle)
read_image (Image, 'fabrik')
gen_circle (Circle, 200, 200, 100.5)
dev_display (Image)
dev_display (Circle)
dump_window(WindowHandle,'postscript','halcon_dump')
```

Ergebnis

`dump_window` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das passende Fenster gültig ist und die Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`, `set_draw`, `set_color`, `set_colored`, `set_line_width`, `disp_region`

Nachfolger

`system_call`

Siehe auch

`open_window`, `set_system`, `dump_window_image`

Modul

Foundation

dump_window_image (: Image : WindowHandle :)

Ausgeben des Fensterinhaltes in ein Bildobjekt.

`dump_window_image` gibt den Inhalt des Fensters (`WindowHandle`) in ein Bildobjekt (`Image`) aus. Für die Umsetzung der Grauwerte wird die aktuelle Farbtabelle des Fensters verwendet.

Achtung

Unter unixartigen Systemen muss das Grafikfenster vollständig auf dem Root-Fenster sichtbar sein, da sonst der Fensterinhalt aufgrund von Einschränkungen in X Windows nicht ausgelesen werden kann.

Parameter

▷ **Image** (output_object) . . . . . image ⇝ *object :* byte
Gespeichertes Bild.

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

Ergebnis

`dump_window_image` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`, `set_draw`, `set_color`, `set_colored`, `set_line_width`, `disp_region`

Siehe auch

`open_window`, `set_system`, `dump_window`

Modul

Foundation

flush_buffer (: : WindowHandle :)

Aktualisieren des Inhalts eines Fensters.

`flush_buffer` aktualisiert den Inhalt des Fensters `WindowHandle`.

`flush_buffer` muss dann verwendet werden, wenn der Fensterparameter *'flush'* mit `set_window_param` auf *'false'* gesetzt wurde. In diesem Fall werden alle Anzeigeoperationen wie `disp_obj` in einen Puffer umgeleitet und haben keinen Effekt auf das Fenster `WindowHandle` (dies gilt für alle Fenstermodi). `flush_buffer` kopiert den Inhalt dieses Puffers in das Fenster `WindowHandle`.

Dies ist nützlich, um eine flackerfreie Darstellung zu erreichen. So können mehrere Anzeigeoperationen (z.B. `clear_window` gefolgt von einem `disp_obj`) zusammengefasst werden und das finale Resultat mit `flush_buffer` angezeigt werden.

Dies betrifft nicht die Zeichenobjekte, welche immer aktualisiert werden.

Achtung

`flush_buffer` benötigt die Bibliothek libcanvas, die auf Embedded-Systemen möglicherweise nicht verfügbar ist.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

Beispiel

```
read_image (Image, 'printer_chip/printer_chip_01')
threshold (Image, Region, 128, 255)
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle)
set_window_param (WindowHandle, 'flush', 'false')
dev_display (Image)
dev_display (Region)
disp_text (WindowHandle, 'Result of threshold', 'window', \
           12, 12, 'black', [], [])
* nothing is displayed until flush_buffer is called
flush_buffer (WindowHandle)
```

Ergebnis

`flush_buffer` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`disp_obj`

Nachfolger

`dump_window_image`

Siehe auch

`set_window_param`

Modul

Foundation

get_disp_object_model_3d_info (: : WindowHandle, Row, Column, Information : Value)

Zurückgeben der Tiefe oder des Indexes eines dargestellten 3D Objektmodells.

`get_disp_object_model_3d_info` gibt Informationen über die 3D Objektmodelle, die im Fenster `WindowHandle` an den Positionen (`Row`, `Column`) mit `disp_object_model_3d` angezeigt wurden in `Value` zurück.

Mit dem Parameter `Information` wird ausgewählt, welche Werte zurückgegeben werden:

'object_index' Die Indices der 3D Objektmodelle, die an den Positionen (`Row`, `Column`) dargestellt wurden. Befindet sich kein 3D Objektmodell an einer dieser Stellen, wird *-1* zurückgegeben. Um diese Information ermitteln zu können, muss bei `disp_object_model_3d` der generische Parameter *'object_index_persistence'* auf *'true'* gesetzt worden sein.

'depth' Die Tiefe (d.h. die Z Koordinate im Kamerakoordinatensystem) an den Positionen (`Row`, `Column`). Befindet sich kein 3D Objektmodell an einer dieser Stellen, wird *-1.0* zurückgegeben. Um diese Information ermitteln zu können, muss bei `disp_object_model_3d` der generische Parameter *'depth_persistence'* auf *'true'* gesetzt worden sein.

Die Fensterkoordinaten `Row` und `Column` beziehen sich auf den gesetzten Bildausschnitt. Dabei werden sie als subpixelgenaue eckenzentrierte Koordinaten aufgefasst, siehe Transformationen / 2D-Transformationen. D.h., ist der Bildausschnitt durch (`Zeile1`,`Spalte1`,`Zeile2`,`Spalte2`) gegeben (im HALCON Standard-Koordinatensystem), entspricht die linke obere Ecke den Koordinaten (`Zeile1` - 0.5, `Spalte1` - 0.5), die rechte untere Ecke den Koordinaten (`Zeile2` - 0.5, `Spalte2` - 0.5). Die Operatoren `get_mposition_sub_pix` oder `get_mbutton_sub_pix` können verwendet werden, um diese Koordinaten direkt zu erhalten. Für Fensterkoordinaten, die Werten außerhalb des gesetzten Bildausschnittes entsprechen, ist das Verhalten des Operators undefiniert.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fensteridentifikator.

▷ **Row** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinaten.

▷ **Column** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinaten.

▷ **Information** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Abzufragende Information.
Default: 'depth'
Werteliste: `Information` ∈ {'depth', 'object_index'}

▷ **Value** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer* / real
Werte an (Row,Column).

Ergebnis

`get_disp_object_model_3d_info` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`disp_object_model_3d`, `get_mbutton`, `get_mbutton_sub_pix`, `get_mposition`, `get_mposition_sub_pix`

Siehe auch

`disp_object_model_3d`

Modul

3D Metrology

get_os_window_handle (: : WindowHandle : OSWindowHandle, OSDisplayHandle)

Auslesen der Betriebssystem-Fenster-Handles.

Dieser Operator kann nicht in HDevelop-Grafikfenstern verwendet werden, die mit `dev_open_window` geöffnet wurden.

`get_os_window_handle` gibt den Betriebssystem-Fenster-Handle des HALCON-Fensters `WindowHandle` in `OSWindowHandle` zurück. Unter unixartigen Systemen wird zusätzlich in `OSDisplayHandle` der Betriebssystem-Display-Handle des HALCON-Fensters zurückgeliefert. Dies kann dazu verwendet werden, um mit Betriebssystem-Funktionen auf das Fenster zuzugreifen, um z.B. darin benutzerdefiniert zu zeichnen. Unter Windows kann `OSWindowHandle` in eine Variable vom Typ HWND umgewandelt werden. Unter unixartigen Systemen kann `OSWindowHandle` in eine Variable vom Typ Window umgewandelt werden und `OSDisplayHandle` in den Typ Display.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **OSWindowHandle** (output_control) ..... pointer ⇝ *integer*
Betriebssystem-Fenster-Handle.

▷ **OSDisplayHandle** (output_control) ..... pointer ⇝ *integer*
Betriebssystem-Display-Handle (nur unter unixartigen Systemen).

Beispiel

```
/* Draw a line into a HALCON window under Unix-like systems using X11 calls. */
#include "HalconC.h"
#include <X11/X.h>
#include <X11/Xlib.h>

int main(int argc, char **argv)
{
  Hlong hwin, win, disp;
  Display *display;
  Window window;
  GC gc;
  XGCValues values;
  static char dashes[] = { 20, 20 };
```

```
  open_window(0, 0, 500, 500, 0, "visible", "", &hwin);
  get_os_window_handle(hwin, &win, &disp);
  display = (Display *)disp;
  window = (Window)win;
  gc = XCreateGC(display, window, 0, &values);
  XSetFunction(display, gc, GXset);
  XSetLineAttributes(display, gc, 10, LineOnOffDash, CapRound, JoinRound);
  XSetDashes(display, gc, 0, dashes, 2);
  XSetForeground(display, gc, WhitePixel(display, DefaultScreen(display)));
  XSetBackground(display, gc, BlackPixel(display, DefaultScreen(display)));
  XDrawLine(display, win, gc, 20, 20, 480, 480);
  XFlush(display);
  XFreeGC(display, gc);
  wait_seconds(5);
  return 0;
}

/* Draw a line into a HALCON window under Windows using GDI calls. */
#include "HalconC.h"
#include "windows.h"

int main(int argc, char **argv)
{
  Hlong hwin, win, disp;
  HDC hdc;
  HPEN hpen;
  HPEN *hpen_old;
  LOGBRUSH logbrush;
  POINT point;
  static DWORD dashes[] = { 20, 20 };

  open_window(0, 0, 500, 500, 0, "visible", "", &hwin);
  get_os_window_handle(hwin, &win, &disp);
  logbrush.lbColor = RGB(255,255,255);
  logbrush.lbStyle = BS_SOLID;
  hpen =  ExtCreatePen(PS_USERSTYLE|PS_GEOMETRIC, 10, &logbrush, 2, dashes);
  hdc = GetDC((HWND)win);
  hpen_old = (HPEN *)SelectObject(hdc, hpen);
  MoveToEx(hdc, 20, 20, &point);
  LineTo(hdc, 480, 480);
  DeleteObject(SelectObject(hdc, hpen_old));
  ReleaseDC((HWND)win, hdc);
  wait_seconds(5);
  return 0;
}
```

Ergebnis

`get_os_window_handle` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Modul

Foundation

get_window_attr (: : AttributeName : AttributeValue)

Lesen von Fenstereigenschaften.

get_window_attr dient zum Auslesen von Eigenschaften von Grafikfenstern, die mit set_window_attr gesetzt wurden. Folgende Parameter eines Fenster können ausgelesen werden:

'border_width' Breite des Fensterrandes in Pixel.

'border_color' Farbe des Fensterrandes.

'background_color' Hintergrundfarbe des Fensters.

'window_title' Name des Fensters in der Titelleiste.

Parameter

- ▷ **AttributeName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Name des Attributs, das gelesen werden soll.
  Werteliste: AttributeName ∈ {'border_width', 'border_color', 'background_color', 'window_title'}
- ▷ **AttributeValue** (output_control) ..... string ⇝ *string* / integer
  Attributwert.

Ergebnis

get_window_attr liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, set_draw, set_color, set_colored, set_line_width

Siehe auch

open_window, set_window_attr

Modul

Foundation

get_window_extents (: : WindowHandle : Row, Column, Width, Height)

Abfragen von Informationen über die Größe und Position eines Fensters.

get_window_extents gibt die Position der linken oberen Ecke, sowie die Breite und die Höhe des Ausgabefensters aus.

Achtung

Die Größe und die Position eines Fensters können durch den Window-Manager verändert werden, ohne dass dies vom Programm aus vorgenommen wurde. Deshalb können sich die Werte, die get_window_extents liefert, durch diesen Seiteneffekt ändern.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Row** (output_control) ..... rectangle.origin.y ⇝ *integer*
Zeilenindex der linken oberen Ecke des Fensters.

▷ **Column** (output_control) ..... rectangle.origin.x ⇝ *integer*
Spaltenindex der linken oberen Ecke des Fensters.

▷ **Width** (output_control) ..... rectangle.extent.x ⇝ *integer*
Breite des Fensters.

▷ **Height** (output_control) ..... rectangle.extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Fensters.

Beispiel

```
open_window(100,100,200,200,'root','visible','',WindowHandle)
fwrite_string(FileHandle, 'Move the window with the mouse!')
fnew_line(FileHandle)
repeat
get_mbutton(WindowHandle,_,_,Button)
get_window_extents(WindowHandle,Row,Column,Width,Height)
fwrite_string(FileHandle, ['(',Row,',',Column,')'])
fnew_line(FileHandle)
until(Button == 4)
```

Ergebnis

`get_window_extents` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`, `set_draw`, `set_color`, `set_colored`, `set_line_width`

Siehe auch

`set_window_extents`, `open_window`

Modul

Foundation

get_window_pointer3 (: : WindowHandle : ImageRed, ImageGreen, ImageBlue, Width, Height)

Zugreifen auf die Pixeldaten eines Fensters.

Dieser Operator kann nicht in HDevelop-Grafikfenstern verwendet werden, die mit `dev_open_window` geöffnet wurden.

`get_window_pointer3` ermöglicht (bei einigen Fenstersystemen) den direkten Zugriff auf die Bitmap. Rückgabewerte sind die drei Zeiger auf die Farbauszüge eines 24-Bit Fensters (`ImageRed`, `ImageGreen`,`ImageBlue`) sowie die Fenstergröße (`Width`,`Height`). In der Programmiersprache C ist der Typ der Bildpunkte unsigned char.

Achtung

`get_window_pointer3` ist nur für den Fenster-Typ *'pixmap'* realisiert.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **ImageRed** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Zeiger auf den Rotkanal der Pixeldaten.

▷ **ImageGreen** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Zeiger auf den Grünkanal der Pixeldaten.

▷ **ImageBlue** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Zeiger auf den Blaukanal der Pixeldaten.

▷ **Width** (output_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
Länge einer Bildzeile.

▷ **Height** (output_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
Anzahl der Bildzeilen.

Ergebnis

`get_window_pointer3` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster vom Typ *'pixmap'* existiert und gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Siehe auch

`open_window`, `set_window_type`

Modul

Foundation

get_window_type (: : WindowHandle : WindowType)

Abfragen des Fenstertyps.

`get_window_type` bestimmt, von welchem Typ bzw. welcher Grafiksoftware das Ausgabegerät des Windows ist. Die verfügbaren Typen von Ausgabegeräten können mit dem Operator `query_window_type` abgefragt werden. `get_window_type` kann dort sinnvoll eingesetzt werden, wo man maschinenunabhängige Programme entwickeln möchte. Mögliche Werte sind:

'X-Window' X-Window Version 11.

'WIN32-Window' Microsoft Windows.

'pixmap' Fenster werden nicht angezeigt, sondern nur im Speicher verwaltet. Auf diese Weise können HALCON-Programme auch auf Rechnern ohne Grafikbildschirm portiert werden.

'PostScript' Die Ausgabe von Objekten erfolgt in eine PostScript-Datei.

'default' Aktueller Fenstertyp.

'system_default' Standardfenstertyp für aktuelle Plattform.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle* / string
Fenster-Handle.
Wertevorschläge: `WindowHandle` ∈ {'default', 'system_default'}

▷ **WindowType** (output_control) ..... string ⇝ *string*
Art des Fensters

Beispiel

```
open_window(100,100,200,200,'root','visible','',WindowHandle)
get_window_type(WindowHandle,WindowType)
fwrite_string(FileHandle, ['Window type: ',WindowType])
fnew_line(FileHandle)
```

Ergebnis

`get_window_type` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Siehe auch

`query_window_type`, `set_window_type`, `get_window_pointer3`, `open_window`

Modul

Foundation

new_extern_window (: : WINHWnd, Row, Column, Width, Height : WindowHandle)

Erzeugen eines virtuellen Grafikfensters unter Windows.

`new_extern_window` öffnet ein neues virtuelles Fenster. Bitte beachten Sie, dass das nur auf Windows-Systemen funktioniert und Zeichenobjekte nicht unterstützt sind.

Virtuell bedeutet hier, dass kein neues Fenster erstellt wird, sondern dass das Fenster, dessen Window-Handle im Parameter `WINHWnd` übergeben wird, zur Ausgabe von Grauwertdaten, Regionen, Grafik sowie für Textausgabe verwendet wird.

Auf Mausinteraktionen basierende Operatoren wie zum Beispiel `draw_rectangle1` können auf externen Fenstern nicht verwendet werden. Die folgenden Operatoren können verwendet werden:

- Grauwertausgabe: `set_paint`, `set_lut`
- Regionen: `set_color`, `set_rgb`, `set_hsi`, `set_gray`, `set_shape`, `set_line_width`, `set_line_style`, `set_draw`
- Bildausschnitt: `set_part`
- Text: `set_font`

Die aktuell gesetzten Werte können mit Operatoren wie `get_shape` abgefragt werden. Da einige Parameter durch die Hardware (Auflösung/Farben) bestimmt werden, kann man mit Operatoren wie `query_color` die aktuell verfügbaren Ressourcen abfragen.

Im Parameter `WINHWnd` wird der Fensterhandle des Windows-Fensters übergeben, in das die Ausgaben von HALCON erfolgen sollen.

Der Ursprung des Koordinatensystems des Fensters liegt in der linken oberen Ecke (Koordinaten: (0,0)). Nach unten nimmt der Zeilenindex zu (maximal: Fensterhöhe-1), nach rechts steigt der Spaltenindex (maximal: Fensterbreite-1) an.

Für die Parameter `Width` und `Height` kann der Wert *-1* als Größe verwendet werden. Dies bedeutet, dass der entsprechende Wert automatisch bestimmt werden soll. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn das Pixelverhältnis nicht gleich 1.0 ist (siehe `set_system`). Wird einer der beiden Parameter als *-1* angegeben,

so wird er durch die Größe bestimmt, die sich aus dem Pixelverhältnis ergibt. Werden beide Parameter mit *-1* festgelegt, so werden sie auf das aktuelle Bildformat gesetzt.

Die Position und Größe des Fensters kann sich im Laufe des Programms ändern, z.B. durch externe Eingriffe (Window-Manager). Mit dem Operator `set_window_extents` kann die Größe des (externen) Fensters auch vom Programm aus geändert werden. Beachten Sie bitte, dass `set_window_extents` auch die Position von Fenstern ändern könnte, allerdings die Position eines externen Fensters unter Windows nicht geändert werden kann.

Die Farbe für Grafik und Schrift, die für Ausgabeprozeduren wie `disp_region` oder `disp_circle` verwendet wird, wird mit `set_rgb`, `set_hsi` oder `set_gray` festgelegt.

Der Inhalt von Fenstern wird nicht gesichert, falls sich Fenster überlappen. Dies muss durch den Programmcode, der das Windows-Fenster verwaltet, sichergestellt werden.

Für die Ausgabe von Grafik (`disp_image`,`disp_region`, etc.) kann mit dem Operator `set_part` das Fenster so eingestellt werden, dass es einen logischen Ausschnitt des Bildformates darstellt. Dies hat insbesondere zur Folge, dass von Bildern und Regionen lediglich dieser Ausschnitt (entsprechend vergrößert) ausgegeben wird. Bevor Sie Ihr Fenster schließen, müssen Sie das HALCON-Fenster schließen.

Achtung

Es ist zu beachten, dass die Parameter `Row`, `Column`, `Width` und `Height` durch das Ausgabegerät, d.h. die Größe des Windows-NT-Desktops, beschränkt sind. Ebenso ist zu beachten, dass sich auf Mausinteraktionen basierende Operatoren wie zum Beispiel `draw_rectangle1` auf externen Fenstern nicht verwenden lassen.

Parameter

- ▷ **`WINHWnd`** (input_control) ..... pointer ⇝ *integer*
  Windows-Fensterhandle eines vorher geöffneten Fensters.
  Restriktion: WINHWnd != 0
- ▷ **`Row`** (input_control) ..... rectangle.origin.y ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinate der linken oberen Ecke.
  Default: 0
  Restriktion: Row >= 0
- ▷ **`Column`** (input_control) ..... rectangle.origin.x ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinate der linken oberen Ecke.
  Default: 0
  Restriktion: Column >= 0
- ▷ **`Width`** (input_control) ..... rectangle.extent.x ⇝ *integer*
  Breite des Fensters.
  Default: 512
  Restriktion: Width > 0 || Width == -1
- ▷ **`Height`** (input_control) ..... rectangle.extent.y ⇝ *integer*
  Höhe des Fensters.
  Default: 512
  Restriktion: Height > 0 || Height == -1
- ▷ **`WindowHandle`** (output_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.

Beispiel

```
// Needs to be embedded into an application framework,
// see examples/cpp/mfc/MatchingExtWin.
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `new_extern_window` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

reset_obj_db

Nachfolger

set_color, query_window_type, get_window_type, set_window_type, get_mposition, set_tposition, set_tshape, set_window_extents, get_window_extents, query_color, set_check, set_system

Alternativen

open_window

Siehe auch

open_window, disp_region, disp_image, disp_color, set_lut, query_color, set_color, set_rgb, set_hsi, set_pixel, set_gray, set_part, set_part_style, query_window_type, get_window_type, set_window_type, get_mposition, set_tposition, set_window_extents, get_window_extents, set_window_attr, set_check, set_system

Modul

Foundation

open_window (: : Row, Column, Width, Height, FatherWindow, Mode, Machine : WindowHandle)

Öffnen eines Grafikfensters.

open_window öffnet ein neues Fenster, das zur Ausgabe von Grauwertdaten, Regionen, Grafik sowie für Textausgabe verwendet werden kann. Alle Ausgaben (disp_region, disp_image, etc.) werden auf dieses Fenster geleitet, wenn dieselbe logische Fensternummer WindowHandle verwendet wird.

Der Hintergrund des erzeugten Fensters wird schwarz vorbesetzt und es hat einen weißen Rand von 2 Pixel Breite (siehe set_window_attr(::'border_width',<Breite>:)).

Einem Fenster werden bestimmte Parameter für die Aufbereitung der auszugebenden Daten zugeordnet, die bei der eigentlichen Ausgabe (z.B. mit disp_image oder disp_region) berücksichtigt werden. Diese Parameter werden aber nicht von der Ausgabeprozedur, sondern von „Konfigurationsprozeduren“ festgelegt. Will man z.B. die Farbe Rot für die Ausgabe von Regionen setzen, so muss vor dem Befehl disp_region der Aufruf set_color(::WindowHandle,'red':) erfolgen. Diese Parameter werden immer für das Fenster mit der logischen Fensternummer WindowHandle gesetzt und bleiben dem Fenster solange zugeordnet, bis sie überschrieben werden. Es stehen u.a. folgende Konfigurationsprozeduren zur Verfügung:

- Grauwertausgabe: set_paint, set_lut
- Regionen: set_color, set_rgb, set_hsi, set_gray, set_shape, set_line_width, set_line_style, set_draw
- Bildausschnitt: set_part
- Text: set_font

Die aktuell gesetzten Werte können mit Operatoren wie get_shape abgefragt werden. Da einige Parameter durch die Hardware (Auflösung/Farben) bestimmt werden, kann man mit Operatoren wie query_color die aktuell verfügbaren Ressourcen abfragen.

Der Ursprung des Koordinatensystems des Fensters liegt in der linken oberen Ecke (Koordinaten: (0,0)). Nach unten nimmt der Zeilenindex zu (maximal: Bildhöhe - 1), nach rechts steigt der Spaltenindex (maximal: Bildbreite - 1) an. Es ist zu beachten, dass der Wertebereich des Koordinatensystems unabhängig von der Fenstergröße ist. Er wird nur durch das Bildformat (siehe reset_obj_db) festgelegt.

Der Parameter Machine gibt den Namen des Rechners an, auf dem das Fenster geöffnet werden soll. Im Falle von X-Window wird bei TCP-IP nur der Name, bei DEC-Net wird noch ein Doppelpunkt hinter den Namen gesetzt. Der „Server“ bzw. der „Screen“ wird nicht mit angegeben. Übergibt man den leeren String, so wird die Environmentvariable DISPLAY zur Festlegung des Zielrechners verwendet. Hierbei wird der Name in der üblichen Syntax

```
<Host>:0.0
```

angegeben.

Mit dem Parameter FatherWindow kann für die Fenstertypen *'WIN32-Window'* und *'X-Window'* das Vaterfenster für das zu öffnende Fenster angegeben werden. Ist die Kontrolle 'father' mittels set_check eingeschaltet, so muss FatherWindow ein HALCON-Fenster sein, andernfalls (set_check(::'~father':)) kann es auch ein Betriebssystem-Fenster sein. Wird für FatherWindow der Wert 0 oder 'root' übergeben, so ist der Desktop (Windows) bzw. das Root-Fenster (unixartige Systeme) das Vaterfenster. In diesem Fall ist die Einstellung der Kontrolle 'father' mittels set_check nicht relevant. Der Aufrufer muss sicherstellen, dass FatherWindow ein gültiges Fensterhandle ist und dass dieses nicht zerstört wird, solange das eingebettete HALCON Fenster verwendet wird.

Für die Parameter Width und Height kann der Wert „-1“ als Größe verwendet werden. Dies bedeutet, dass der entsprechende Wert automatisch bestimmt werden soll. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn das Pixelverhältnis nicht gleich 1.0 ist (siehe set_system). Wird einer der beiden Parameter als „-1“ angegeben, so wird er durch die Größe bestimmt, die sich aus dem Pixelverhältnis ergibt. Werden beide Parameter mit „-1“ festgelegt, so werden sie auf das maximale Bildformat gesetzt (weitergehende Informationen zum maximalen Bildformat finden sich in der Beschreibung von get_system unter „width“ und „height“).

Die Position und Größe des Fensters kann sich im Laufe des Programms ändern. Dies kann zum einen mit set_window_extents erfolgen, aber auch durch externe Eingriffe (Window-Manager) hervorgerufen werden. Für den zweiten Fall ist der Operator set_window_extents vorgesehen.

Dem Fenster wird beim Öffnen ein sog. Defaultfont zugeordnet. Dieser wird für Operatoren wie write_string verwendet und kann mit set_font nach dem Aufruf von open_window überschrieben werden. Es ist jedoch auch möglich, den Defaultfont mit dem Aufruf set_system(::'default_font',<Fontname>:) vor dem Öffnen eines Fensters (und auch aller weiteren) festzulegen (siehe hierzu auch query_font).

Die Farbe für Grafik und Schrift, die für Ausgabeprozeduren wie disp_region oder disp_circle verwendet wird, wird mit set_rgb, set_hsi oder set_gray festgelegt.

Normalerweise wird jede Ausgabe (z.B. disp_region, disp_image, disp_circle, etc.) in ein Fenster durch einen sog. „Flush“ abgeschlossen. Dies bewirkt, dass die Daten nach Beendigung der Ausgabeprozedur auf dem Bildschirm vollständig sichtbar werden. Dies ist aber nicht in allen Fällen erforderlich, insbesondere dann, wenn ständig Ausgaben erfolgen, oder ein Maus-Prozedur aktiv ist. Hier ist es günstiger (d.h. schneller) wenn die Daten gepuffert werden, bis genügend Daten vorhanden sind. Dieses Verhalten kann durch den Aufruf von set_system(::'flush_graphic','false':) eingestellt werden.

Der Inhalt von Fenstern wird (falls die Treibersoftware dies unterstützt) gesichert; d.h. er bleibt erhalten auch wenn es von anderen Fenstern überlappt wurde. Dies ist jedoch nicht in allen Fällen notwendig. Wenn der Inhalt eines Fensters ständig neu aufgebaut wird (copy_rectangle), so kann für dieses der Sicherungsmechanismus abgestellt und damit der hierfür nötige Speicher eingespart werden. Dies geschieht mit dem Aufruf von set_system (::'backing_store','false':) vor dem Öffnen des Fensters. Durch dieses Vorgehen wird nicht nur Speicher, sondern auch Rechenzeit gespart, was beispielsweise für die Ausgabe von Videoclips von Bedeutung ist (siehe copy_rectangle).

Für die Ausgabe von Grafik (disp_image,disp_region, etc.) kann mit dem Operator set_part das Fenster so eingestellt werden, dass es einen logischen Ausschnitt des Bildformates darstellt. Dies hat insbesondere zur Folge, dass von Bildern und Regionen lediglich dieser Ausschnitt (entsprechend vergrößert) ausgegeben wird.

Unterschied: Grafikfenster - Textfenster

- Bei Grafikfenstern ist das Layout nicht so variabel handhabbar wie bei Textfenstern.
- Nur Textfenster können zum Einlesen von Benutzerdaten verwendet werden (read_string).
- Bei der Ausgabe von Bildern, Regionen und Grafiken wird bei Grafikfenstern „gezoomt“: Unabhängig von Größe und Seitenverhältnis des Fensters werden die Bilder so transformiert, dass sie füllend in dem Fenster ausgegeben werden. Bei Textfenstern dagegen wird die Größe des Fensters bei der Ausgabe nicht beachtet (nur falls Clipping nötig ist).
- Bei Grafikfenstern ist das Koordinatensystem des Fensters immer gleich dem Koordinatensystem des Bildformates, während bei Textfenstern das Koordinatensystem unabhängig von der Bildgröße immer den Bildschirmkoordinaten entspricht.

Der Parameter Mode legt den Modus des Fensters fest. Dieser kann folgende Werte annehmen:

'visible': Dies ist der normale Modus für Grafikfenster: Das Fenster wird entsprechend den Parametern erzeugt und alle Ein- und Ausgaben sind möglich.

'invisible': Unsichtbare Fenster werden nicht auf dem Bildschirm dargestellt. Die Parameter `Row`, `Column` und `FatherWindow` sind ohne Bedeutung. Ausgaben auf diese Fenster haben keine Wirkung. Eingaben (`read_string`, Maus, etc.) sind nicht möglich. Diese Fenster werden verwendet, wenn man Darstellungsparameter für ein Ausgabegerät abfragen möchte, ohne ein (sichtbares) Fenster zu öffnen. Übliche Anfragen sind z.B. `query_color` oder `get_string_extents`.

'transparent': Diese Fenster sind durchsichtig: Das Fenster selbst ist nicht sichtbar (Rand und Hintergrund), jedoch sind alle sonstigen Operationen möglich und alle Ausgaben werden dargestellt. Eine übliche Verwendung für diesen Modus ist die Erzeugung von Maus-sensitiven Bereichen.

'buffer': Dies sind ebenfalls nicht sichtbare Fenster. Die Ausgabe von Bildern, Regionen und Grafiken ist auf dem Bildschirm nicht sichtbar, wird jedoch im Speicher gepuffert. Die Parameter `Row`, `Column` und `FatherWindow` sind ohne Bedeutung. Puffer-Fenster verwendet man beispielsweise, wenn man Ausgaben (im Hintergrund) vorbereitet und schließlich mit `copy_rectangle` in ein sichtbares Fenster kopiert. Eine andere Anwendung wäre die schnelle Verarbeitung von Bildausschnitten bei interaktiven Manipulationen. Texteingaben und Mausinteraktion ist mit dem Modus 'buffer' nicht möglich.

Achtung

Es ist zu beachten, dass die Parameter `Row`, `Column`, `Width` und `Height` durch das Ausgabegerät beschränkt sind. Wird ein Vaterfenster (`FatherWindow` <> 'root') angegeben, dann sind die Koordinaten relativ zu diesem Fenster.

Parameter

▷ **`Row`** (input_control) . . . . . rectangle.origin.y ⇝ *integer*
Zeilenindex der linken oberen Ecke.
Default: 0
(lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **`Column`** (input_control) . . . . . rectangle.origin.x ⇝ *integer*
Spaltenindex der linken oberen Ecke.
Default: 0
(lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **`Width`** (input_control) . . . . . rectangle.extent.x ⇝ *integer*
Breite des Fensters.
Default: 256
(lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: 0 <= Width <= 32768 || Width == -1

▷ **`Height`** (input_control) . . . . . rectangle.extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Fensters.
Default: 256
(lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: 0 <= Height <= 32768 || Height == -1

▷ **`FatherWindow`** (input_control) . . . . . pointer ⇝ *integer* / string
Logische Nummer des Vaterfensters. Für den Bildschirm als Vater kann 'root' oder 0 eingegeben werden.
Default: 0
Restriktion: FatherWindow >= 0

▷ **`Mode`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Fenstermodus.
Default: 'visible'
Werteliste: `Mode` ∈ {'visible', 'invisible', 'transparent', 'buffer'}

▷ **Machine** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Rechners, auf dem das Fenster geöffnet werden soll oder leerer String.
Default: ”

▷ **WindowHandle** (output_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

Beispiel

```
open_window(0,0,400,-1,'root','visible','',WindowHandle)
read_image(Image,'fabrik')
disp_image(Image,WindowHandle)
write_string(WindowHandle,'File, fabrik')
new_line(WindowHandle)
get_mbutton(WindowHandle,_,_,_)
set_lut(WindowHandle,'temperature')
set_color(WindowHandle,'blue')
write_string(WindowHandle,'temperature')
new_line(WindowHandle)
write_string(WindowHandle,'Draw Rectangle')
new_line(WindowHandle)
draw_rectangle1(WindowHandle,Row1,Column1,Row2,Column2)
set_part(WindowHandle,Row1,Column1,Row2,Column2)
disp_image(Image,WindowHandle)
new_line(WindowHandle)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `open_window` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`reset_obj_db`

Nachfolger

`set_color`, `query_window_type`, `get_window_type`, `set_window_type`, `get_mposition`, `set_tposition`, `set_tshape`, `set_window_extents`, `get_window_extents`, `query_color`, `set_check`, `set_system`

Siehe auch

`disp_region`, `disp_image`, `disp_color`, `set_lut`, `query_color`, `set_color`, `set_rgb`, `set_hsi`, `set_pixel`, `set_gray`, `set_part`, `set_part_style`, `query_window_type`, `get_window_type`, `set_window_type`, `get_mposition`, `set_tposition`, `set_window_extents`, `get_window_extents`, `set_window_attr`, `set_check`, `set_system`

Modul

Foundation

query_window_type (: : : WindowTypes)

Abfragen der verfügbaren Fenstertypen.

query_window_type gibt ein Tupel zurück, das alle Geräte bzw. Softwaresysteme enthält, mit denen Bildobjekte dargestellt werden können. query_window_type kann dort sinnvoll eingesetzt werden, wo man maschinenunabhängige Programme entwickeln möchte. Mögliche Werte sind:

'X-Window' X-Window Version 11.

'WIN32-Window' Microsoft Windows.

'pixmap' Fenster werden nicht angezeigt, sondern nur im Speicher verwaltet. Auf diese Weise können HALCON-Programme auch auf Rechnern ohne Grafikbildschirm portiert werden.

'PostScript' Die Ausgabe von Objekten erfolgt in eine PostScript-Datei.

Parameter

▷ **WindowTypes** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der verfügbaren Fenstertypen.

Ergebnis

query_window_type liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

reset_obj_db

Modul

Foundation

set_window_attr (: : AttributeName, AttributeValue :)

Setzen von Fenstereigenschaften.

set_window_attr dient zum Setzen von bestimmten Eigenschaften von Grafikfenstern. Damit können folgende Defaultparameter eines Fenster verändert werden:

'border_width' Breite des Fensterrandes in Pixel. Nicht implementiert unter Windows.

'border_color' Farbe des Fensterrandes. Nicht implementiert unter Windows.

'background_color' Hintergrundfarbe des Fensters.

'window_title' Name des Fensters in der Titelleiste.

Achtung

set_window_attr muss *vor* dem Aufruf von open_window aufgerufen werden.

Parameter

▷ **AttributeName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Attributs, das verändert werden soll.
Werteliste: AttributeName ∈ {'border_width', 'border_color', 'background_color', 'window_title'}

▷ **AttributeValue** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer
Attributwert, der gesetzt werden soll.
Werteliste: AttributeValue ∈ {0, 1, 2, 'white', 'black', 'MyName', 'default'}

Ergebnis

set_window_attr liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, set_draw, set_color, set_colored, set_line_width

Siehe auch

open_window, get_window_attr, set_window_param

Modul

Foundation

set_window_dc (: : WindowHandle, WINHDC :)

Setzen des Grafikkontextes eines virtuellen Grafikfensters (Windows NT).

set_window_dc setzt den Gerätekontext eines zuvor mit new_extern_window angelegten Fensters. Alle Ausgaben (disp_region, disp_image, etc.) werden auf dem zu diesen Gerätekontext gehörenden Fensters getätigt.

Im Parameter WINHDC wird der Gerätekontext des Windows-Fensters, das zur Ausgabe der Daten verwendet werden soll, übergeben. Dieser Gerätekontext wird in den Ausgaberoutinen von HALCON verwendet.

Achtung

Es ist zu beachten, dass das Fenster WindowHandle vorher mit new_extern_window angelegt worden sein muss.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **WINHDC** (input_control) ..... pointer ⇝ *integer*
Gerätekontext des WINHWnd
Restriktion: WINHDC != 0

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert set_window_dc den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

new_extern_window

Nachfolger

disp_image, disp_region

Siehe auch

new_extern_window, disp_region, disp_image, disp_color, set_lut, query_color, set_color, set_rgb, set_hsi, set_pixel, set_gray, set_part, set_part_style, query_window_type, get_window_type, set_window_type, get_mposition, set_tposition, set_window_extents, get_window_extents, set_window_attr, set_check, set_system

Modul

Foundation

set_window_extents (: : WindowHandle, Row, Column, Width, Height :)

Verändern der Position und Größe eines Fensters.

set_window_extents positioniert die linke obere Ecke des Ausgabefensters auf (Row,Column) und verändert gleichzeitig die Größe des Fensters auf Width und Height. Negative Werte für Width und Height werden ignoriert.

Wird die Fenstergröße an die Größe des anzuzeigenden Bildteils angepasst, verhindert dies eine Verlangsamung der Anzeige durch notwendige Interpolationen. Daher ist das Fenster vorzugsweise gleich groß wie der anzuzeigende Bildteil, oder ansonsten halb so groß, ein Viertel so groß, etc.

Achtung

Wird die Größe des Fensters verändert, so wird der Fensterinhalt nicht automatisch neu dargestellt. Dies muss vom Programm aus vorgenommen werden, indem die Daten erneut ausgegeben werden.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Row** (input_control) . . . . . rectangle.origin.y ⇝ *integer*
  Zeilenindex der linken oberen Ecke der Zielposition.
  Default: 0
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **Column** (input_control) . . . . . rectangle.origin.x ⇝ *integer*
  Spaltenindex der linken oberen Ecke der Zielposition.
  Default: 0
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **Width** (input_control) . . . . . rectangle.extent.x ⇝ *integer*
  Breite des Fensters.
  Default: 512
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **Height** (input_control) . . . . . rectangle.extent.y ⇝ *integer*
  Höhe des Fensters.
  Default: 512
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1

Ergebnis

set_window_extents liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist und die Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window

Siehe auch

get_window_extents, open_window

Modul

Foundation

set_window_type (: : WindowType :)

Festlegen des Fenstertyps.

set_window_type bestimmt, auf welchen Typ von Ausgabegerät die Ausgaben erfolgen sollen. Diese Einstellung wird von dem Operator open_window beim Öffnen der Fenster verwendet. Verschiedene Fenster können auch auf verschieden Typen von Ausgabegeräten geöffnet werden. Dazu stellt man vor dem Öffnen jeweils den gewünschten Typ ein. Die verfügbaren Typen von Ausgabegeräten können über den Operator query_window_type abgefragt werden. Mögliche Werte sind:

'X-Window' X-Window Version 11.

'WIN32-Window' Microsoft Windows.

'pixmap' Fenster werden nicht angezeigt, sondern nur im Speicher verwaltet. Auf diese Weise können HALCON-Programme auch auf Rechnern ohne Grafikbildschirm portiert werden.

'PostScript' Die Ausgabe von Objekten erfolgt in eine PostScript-Datei.

'WIN32-Window' Microsoft Windows.

'system_default' Standardeinstellung für die aktuelle Plattform.

set_window_type kann dort sinnvoll eingesetzt werden, wo man maschinenunabhängige Programme entwickeln möchte.

Parameter

▷ **WindowType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Namen des Fenstertyps, der gesetzt werden soll.
Default: 'X-Window'
Werteliste: WindowType ∈ {'X-Window', 'WIN32-Window', 'pixmap', 'PostScript', 'system_default'}

Ergebnis

set_window_type liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls der Ausgabegerätetyp verfügbar ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window

Siehe auch

open_window, query_window_type, get_window_type

Modul

Foundation

unproject_coordinates (Image : : WindowHandle, Row, Column : ImageRow, ImageColumn, Height)

Zurückliefern der Bildkoordinaten eines Punktes in einem 3D-Plot-Fenster

Wird Image als 3D-Plot (d.h. *'3d_plot'* wurde mittel set_paint ausgewählt) im Fenster WindowHandle angezeigt, berechnet unproject_coordinates die Bildkoordinaten ImageRow und ImageColumn, sowie die Höhe Height für einen gegebenen Punkt Row,Column in Fensterkoordinaten. Die Fensterkoordinaten Row und Column müssen so angegeben werden, dass sie dem gesetzten Bildausschnitt entsprechen und damit auch subpixelgenau sind. Ist der Bildausschnitt durch (Zeile1,Spalte1,Zeile2, Spalte2) gegeben, entspricht die linke obere Ecke den Koordinaten (Zeile1 - 0.5, Spalte1 - 0.5), die rechte untere Ecke den Koordinaten (Zeile2 - 0.5, Spalte2 - 0.5). Die Operatoren get_mposition_sub_pix oder get_mbutton_sub_pix können verwendet werden, um diese Koordinaten direkt zu erhalten.

Einer der Fensterparameter *'save_depth_buffer'* oder *'interactive_plot'* muss mittels `set_window_param` auf *'true'* gesetzt werden, damit `unproject_coordinates` benutzt werden kann.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / real / complex / vector_field
Ausgegebenes Bild.

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Row** (input_control) ..... integer ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate im Fenster.

▷ **Column** (input_control) ..... integer ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate im Fenster.

▷ **ImageRow** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Zeilenkoordinate im Bild.

▷ **ImageColumn** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Spaltenkoordinate im Bild.

▷ **Height** (output_control) ..... real ⇝ *integer* / real
Höhenwert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`get_mbutton_sub_pix`, `get_mposition_sub_pix`, `disp_image`

Siehe auch

`disp_obj`, `update_window_pose`, `set_paint`

Modul

Foundation

update_window_pose (: : WindowHandle, LastRow, LastCol, CurrentRow, CurrentCol, Mode :)

Verändern der Pose eines 3D-Plots.

Der Operator `update_window_pose` vereinfacht das Setzen der Orientierung und der Lage des Höhenmodells, das vom Operator `disp_obj` angezeigt wird, sofern der Darstellungsmodus mittels `set_paint` auf *'3d_plot'* gesetzt wurde.

Zwei Fensterposition (`LastRow`,`LastCol`) und (`CurrentRow`, `CurrentCol`) werden in Rotation, Skalierung oder Bewegung umgewandelt, abhängig von `Mode`. Diese Fensterkoordinaten müssen so angegeben werden, dass sie dem gesetzten Bildausschnitt entsprechen und damit auch subpixelgenau sind. Ist der Bildausschnitt durch (Zeile1,Spalte1,Zeile2,Spalte2) gegeben, entspricht die linke obere Ecke der Koordinate (Zeile1 - 0.5, Spalte1 - 0.5), die rechte untere Ecke der Koordinate (Zeile2 - 0.5, Spalte2 - 0.5). Die Operatoren `get_mposition_sub_pix` oder `get_mbutton_sub_pix` können verwendet werden, um diese Koordinaten direkt zu erhalten.

Wird *'rotate'* als `Mode` gewählt, wird das Höhenmodell rotiert. Dabei werden beide Punkte auf eine virtuelle Kugel, die im Zentrum des Fensters ihren Mittelpunkt hat, projiziert. Der Bogen zwischen beiden Projektionen entspricht der Rotation, die auf das Höhenmodell angewandt wird.

Wird *'scale'* als `Mode` gewählt, wird die Distanz zwischen dem Betrachter und dem Höhenmodell verringert, wenn `CurrentRow` größer ist als `LastRow`. Falls `CurrentRow` kleiner ist als `LastRow`, wird die Distanz vergrößert.

Wird *'move'* als `Mode` gewählt, werden die Eingabepunkte auf eine Ebene, die parallel zur Betrachterebene durch die Mitte des Höhenmodells geht, projiziert. Das Zentrum des Höhenmodells wird um die Distanz zwischen beiden Projektionen bewegt.

Wird *'move_plane'* als `Mode` gewählt, werden die Eingabepunkte auf die Ebene projiziert, die der Höhe Null entspricht. Das Höhenmodell wird um die Distanz zwischen beiden Projektionen bewegt.

Parameter

- ▷ **`WindowHandle`** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **`LastRow`** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes
- ▷ **`LastCol`** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes.
- ▷ **`CurrentRow`** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes.
- ▷ **`CurrentCol`** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes.
- ▷ **`Mode`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Navigationsmodus.
  Default: 'rotate'
  Werteliste: `Mode` ∈ {'rotate', 'scale', 'move', 'move_plane'}

Beispiel

```
* Interactive display of a height field
dev_set_paint ('3d_plot')
while (1)
  dev_set_check ('~give_error')
  get_mposition_sub_pix (WindowHandle, Row, Column, Button)
  dev_set_check ('give_error')
  if (ButtonDown and (Button == 0))
    ButtonDown := false
  endif
  if (not(Button == 0))
    if (ButtonDown)
      if (Button == 1)
        mode := 'rotate'
      endif
      if (Button == 4)
        mode := 'scale'
      endif
      if (Button == 5)
        mode := 'move'
      endif
      update_window_pose (WindowHandle, lastRow, lastCol, Row, Column, mode)
    else
      if (Button == 2)
        break
      endif
      ButtonDown := true
    endif
    lastCol := Column
    lastRow := Row
  endif
  dev_display (Image)
endwhile
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

set_paint, open_window, get_mposition_sub_pix, get_mbutton_sub_pix

Nachfolger

disp_image

Siehe auch

unproject_coordinates

Modul

Foundation

12.5 Maus

get_mbutton (: : WindowHandle : Row, Column, Button)

Abfragen der Mausposition bei Tastendruck.

get_mbutton liefert die pixelgenauen Bildkoordinaten der Maus im Ausgabefenster und die dabei betätigten Tasten. Zusätzlich wird der Zustand der Tasten Shift, Strg und Alt zurückgegeben. Die folgenden Werte sind den einzelnen Tasten zugeordnet:

1: Linke Taste,

2: Mittlere Taste,

4: Rechte Taste,

8: Shift Taste,

16: Strg Taste,

32: Alt Taste.

Die Summe der Werte aller gedrückten Tasten, addiert zum Wert der gedrückten Maustaste, wird in Button zurückgegeben.

Es wird so lange gewartet, bis eine der Tasten in dem angegebenen HALCON-Fenster gedrückt wird. Im Falle eines Grafikfensters berücksichtigen die Koordinaten Row und Column den aktuellen Bildausschnitt (siehe set_part).

Falls subpixelgenaue Bildkoordinaten benötigt werden, kann der Operator get_mbutton_sub_pix verwendet werden.

Achtung

get_mbutton kommt erst zurück, wenn mit der Maus in das Fenster geklickt wird.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinate des Mauscursors im Bildkoordinatensystem.
- ▷ **Column** (output_control) ..... point.x ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinate des Mauscursors im Bildkoordinatensystem.
- ▷ **Button** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Betätigte Taste(n).

Ergebnis

get_mbutton liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Alternativen

`get_mposition`, `get_mbutton_sub_pix`, `get_mposition_sub_pix`

Siehe auch

`open_window`

Modul

Foundation

`get_mbutton_sub_pix ( : : WindowHandle : Row, Column, Button )`

Abfragen der subpixelgenauen Mausposition bei Tastendruck.

`get_mbutton_sub_pix` liefert die subpixelgenauen Bildkoordinaten der Maus im Ausgabefenster und die dabei betätigten Tasten. Zusätzlich wird der Zustand der Tasten Shift, Strg und Alt zurückgegeben. Die folgenden Werte sind den einzelnen Tasten zugeordnet:

1: Linke Taste,

2: Mittlere Taste,

4: Rechte Taste,

8: Shift Taste,

16: Strg Taste,

32: Alt Taste.

Die Summe der Werte aller gedrückten Tasten, addiert zum Wert der gedrückten Maustaste, wird in `Button` zurückgegeben.

Es wird so lange gewartet, bis eine der Tasten in dem angegebenen HALCON-Fenster gedrückt wird. Im Falle eines Grafikfensters berücksichtigen die Koordinaten `Row` und `Column` den aktuellen Bildausschnitt (siehe `set_part`).

Falls nur pixelgenaue Bildkoordinaten benötigt werden, kann der Operator `get_mbutton` verwendet werden.

Achtung

`get_mbutton_sub_pix` kommt erst zurück, wenn mit der Maus in das Fenster geklickt wird.

Parameter

- ▷ **`WindowHandle`** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **`Row`** (output_control) ..... point.y ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Mauscursors im Bildkoordinatensystem.
- ▷ **`Column`** (output_control) ..... point.x ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Mauscursors im Bildkoordinatensystem.
- ▷ **`Button`** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Betätigte Taste(n).

Ergebnis

`get_mbutton_sub_pix` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Alternativen

`get_mbutton`, `get_mposition`, `get_mposition_sub_pix`

Siehe auch

`open_window`

Modul

Foundation

`get_mposition` (: : `WindowHandle` : `Row`, `Column`, `Button`)

Abfragen der Mausposition.

`get_mposition` liefert die pixelgenauen Bildkoordinaten der Maus im Ausgabefenster und den Code für die betätigten Tasten. Die Daten werden unabhängig vom Zustand der Tasten (betätigt oder nicht betätigt) abgeliefert. Wurde mindestens eine Maustaste gedrückt, wird auch der Zustand der Tasten Shift, Strg und Alt zurückgegeben. Wurde keine Maustaste gedrückt, wird auf jeden Fall 0 in `Button` zurückgegeben. Die folgenden Werte sind den einzelnen Tasten zugeordnet:

0: Keine Taste,

1: Linke Taste,

2: Mittlere Taste,

4: Rechte Taste,

8: Shift Taste,

16: Strg Taste,

32: Alt Taste.

Die Summe der Werte aller gedrückten Tasten wird in `Button` zurückgegeben.

Im Falle eines Grafikfensters berücksichtigen die Koordinaten `Row` und `Column` den aktuellen Bildausschnitt (siehe `set_part`).

Falls subpixelgenaue Bildkoordinaten benötigt werden, kann der Operator `get_mposition_sub_pix` verwendet werden.

Achtung

`get_mposition` scheitert (`5` (`H_MSG_FAIL`)), falls sich die Maus nicht innerhalb des Fensters befindet. In diesem Fall werden in den drei Parametern keine Werte übergeben.

Parameter

- ▷ **`WindowHandle`** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **`Row`** (output_control) . . . . . point.y ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinate des Mauscursors im Bildkoordinatensystem.
- ▷ **`Column`** (output_control) . . . . . point.x ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinate des Mauscursors im Bildkoordinatensystem.
- ▷ **`Button`** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Betätigte Taste(n) oder 0.

Ergebnis

`get_mposition` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Befindet sich der Cursor außerhalb des Fensters, wird `5` (`H_MSG_FAIL`) ausgegeben.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window

Alternativen

get_mbutton, get_mposition_sub_pix, get_mbutton_sub_pix

Siehe auch

open_window

Modul

Foundation

get_mposition_sub_pix (: : WindowHandle : Row, Column, Button)

Abfragen der subpixelgenauen Mausposition.

get_mposition_sub_pix liefert die subpixelgenauen Bildoordinaten der Maus im Ausgabefenster und den Code für die betätigten Tasten. Die Daten werden unabhängig vom Zustand der Tasten (betätigt oder nicht betätigt) abgeliefert. Wurde mindestens eine Maustaste gedrückt, wird auch der Zustand der Tasten Shift, Strg und Alt zurückgegeben. Wurde keine Maustaste gedrückt, wird auf jeden Fall 0 in Button zurückgegeben. Die folgenden Werte sind den einzelnen Tasten zugeordnet:

0: Keine Taste,

1: Linke Taste,

2: Mittlere Taste,

4: Rechte Taste,

8: Shift Taste,

16: Strg Taste,

32: Alt Taste.

Die Summe der Werte aller gedrückten Tasten wird in Button zurückgegeben.

Im Falle eines Grafikfensters berücksichtigen die Koordinaten Row und Column den aktuellen Bildausschnitt (siehe set_part).

Falls nur pixelgenaue Bildkoordinaten benötigt werden, kann der Operator get_mposition verwendet werden.

Achtung

get_mposition_sub_pix scheitert (5 (H_MSG_FAIL)), falls sich die Maus nicht innerhalb des Fensters befindet. In diesem Fall werden in den drei Parametern keine Werte übergeben.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Mauscursors im Bildkoordinatensystem.
- ▷ **Column** (output_control) ..... point.x ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Mauscursors im Bildkoordinatensystem.
- ▷ **Button** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Betätigte Taste(n) oder 0.

Ergebnis

get_mposition_sub_pix liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Befindet sich der Cursor außerhalb des Fensters, wird 5 (H_MSG_FAIL) ausgegeben.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window

Alternativen

get_mbutton, get_mposition, get_mbutton_sub_pix

Siehe auch

open_window

Modul

Foundation

get_mshape (: : WindowHandle : Cursor)

Abfragen der Mauscursor-Form.

Dieser Operator kann nicht in HDevelop-Grafikfenstern verwendet werden, die mit dev_open_window geöffnet wurden.

get_mshape gibt für das Ausgabefenster den Namen des momentan verwendeten Mauscursors aus. Gesetzt wird ein neuer Mauscursor mit dem Operator set_mshape. Unter einem Mauscursor (im Gegensatz zum Textcursor; beide werden einfach als Cursor bezeichnet, wenn Missverständnisse ausgeschlossen sind) wird hier das Muster verstanden, das synchron zur Maus auf dem Bildschirm dargestellt wird.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Cursor** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name der Cursorform.

Ergebnis

get_mshape liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, query_mshape

Nachfolger

set_mshape

Siehe auch

set_mshape, query_mshape

Modul

Foundation

query_mshape (: : WindowHandle : ShapeNames)

Abfragen aller Formen für den Maus-Cursor.

Dieser Operator kann nicht in HDevelop-Grafikfenstern verwendet werden, die mit dev_open_window geöffnet wurden.

query_mshape gibt für das Ausgabefenster die Namen aller Mauscursormuster aus. Diese können von dem Operator set_mshape verwendet werden. Unter einem Mauscursor (im Gegensatz zu Textcursor; beide werden

einfach als Cursor bezeichnet, wenn Missverständnisse ausgeschlossen sind) wird hier das Muster verstanden, das bei der Bewegung der Maus auf dem Bildschirm erscheint. Ist keine Maus vorhanden, dann wird das leere Tupel als Ergebnis abgeliefert.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **ShapeNames** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
  Namen der Cursor.

Ergebnis

`query_mshape` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`, `get_mshape`

Nachfolger

`set_mshape`

Siehe auch

`set_mshape`, `get_mshape`

Modul

Foundation

send_mouse_double_click_event (: : WindowHandle, Row, Column, Button : Processed)

Senden eines Events, welches das doppelte Klicken eines Mausbuttons signalisiert an einem Pufferfenster.

`send_mouse_double_click_event` sendet dem Pufferfenster `WindowHandle` ein Event, das signalisiert, dass der durch `Button` kodiert Mausbutton an der Position (`Row`, `Column`) doppelt geklickt wurde. In der Dokumentation von `get_mbutton` wird beschrieben wie `Button` kodiert werden muss.

Mit diesem Operator können Zeichenobjekte in Konfigurationen bei denen mehrere Objekte übereinander liegen selektiert werden, wenn der Doppelklick auf einen der Marker oder auf dem Rand des aktiven Objektes geht. Um die Interaktion mit Zeichenobjekten zu vereinfachen, sind die Koordinaten `Row` und `Column` im Bildkoordinatensystem gegeben. Um Fenster- in Bildkoordinaten umzuwandeln kann der Operator `convert_coordinates_window_to_image` verwendet werden.

Sofern das Event verarbeitet werden konnte, gibt `send_mouse_double_click_event` *'true'* in `Processed` zurück. Falls keine Aktion aus dem Event abgeleitet werden konnte (weil sich zum Beispiel kein Zeichenobjekt an der Mausposition befindet), wird *'false'* zurückgegeben. In diesem Fall kann der Aufrufer das Event behandeln.

Die Operatoren `send_mouse_down_event`, `send_mouse_up_event`, `send_mouse_drag_event` und `send_mouse_double_click_event` sind die einzige Möglichkeit Zeichenobjekte in Pufferfenstern zu manipulieren.

Achtung

`send_mouse_double_click_event` benötigt die Bibliothek libcanvas, die auf Embedded-Systemen möglicherweise nicht verfügbar ist.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle des Pufferfensters.
- ▷ **Row** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer* / real
  Zeilenkoordinate des Mauscursors im Bildkoordinatensystem.

▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *integer* / real
Spaltenkoordinate des Mauscursors im Bildkoordinatensystem.

▷ **Button** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Gedrückte Mausbuttons.

▷ **Processed** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
'true', wenn das Event verarbeitet werden konnte.

Ergebnis

send_mouse_double_click_event liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls WindowHandle ein Pufferfenster ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window

Siehe auch

send_mouse_up_event, send_mouse_down_event, open_window

Modul

Foundation

send_mouse_down_event (: : WindowHandle, Row, Column, Button : Processed)

Senden eines Events, welches das Drücken eines Mausbuttons signalisiert an einem Pufferfenster.

send_mouse_down_event sendet dem Pufferfenster WindowHandle ein Event, das signalisiert, dass der durch Button kodiert Mausbutton an der Position (Row, Column) gedrückt wurde. In der Dokumentation von get_mbutton wird beschrieben wie Button kodiert werden muss.

Mit diesem Operator können Zeichenobjekte manipuliert werden. Zeigen die Koordinaten Row und Column auf ein Zeichenobjekt, so wird das Zeichenobjekt aktiviert und kann durch senden weiterer Events mit send_mouse_down_event bewegt oder verändert werden. Um die Interaktion mit Zeichenobjekten zu vereinfachen, sind die Koordinaten Row und Column im Bildkoordinatensystem gegeben. Um Fenster- in Bildkoordinaten umzuwandeln kann der Operator convert_coordinates_window_to_image verwendet werden.

Sofern das Event verarbeitet werden konnte, gibt send_mouse_down_event *'true'* in Processed zurück. Falls keine Aktion aus dem Event abgeleitet werden konnte (weil sich zum Beispiel kein Zeichenobjekt an der Mausposition befindet), wird *'false'* zurückgegeben. In diesem Fall kann der Aufrufer das Event behandeln.

Die Operatoren send_mouse_down_event, send_mouse_up_event, send_mouse_drag_event und send_mouse_double_click_event sind die einzige Möglichkeit Zeichenobjekte in Pufferfenstern zu manipulieren.

Achtung

send_mouse_down_event benötigt die Bibliothek libcanvas, die auf Embedded-Systemen möglicherweise nicht verfügbar ist.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle des Pufferfensters.

▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *integer* / real
Zeilenkoordinate des Mauscursors im Bildkoordinatensystem.

▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *integer* / real
Spaltenkoordinate des Mauscursors im Bildkoordinatensystem.

▷ **Button** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Gedrückte Mausbuttons.

▷ **Processed** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
'true', wenn das Event verarbeitet werden konnte.

Ergebnis

send_mouse_down_event liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls WindowHandle ein Pufferfenster ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window

Siehe auch

send_mouse_up_event, send_mouse_double_click_event, open_window

Modul

Foundation

send_mouse_drag_event (: : WindowHandle, Row, Column, Button : Processed)

Senden eines Events, welches das Ziehen eines Mausbuttons signalisiert an einem Pufferfenster.

send_mouse_drag_event sendet dem Pufferfenster WindowHandle ein Event, das signalisiert, dass der durch Button kodiert Mauszeiger an der Position (Row, Column) gezogen wurde. In der Dokumentation von get_mbutton wird beschrieben wie Button kodiert werden muss.

Sofern das Event verarbeitet werden konnte, gibt send_mouse_drag_event *'true'* in Processed zurück. Falls keine Aktion aus dem Event abgeleitet werden konnte (weil sich zum Beispiel kein Zeichenobjekt an der Mausposition befindet), wird *'false'* zurückgegeben. In diesem Fall kann der Aufrufer das Event behandeln.

Die Operatoren send_mouse_down_event, send_mouse_up_event, send_mouse_drag_event und send_mouse_double_click_event sind die einzige Möglichkeit Zeichenobjekte in Pufferfenstern zu manipulieren.

Achtung

send_mouse_drag_event benötigt die Bibliothek libcanvas, die auf Embedded-Systemen möglicherweise nicht verfügbar ist.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle des Pufferfensters.

▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *integer* / real
Zeilenkoordinate des Mauscursors im Bildkoordinatensystem.

▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *integer* / real
Spaltenkoordinate des Mauscursors im Bildkoordinatensystem.

▷ **Button** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Gedrückte Mausbuttons.

▷ **Processed** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
'true', wenn das Event verarbeitet werden konnte.

Ergebnis

send_mouse_drag_event liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls WindowHandle ein Pufferfenster ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window

Siehe auch

send_mouse_up_event, send_mouse_down_event, send_mouse_double_click_event, open_window

Modul

Foundation

send_mouse_up_event (: : WindowHandle, Row, Column, Button : Processed)

Senden eines Events, welches das Loslassen eines Mausbuttons signalisiert an einem Pufferfenster.

send_mouse_up_event sendet dem Pufferfenster WindowHandle ein Event, das signalisiert, dass der durch Button kodiert Mausbutton an der Position (Row, Column) losgelassen wurde. In der Dokumentation von get_mbutton wird beschrieben wie Button kodiert werden muss.

Mit diesem Operator können Zeichenobjekte losgelassen werden. So wird zum Beispiel ein Zeichenobjekt, dass durch eine Folge von send_mouse_down_event bewegt wurde, nach dem Erhalt eines send_mouse_up_event freigegeben. Um die Interaktion mit Zeichenobjekten zu vereinfachen, sind die Koordinaten Row und Column im Bildkoordinatensystem gegeben. Um Fenster- in Bildkoordinaten umzuwandeln kann der Operator convert_coordinates_window_to_image verwendet werden.

Sofern das Event verarbeitet werden konnte, gibt send_mouse_up_event *'true'* in Processed zurück. Falls keine Aktion aus dem Event abgeleitet werden konnte (weil sich zum Beispiel kein Zeichenobjekt an der Mausposition befindet), wird *'false'* zurückgegeben. In diesem Fall kann der Aufrufer das Event behandeln.

Die Operatoren send_mouse_down_event, send_mouse_up_event, send_mouse_drag_event und send_mouse_double_click_event sind die einzige Möglichkeit Zeichenobjekte in Pufferfenstern zu manipulieren.

Achtung

send_mouse_up_event benötigt die Bibliothek libcanvas, die auf Embedded-Systemen möglicherweise nicht verfügbar ist.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle des Pufferfensters.
- ▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *integer* / real
  Zeilenkoordinate des Mauscursors im Bildkoordinatensystem.
- ▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *integer* / real
  Spaltenkoordinate des Mauscursors im Bildkoordinatensystem.
- ▷ **Button** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Gedrückte Mausbuttons.
- ▷ **Processed** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
  'true', wenn das Event verarbeitet werden konnte.

Ergebnis

send_mouse_up_event liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls WindowHandle ein Pufferfenster ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window

Siehe auch

send_mouse_down_event, send_mouse_double_click_event, open_window

Modul

Foundation

set_mshape (: : WindowHandle, Cursor :)

Setzen der Mauscursor-Form.

Dieser Operator kann nicht in HDevelop-Grafikfenstern verwendet werden, die mit dev_open_window geöffnet wurden.

set_mshape setzt das Muster, das für den Mauscursor des Ausgabefensters verwendet werden soll. Unter Mauscursor (im Gegensatz zu Textcursor; beide werden einfach als Cursor bezeichnet, wenn Missverständnisse ausgeschlossen sind) wird hier das Muster verstanden, das auf dem Bildschirm bei einer Bewegung der Maus dargestellt wird. Ein Tupel aller verfügbaren Muster kann mit dem Operator query_mshape abgefragt werden. Der Cursor ist dem Fenster im weiteren zugeordnet (d.h. das Muster wird bei Eintritt in das Fenster verwendet) und zwar unabhängig davon, welches Fenster die aktuellen Ausgaben verarbeitet.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Cursor** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Name des Mauscursors.
  Default: 'arrow'

Ergebnis

set_mshape liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls für das Fenster der angegebene Cursor definiert ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, query_mshape, get_mshape

Siehe auch

get_mshape, query_mshape

Modul

Foundation

12.6 Objekt

attach_background_to_window (Image : : WindowHandle :)

Setzen des Hintergrundbildes eines HALCON-Fensters.

attach_background_to_window setzt das Hintergrundbild Image des HALCON-Fensters WindowHandle. Das Eingabebild wird kopiert, so dass es sicher wieder gelöscht werden kann.

Das Hintergrundbild wird sofort im HALCON-Fenster angezeigt, wenn attach_background_to_window aufgerufen wird. Alle HALCON-Objekte, die bisher in diesem Fenster angezeigt wurden, werden auch weiterhin dargestellt. Somit wird der bisherige Fensterinhalt nicht überschrieben.

Der Fensterinhalt wird in der folgenden Reihenfolge dargestellt: Zuerst das Hintergrundbild, dann HALCON-Objekte und anschließend die Zeichenobjekte. Somit wird ein Zeichenobjekt immer an der obersten Ebene dargestellt. Das Fenster wird für jede Benutzerinteraktion innerhalb des Fensters und jeden Aufruf von `disp_obj` aktualisiert. HALCON-Objekte können durch einen Aufruf von `clear_window` entfernt werden.

Das Hintergrundbild kann mit dem Operator `detach_background_from_window` wieder von dem Fenster entfernt werden.

Achtung

Es sollte kein Operator, der auf die Event-Queue des HALCON-Fensters zugreift, wie z.B. `get_mbutton` oder `read_char`, verwendet werden, solange Zeichenobjekte ans Fenster angehängt sind. Sie stehen im Gegensatz zu der Interaktion mit Zeichenobjekten, da sie aktiv auf die Eventloop des Fensters zugreifen.

Außerdem sollte keiner der blockierenden Operatoren `draw_rectangle1`, `draw_rectangle2`, `draw_region`, `draw_xld` oder `draw_circle` zusammen mit der Event-Funktionalität verwendet werden, da sie die Interaktion mit Zeichenobjekten verhindern.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Hintergrundbild.

▷ **`WindowHandle`** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*

Fenster-Handle.

Ergebnis

`attach_background_to_window` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`detach_background_from_window`

Modul

Foundation

`attach_drawing_object_to_window` (: : WindowHandle, DrawHandle :)

Anhängen eines bestehenden Zeichenobjektes an ein HALCON-Fenster.

`attach_drawing_object_to_window` hängt ein bestehendes Zeichenobjekt `DrawHandle` an das HALCON-Fenster `WindowHandle` an. Sobald das Zeichenobjekt an das Fenster angehängt wurde, wird es in dem jeweiligen Fenster angezeigt. Das Zeichenobjekt kann im HALCON-Fenster interaktiv modifiziert werden. Das Fenster wird automatisch aktualisiert, wenn die Eigenschaften des Objekts modifiziert werden (siehe `set_drawing_object_params`).

Wenn sich zwei oder mehrere Zeichenobjekte überlappen, ist es durch einen Doppelklick auf das derzeit ausgewählte Zeichenobjekt möglich, das nächste Zeichenobjekt auszuwählen.

Zusätzlich ist es möglich, auf Modifikationen des Zeichenobjekts zu reagieren. Nähere Informationen hierzu findet sich in der Dokumentation zu `set_drawing_object_callback`.

Das Zeichenobjekt kann durch den Operator `detach_drawing_object_from_window` aus dem aktuellen Fenster entfernt werden.

Sobald ein Zeichenobjekt an einem HALCON-Fenster hängt, wird jedes HALCON-Objekt, das durch einen Operator, wie z.B. `disp_obj`, `disp_region`, `disp_image` oder `disp_xld` dargestellt wird, intern in einem

Grafik-Stapel gespeichert, damit sie zusammen mit dem Zeichenobjekt angezeigt werden können. Die HALCON-Objekte werden solange angezeigt, bis `clear_window` aufgerufen wird oder das Fenster geschlossen wird.

Die Größe des Stapels kann durch `get_system` und `set_system` abgefragt und gesetzt werden. Siehe die entsprechende Referenzdokumentation für weitere Details.

Achtung

Es sollte kein Operator, der auf die Event-Queue des HALCON-Fensters zugreift, wie z.B. `get_mbutton` oder `read_char`, verwendet werden, solange Zeichenobjekte ans Fenster angehängt sind. Sie stehen im Gegensatz zu der Interaktion mit Zeichenobjekten, da sie aktiv auf die Eventloop des Fensters zugreifen.

Außerdem sollte keiner der blockierenden Operatoren `draw_rectangle1`, `draw_rectangle2`, `draw_region`, `draw_xld` oder `draw_circle` zusammen mit der Event-Funktionalität verwendet werden, da sie die Interaktion mit Zeichenobjekten verhindern.

Parameter

- ▷ **`WindowHandle`** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **`DrawHandle`** (input_control) ..... drawing_object ⇝ *handle*
  Handle des Zeichenobjektes.

Ergebnis

`attach_drawing_object_to_window` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls `DrawHandle` und `WindowHandle` gültig sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_drawing_object_rectangle1`, `create_drawing_object_xld`, `create_drawing_object_circle_sector`, `create_drawing_object_ellipse_sector`, `create_drawing_object_ellipse`, `create_drawing_object_line`, `create_drawing_object_rectangle2`, `create_drawing_object_circle`, `create_drawing_object_text`

Nachfolger

`detach_drawing_object_from_window`, `get_drawing_object_params`, `get_drawing_object_iconic`

Siehe auch

`set_drawing_object_callback`, `get_drawing_object_iconic`, `get_drawing_object_params`

Modul

Foundation

`clear_drawing_object` (: : DrawID :)

Löschen eines Zeichenobjekts.

`clear_drawing_object` löscht das Zeichenobjekt `DrawID`. Das Zeichenobjekt wird automatisch von allen Fenster entfernt, an die es zuvor angehängt wurde. Nach dem Aufruf von `clear_drawing_object` kann das Zeichenobjekt nicht weiter verwendet werden.

Parameter

- ▷ **`DrawID`** (input_control) ..... drawing_object ⇝ *handle*
  Handle des Zeichenobjekts.

Ergebnis

`clear_drawing_object` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, falls die `DrawID` gültig ist. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DrawID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_drawing_object_rectangle1`, `create_drawing_object_rectangle2`, `create_drawing_object_ellipse`, `create_drawing_object_circle_sector`, `create_drawing_object_ellipse_sector`, `create_drawing_object_xld`, `create_drawing_object_line`, `create_drawing_object_circle`, `create_drawing_object_text`, `detach_drawing_object_from_window`, `attach_drawing_object_to_window`

Nachfolger

`clear_window`, `close_window`

Siehe auch

`create_drawing_object_rectangle1`, `create_drawing_object_rectangle2`, `create_drawing_object_ellipse`, `create_drawing_object_circle_sector`, `create_drawing_object_ellipse_sector`, `create_drawing_object_xld`, `create_drawing_object_line`, `create_drawing_object_circle`, `create_drawing_object_text`

Modul

Foundation

`create_drawing_object_circle ( : : Row, Column, Radius : DrawID )`

Erzeugen eines Kreises, der interaktiv verändert werden kann.

`create_drawing_object_circle` erstellt einen Kreis, der in einem HALCON-Fenster interaktiv vom Benutzer modifiziert werden kann. Der Kreis wird durch die Koordinaten `Row` und `Column` des Mittelpunkts und den Radius `Radius` definiert.

Diese Parameter können mit dem Operator `get_drawing_object_params` abgerufen werden. Das entsprechende HALCON-Objekt kann mit `get_drawing_object_iconic` abgefragt werden. Zusätzlich zu den Parametern verfügt jedes Zeichenobjekt über Attribute, die dessen grafische Darstellung in einem HALCON Fenster festlegen. Nähere Informationen zu den verfügbaren Attributen sind in der Dokumentation zu `set_drawing_object_params` zu finden.

Um das Zeichenobjekt interaktiv abändern zu können, muss es zunächst mit `attach_drawing_object_to_window` an ein existierendes Fenster angehängt werden. Nähere Informationen sind in der Dokumentation zu `attach_drawing_object_to_window` zu finden. Es gibt zwei mögliche Transformationen für ein Kreis-Zeichenobjekt: Verändern der Größe und Verschieben. Der Kreis kann durch Ziehen am Mittelpunkt verschoben werden. Durch Ziehen am Kreisbogen kann die Größe des Kreises angepasst werden.

Im Gegensatz zum Operator `draw_circle` blockieren die Interaktionen mit einem Zeichenobjekt den aufrufenden Thread nicht.

Parameter

▷ **Row** (input_control) ..... circle.center.y ⇝ *real*
Zeilenkoordinate des Mittelpunktes.
Default: 100

▷ **Column** (input_control) ..... circle.center.x ⇝ *real*
Spaltenkoordinate des Mittelpunktes.
Default: 100

▷ **Radius** (input_control) ..... circle.radius ⇝ *real*
Radius des Kreises.
Default: 80

▷ **DrawID** (output_control) ..... drawing_object ⇝ *handle*
Handle des Zeichenobjekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_drawing_object_circle` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`attach_drawing_object_to_window`, `get_drawing_object_params`, `get_drawing_object_iconic`

Alternativen

`draw_circle`, `draw_region`, `create_drawing_object_circle_sector`, `create_drawing_object_ellipse`, `create_drawing_object_ellipse_sector`

Siehe auch

`create_drawing_object_rectangle1`, `create_drawing_object_rectangle2`, `create_drawing_object_ellipse`, `create_drawing_object_circle_sector`, `create_drawing_object_ellipse_sector`, `create_drawing_object_xld`

Modul

Foundation

create_drawing_object_circle_sector (: : Row, Column, Radius, StartAngle, EndAngle : DrawID)

Erzeugen eines Kreisbogens, der interaktiv verändert werden kann.

`create_drawing_object_circle_sector` erzeugt einen Kreis, der in einem HALCON-Fenster interaktiv vom Benutzer modifiziert werden kann. Der Kreis wird durch die Koordinaten `Row` und `Column` des Mittelpunkts, den Radius `Radius` und die Start- und Endwinkel `StartAngle` und `EndAngle` definiert.

Diese Parameter können mit dem Operator `get_drawing_object_params` abgerufen werden. Das entsprechende HALCON-Objekt kann mit `get_drawing_object_iconic` abgefragt werden. Zusätzlich zu den Parametern verfügt jedes Zeichenobjekt über Attribute, die dessen grafische Darstellung in einem HALCON-Fenster festlegen. Nähere Informationen zu den verfügbaren Attributen sind in der Dokumentation zu `set_drawing_object_params` zu finden.

Um das Zeichenobjekt interaktiv abändern zu können, muss es zunächst mit attach_drawing_object_to_window an ein existierendes Fenster angehängt werden. Nähere Informationen sind in der Dokumentation zu attach_drawing_object_to_window zu finden. Es gibt drei mögliche Transformationen für ein Kreisbogen-Zeichenobjekt: Verändern der Größe, Verschieben und Verändern der Winkel. Der Kreisbogen kann durch Ziehen am Mittelpunkt verschoben werden. Durch Ziehen am Kreisbogen kann die Größe des Kreises angepasst werden. Die Winkel können durch Ziehen an den Anfassern des Kreisbogens verändert werden.

Im Gegensatz zum Operator draw_circle blockieren die Interaktionen nicht den aufrufenden Thread.

Parameter

- ▷ **Row** (input_control) . . . . . coordinates.y ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Mittelpunkts.
  Default: 100
- ▷ **Column** (input_control) . . . . . coordinates.x ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Mittelpunkts.
  Default: 100
- ▷ **Radius** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Radius des Kreises.
  Default: 80
- ▷ **StartAngle** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Startwinkel des Bogenausschnitts.
  Default: 0
- ▷ **EndAngle** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Endwinkel des Bogenausschnitts.
  Default: 3.14159
- ▷ **DrawID** (output_control) . . . . . drawing_object ⇝ *handle*
  Handle des Zeichenobjekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_drawing_object_circle_sector den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

open_window

Nachfolger

attach_drawing_object_to_window, get_drawing_object_params, get_drawing_object_iconic

Alternativen

draw_rectangle1_mod, draw_rectangle2, draw_region, create_drawing_object_circle, create_drawing_object_ellipse_sector

Siehe auch

create_drawing_object_rectangle1, create_drawing_object_rectangle2, create_drawing_object_ellipse, create_drawing_object_circle, create_drawing_object_ellipse_sector, create_drawing_object_xld, create_drawing_object_line

Modul

Foundation

create_drawing_object_ellipse (: : Row, Column, Phi, Radius1, Radius2 : DrawID)

Erzeugen einer Ellipse, die interaktiv verändert werden kann.

create_drawing_object_ellipse erzeugt eine Ellipse, die in einem HALCON-Fenster interaktiv durch den Benutzer verändert werden kann. Die Ellipse ist durch die Koordinaten Row und Column des Mittelpunkts, die Orientierung Phi und die Länge der Halbachsen Radius1 und Radius2 definiert.

Diese Parameter können mit dem Operator get_drawing_object_params abgerufen werden. Das entsprechende HALCON-Objekt kann mit get_drawing_object_iconic abgefragt werden. Zusätzlich zu den Parametern verfügt jedes Zeichenobjekt über Attribute, die dessen grafische Darstellung in einem HALCON-Fenster festlegen. Nähere Informationen zu den verfügbaren Attributen sind in der Dokumentation zu set_drawing_object_params zu finden.

Um das Zeichenobjekt interaktiv abändern zu können, muss es zunächst mit attach_drawing_object_to_window an ein existierendes Fenster angehängt werden. Nähere Informationen sind in der Dokumentation zu attach_drawing_object_to_window zu finden. Es gibt drei mögliche Transformationen für ein Ellipsen-Zeichenobjekt: Verändern der Größe, Verschieben und Rotieren. Die Ellipse kann durch Ziehen am Mittelpunkt der Ellipse verschoben werden. Durch Ziehen an den Scheiteln kann die Größe der Ellipse angepasst werden. Die Rotation kann durch Ziehen an einem Scheitel der ersten Halbachse verändert werden.

Im Gegensatz zum Operator draw_ellipse blockieren die Interaktionen mit einem Zeichenobjekt den aufrufenden Thread nicht.

Parameter

- ▷ **Row** (input_control) . . . . . ellipse.center.y ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Mittelpunktes.
  Default: 200
- ▷ **Column** (input_control) . . . . . ellipse.center.x ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Mittelpunktes.
  Default: 200
- ▷ **Phi** (input_control) . . . . . ellipse.angle.rad ⇝ *real*
  Orientierung der ersten Halbachse in Bogenmaß.
  Default: 0
- ▷ **Radius1** (input_control) . . . . . ellipse.radius1 ⇝ *real*
  Erste Halbachse.
  Default: 100
- ▷ **Radius2** (input_control) . . . . . ellipse.radius2 ⇝ *real*
  Zweite Halbachse.
  Default: 60
- ▷ **DrawID** (output_control) . . . . . drawing_object ⇝ *handle*
  Handle des Zeichenobjekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_drawing_object_ellipse den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

open_window

Nachfolger

disp_region, set_colored, set_line_width, set_draw, attach_drawing_object_to_window

Alternativen

draw_ellipse_mod, draw_ellipse, draw_region

Siehe auch

gen_ellipse, draw_circle, draw_rectangle2

Modul

Foundation

create_drawing_object_ellipse_sector (: : Row, Column, Phi, Radius1, Radius2, StartAngle, EndAngle : DrawID)

Erzeugen eines Ellipsenbogens, der interaktiv verändert werden kann.

create_drawing_object_ellipse_sector erzeugt einen Ellipsenbogen, der in einem HALCON-Fenster interaktiv durch den Benutzer verändert werden kann. Der Ellipsenbogen ist definiert durch die Koordinaten Row und Column des Mittelpunktes, die Längen Radius1 und Radius2 der entsprechenden Halbachsen, die Start- und Endwinkel StartAngle und EndAngle des Bogens sowie der Orientierung Phi.

Diese Parameter können mit dem Operator get_drawing_object_params abgerufen werden. Das entsprechende HALCON-Objekt kann mit get_drawing_object_iconic abgefragt werden. Zusätzlich zu den Parametern verfügt jedes Zeichenobjekt über Attribute, die dessen grafische Darstellung in einem HALCON-Fenster festlegen. Nähere Informationen zu den verfügbaren Attributen sind in der Dokumentation zu set_drawing_object_params zu finden.

Um das Zeichenobjekt interaktiv abändern zu können, muss es zunächst mit attach_drawing_object_to_window an ein existierendes Fenster angehängt werden. Nähere Informationen sind in der Dokumentation zu attach_drawing_object_to_window zu finden. Es gibt vier mögliche Transformationen für ein Ellipsenbogen-Zeichenobjekt: Verändern der Größe, Verschieben, Rotieren und Verändern des Winkels. Der Ellipsenbogen kann durch Ziehen am Mittelpunkt verschoben werden. Die Orientierung kann durch Ziehen an einem Scheitelanfasser der ersten Halbachse verändert werden. Die Größe und der Winkel des Ellipsenbogens kann durch Ziehen an den Scheitelanfassern angepasst werden.

Im Gegensatz zum Operator draw_ellipse blockieren die Interaktionen nicht den aufrufenden Thread.

Parameter

- ▷ **Row** (input_control) . . . . . coordinates.y ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Mittelpunkts.
  Default: 200
- ▷ **Column** (input_control) . . . . . coordinates.x ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Mittelpunkts.
  Default: 200
- ▷ **Phi** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Orientierung der ersten Halbachse in Bogenmaß.
  Default: 0
- ▷ **Radius1** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Erste Halbachse.
  Default: 100
- ▷ **Radius2** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Zweite Halbachse.
  Default: 60
- ▷ **StartAngle** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Startwinkel des Bogenausschnitts.
  Default: 0
- ▷ **EndAngle** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Endwinkel des Bogenausschnitts.
  Default: 3.14159

▷ **DrawID** (output_control) . . . . . drawing_object ⇝ *handle*
Handle des Zeichenobjekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_drawing_object_ellipse_sector` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`attach_drawing_object_to_window`, `get_drawing_object_params`, `get_drawing_object_iconic`

Alternativen

`draw_ellipse_mod`, `draw_ellipse`, `draw_region`, `create_drawing_object_ellipse`

Siehe auch

`gen_ellipse_contour_xld`, `create_drawing_object_rectangle1`, `create_drawing_object_rectangle2`, `create_drawing_object_ellipse`, `create_drawing_object_xld`, `create_drawing_object_line`, `create_drawing_object_circle`

Modul

Foundation

create_drawing_object_line (: : Row1, Column1, Row2, Column2 : DrawID)

Erzeugen einer Linie, die interaktiv verändert werden kann.

`create_drawing_object_line` erzeugt eine Linie, die interaktiv durch den Benutzer modifiziert werden kann. Die Linie ist definiert durch die Koordinaten `Row1`, `Column1`, `Row2` und `Column2` des ersten und zweiten Linienpunkts.

Diese Parameter können mit dem Operator `get_drawing_object_params` abgerufen werden. Das entsprechende HALCON-Objekt kann mit `get_drawing_object_iconic` abgefragt werden. Zusätzlich zu den Parametern verfügt jedes Zeichenobjekt über Attribute, die dessen grafische Darstellung in einem HALCON-Fenster festlegen. Nähere Informationen zu den verfügbaren Attributen sind in der Dokumentation zu `set_drawing_object_params` zu finden.

Um das Zeichenobjekt interaktiv abändern zu können, muss es zunächst mit `attach_drawing_object_to_window` an ein existierendes Fenster angehängt werden. Nähere Informationen sind in der Dokumentation zu `attach_drawing_object_to_window` zu finden. Es gibt zwei mögliche Transformationen für ein Linien-Zeichenobjekt: Verändern der Länge und Verschieben. Ein Linienpunkt kann durch Ziehen am Punktanfasser verschoben und damit auch die Länge verändert werden. Die Linie selbst kann durch Ziehen am Mittelpunkt der Linie verschoben werden.

Im Gegensatz zum Operator `draw_line` blockieren die Interaktionen nicht den aufrufenden Thread.

Parameter

▷ **Row1** (input_control) . . . . . line.begin.y ⇝ *real*
Zeilenkoordinate des ersten Punktes der Linie.
Default: 100

▷ **Column1** (input_control) . . . . . line.begin.x ⇝ *real*
Spaltenkoordinate des ersten Punktes der Linie.
Default: 100

▷ **Row2** (input_control) . . . . . line.end.y ⇝ *real*
Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der Linie.
Default: 200

▷ **Column2** (input_control) . . . . . line.end.x ⇝ *real*
Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der Linie.
Default: 200

▷ **DrawID** (output_control) . . . . . drawing_object ⇝ *handle*
Handle des Zeichenobjekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_drawing_object_line` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`attach_drawing_object_to_window`, `get_drawing_object_params`, `get_drawing_object_iconic`

Alternativen

`draw_line`, `draw_line_mod`, `create_drawing_object_xld`

Siehe auch

`create_drawing_object_rectangle1`, `create_drawing_object_rectangle2`, `create_drawing_object_ellipse`, `create_drawing_object_circle_sector`, `create_drawing_object_ellipse_sector`, `create_drawing_object_xld`

Modul

Foundation

create_drawing_object_rectangle1 (: : Row1, Column1, Row2, Column2 : DrawID)

Erzeugen eines achsenparallelen Rechtecks, das interaktiv verändert werden kann.

`create_drawing_object_rectangle1` erzeugt ein achsenparalleles Rechteck, das interaktiv in einem HALCON-Fenster modifiziert werden kann. Das Rechteck ist durch die Koordinaten `Row1` und `Column1` des linken oberen Eckpunkts und `Row2` und `Column2` des rechten unteren Eckpunkts definiert. Das erzeugte Rechteck wird in dem Handle `DrawID` zurückgeliefert.

Die Parameter können mit dem Operator `get_drawing_object_params` abgerufen werden. Das entsprechende HALCON-Objekt kann mit `get_drawing_object_iconic` abgefragt werden. Zusätzlich zu den Parametern verfügt jedes Zeichenobjekt über Attribute, die dessen grafische Darstellung in einem

HALCON-Fenster festlegen. Nähere Informationen zu den verfügbaren Attributen sind in der Dokumentation zu set_drawing_object_params zu finden.

Um das Zeichenobjekt interaktiv abändern zu können, muss es zunächst mit attach_drawing_object_to_window an ein existierendes Fenster angehängt werden. Nähere Informationen sind in der Dokumentation zu attach_drawing_object_to_window zu finden. Es gibt zwei mögliche Transformationen für ein Rectangle1-Zeichenobjekt: Verändern der Größe und Verschieben. Das Rechteck kann durch Ziehen in der Mitte des Rechtecks verschoben werden und durch Ziehen an den Anfassern an den Ecken vergrößert oder verkleinert werden.

Im Gegensatz zum Operator draw_rectangle1 blockieren die Interaktionen mit einem Zeichenobjekt den aufrufenden Thread nicht.

Parameter

- ▷ **Row1** (input_control) . . . . . rectangle.origin.y ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des linken oberen Eckpunkts.
  Default: 100
- ▷ **Column1** (input_control) . . . . . rectangle.origin.x ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des linken oberen Eckpunkts.
  Default: 100
- ▷ **Row2** (input_control) . . . . . rectangle.corner.y ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des rechten unteren Eckpunkts.
  Default: 200
- ▷ **Column2** (input_control) . . . . . rectangle.corner.x ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des rechten unteren Eckpunkts.
  Default: 200
- ▷ **DrawID** (output_control) . . . . . drawing_object ⇝ *handle*
  Handle des Zeichenobjekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_drawing_object_rectangle1 den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

open_window

Nachfolger

disp_region, set_colored, set_line_width, set_draw, attach_drawing_object_to_window

Alternativen

draw_rectangle1_mod, draw_rectangle2, draw_region

Siehe auch

gen_rectangle1, draw_circle, draw_ellipse

Modul

Foundation

create_drawing_object_rectangle2 (: : Row, Column, Phi, Length1, Length2 : DrawID)

Erzeugen eines beliebig orientierten Rechtecks, das interaktiv verändert werden kann.

create_drawing_object_rectangle2 erzeugt ein beliebig orientiertes Rechteck, das in deinem HALCON-Fenster interaktiv durch den Benutzer verändert werden kann. Das Rechteck ist durch die Koordinaten des Mittelpunkts, Row und Column, die Orientierung Phi und der Länge der Halbachsen Length1 und Length2 definiert.

Diese Parameter können mit dem Operator get_drawing_object_params abgerufen werden. Das entsprechende HALCON-Objekt kann mit get_drawing_object_iconic abgefragt werden. Zusätzlich zu den Parametern verfügt jedes Zeichenobjekt über Attribute, die dessen grafische Darstellung in einem HALCON-Fenster festlegen. Nähere Informationen zu den verfügbaren Attributen sind in der Dokumentation zu set_drawing_object_params zu finden.

Um das Zeichenobjekt interaktiv abändern zu können, muss es zunächst mit attach_drawing_object_to_window an ein existierendes Fenster angehängt werden. Nähere Informationen sind in der Dokumentation zu attach_drawing_object_to_window zu finden. Es gibt drei mögliche Transformationen für ein Rectangle2-Zeichenobjekt: Verändern der Größe, Verschieben und Rotieren. Das Rechteck kann durch Ziehen am Mittelpunkt des Rechtecks verschoben werden. Durch Ziehen an den Seitenanfassern kann die Größe des Rechtecks angepasst werden. Die Orientierung kann durch Anfassen an einer Seite senkrecht zur ersten Halbachse verändert werden.

Im Gegensatz zum Operator draw_rectangle2 blockieren die Interaktionen mit einem Zeichenobjekt den aufrufenden Thread nicht.

Parameter

- ▷ **Row** (input_control) . . . . . rectangle2.center.y ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Mittelpunktes.
  Default: 150
- ▷ **Column** (input_control) . . . . . rectangle2.center.x ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Mittelpunktes.
  Default: 150
- ▷ **Phi** (input_control) . . . . . rectangle2.angle.rad ⇝ *real*
  Orientierung der größeren Halbachse in Bogenmaß.
  Default: 0
- ▷ **Length1** (input_control) . . . . . rectangle2.hwidth ⇝ *real*
  Erste Halbachse.
  Default: 100
- ▷ **Length2** (input_control) . . . . . rectangle2.hheight ⇝ *real*
  Zweite Halbachse.
  Default: 100
- ▷ **DrawID** (output_control) . . . . . drawing_object ⇝ *handle*
  Handle des Zeichenobjekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_drawing_object_rectangle2 den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

open_window

Nachfolger

disp_region, set_colored, set_line_width, set_draw, attach_drawing_object_to_window

Alternativen

draw_rectangle2_mod, draw_rectangle2, draw_region

Siehe auch

gen_rectangle2, draw_circle, draw_ellipse

Modul

Foundation

create_drawing_object_text (: : Row, Column, String : DrawID)

Erzeugen eines Text-Zeichenobjekts, das interaktiv in einem HALCON-Fenster verschoben werden kann.

create_drawing_object_text erstellt ein Text-Zeichenobjekt, das interaktiv vom Benutzer in einem HALCON-Fenster verschoben werden kann. Die Position des Textes ist durch die Parameter Row und Column definiert.

Diese Parameter können mit dem Operator get_drawing_object_params abgerufen werden.

Um das Text-Zeichenobjekt interaktiv verschieben zu können, muss es zunächst mit attach_drawing_object_to_window an ein existierendes Fenster angehängt werden. Nähere Informationen sind in der Dokumentation zu attach_drawing_object_to_window zu finden. Der Text wird mit den aktuellen Einstellungen des HALCON-Fensters dargestellt. Die Einstellungen zur Schrift können jedoch auch mit dem Operator set_drawing_object_params angepasst werden. Sobald das Text-Zeichenobjekt einem Fenster zugewiesen ist, kann es interaktiv mit der Maus in dem Fenster verschoben werden.

Parameter

- ▷ **Row** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinate der Textposition.
  Default: 12
- ▷ **Column** (input_control) ..... point.x ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinate der Textposition.
  Default: 12
- ▷ **String** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Zeichenkette.
  Default: 'Text'
- ▷ **DrawID** (output_control) ..... drawing_object ⇝ *handle*
  Handle des Text-Zeichenobjekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, liefert create_drawing_object_text den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

open_window

Nachfolger

attach_drawing_object_to_window, get_drawing_object_params, set_drawing_object_params

Alternativen

write_string

Siehe auch

write_string, attach_drawing_object_to_window

Modul

Foundation

create_drawing_object_xld (: : Row, Column : DrawID)

Erzeugen einer Kontur, die interaktiv verändert werden kann.

create_drawing_object_xld erzeugt eine XLD-Kontur, die interaktiv in einem HALCON-Fenster verändert werden kann. Die Kontur ist durch die Koordinaten Row und Column ihrer Punkte definiert.

Diese Parameter können mit dem Operator get_drawing_object_params abgerufen werden. Das entsprechende HALCON-Objekt kann mit get_drawing_object_iconic abgefragt werden. Zusätzlich zu den Parametern verfügt jedes Zeichenobjekt über Attribute, die dessen grafische Darstellung in einem HALCON-Fenster festlegen. Nähere Informationen zu den verfügbaren Attributen sind in der Dokumentation zu set_drawing_object_params zu finden.

Um das Zeichenobjekt interaktiv abändern zu können, muss es zunächst mit attach_drawing_object_to_window an ein existierendes Fenster angehängt werden. Nähere Informationen sind in der Dokumentation zu attach_drawing_object_to_window zu finden. Weitere Punkte können durch einen Linksklick auf das Fenster hinzugefügt werden. Wenn auf einem Kontursegment zwischen zwei nachfolgenden Punkten geklickt wird, wird der neue Punkt zwischen diesen Punkten hinzugefügt. Jeder Konturpunkt kann durch Ziehen an dessen Anfasser verschoben werden. Ein einzelner Konturpunkt kann gelöscht werden, indem er auf einen benachbarten, direkt verbundenen Konturpunkt gezogen wird. Die Kontur kann geschlossen werden, indem der letzte Punkt auf den ersten Konturpunkt gesetzt wird. Die ganze Kontur kann durch Ziehen am Anfasser des Mittelpunktes verschoben werden. Zusätzlich ist es auch möglich mit set_drawing_object_xld einem Zeichenobjekt eine neue Kontur zuzuweisen.

Im Gegensatz zum Operator draw_xld blockieren die Interaktionen nicht den aufrufenden Thread.

Parameter

▷ **Row** (input_control) . . . . . coordinates.y-array ⇝ *real* / integer
Zeilen-Koordinaten des Polygons.
Default: [100,200,200,100]
Wertevorschläge: Row ∈ {0, 10, 20, 50, 100, 200, 500}

▷ **Column** (input_control) . . . . . coordinates.x-array ⇝ *real* / integer
Spalten-Koordinaten des Polygons.
Default: [100,100,200,200]
Wertevorschläge: Column ∈ {0, 10, 20, 50, 100, 200, 500}

▷ **DrawID** (output_control) . . . . . drawing_object ⇝ *handle*
Handle des Zeichenobjekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_drawing_object_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

open_window

Nachfolger

attach_drawing_object_to_window, get_drawing_object_params, get_drawing_object_iconic, set_drawing_object_xld

Alternativen

draw_xld, draw_xld_mod, draw_region

Siehe auch

create_drawing_object_rectangle1, create_drawing_object_rectangle2, create_drawing_object_ellipse, create_drawing_object_circle_sector, create_drawing_object_ellipse_sector, create_drawing_object_line, create_drawing_object_circle

Modul

Foundation

detach_background_from_window (: : WindowHandle :)

Entfernen des Hintergrundbildes von einem HALCON-Fenster.

detach_background_from_window entfernt das Hintergrundbild, das zuvor mit attach_background_to_window angehängt wurde, von dem HALCON-Fenster WindowHandle. Der Hintergrund des Fensters wird somit gelöscht.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

Ergebnis

detach_background_from_window liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

attach_background_to_window

Modul

Foundation

detach_drawing_object_from_window (: : WindowHandle, DrawHandle :)

Entfernen eines Zeichenobjektes von einem HALCON-Fenster.

detach_drawing_object_from_window entfernt das Zeichenobjekt DrawHandle von dem HALCON-Fenster WindowHandle, an das es aktuell angehängt ist. Das Zeichenobjekt wird in diesem Fenster nicht länger angezeigt. Wenn mit set_drawing_object_callback eine Callback Funktion für das Zeichenobjekt zu dem Event 'on_detach' oder 'on_select' definiert wurde, wird diese ebenfalls aufgerufen.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **DrawHandle** (input_control) ..... drawing_object ⇝ *handle*
Handle des Zeichenobjektes.

Ergebnis

detach_drawing_object_from_window liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls DrawHandle und WindowHandle gültig sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

attach_drawing_object_to_window, get_drawing_object_iconic, get_drawing_object_params

Nachfolger

close_window, clear_drawing_object

Siehe auch

attach_drawing_object_to_window

Modul

Foundation

get_drawing_object_iconic (: Object : DrawID :)

Zurückliefern des ikonischen Objekts eines Zeichenobjekts.

get_drawing_object_iconic gibt ein ikonisches Object Object zurück, das dem Zeichenobjekt DrawID entspricht. Die Parameter des Zeichenobjekts können mit dem Operator get_drawing_object_params abgefragt werden.

Parameter

▷ **Object** (output_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Ikonisches Objekts.

▷ **DrawID** (input_control) ..... drawing_object ⇝ *handle*
Handle des Zeichenobjekts.

Ergebnis

get_drawing_object_iconic gibt 2 (H_MSG_TRUE) zurück, falls die DrawID gültig ist. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_drawing_object_rectangle1, create_drawing_object_rectangle2, create_drawing_object_ellipse, create_drawing_object_circle, create_drawing_object_line, create_drawing_object_ellipse_sector, create_drawing_object_circle_sector, create_drawing_object_xld

Nachfolger

reduce_domain, gen_region_contour_xld, attach_drawing_object_to_window

Alternativen

get_drawing_object_params

Siehe auch

get_drawing_object_params, attach_drawing_object_to_window

Modul

Foundation

get_drawing_object_params (: : DrawID,
GenParamName : GenParamValue)

Abfragen der Parameter eines Zeichenobjekts.

get_drawing_object_params liefert die aktuell gesetzten Werte GenParamValue für die Parameter GenParamName des Zeichenobjekts DrawID.

Zusätzlich zu den in set_drawing_object_params beschriebenen Werten können folgende Parameter GenParamName abgefragt werden:

'type': Liefert den Typ den Zeichenobjekts. Mögliche Rückgabewerte sind: *'circle'*, *'circle_sector'*, *'ellipse'*, *'ellipse_sector'*, *'rectangle1'*, *'rectangle2'*, *'line'*, *'xld'*, *'text'*

Parameter

- ▷ **DrawID** (input_control) . . . . . drawing_object ⇝ *handle*
  Handle des Zeichenobjekts.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Namen der Parameter des Zeichenobjekts.
  Werteliste: GenParamName ∈ {'row1', 'row2', 'column1', 'column2', 'radius', 'row', 'column', 'length1', 'length2', 'string', 'phi', 'start_angle', 'end_angle', 'radius1', 'radius2', 'color', 'font', 'line_width', 'line_style', 'marker_size', 'type'}
- ▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Werte der Parameter.

Ergebnis

get_drawing_object_params gibt 2 (H_MSG_TRUE) zurück, falls die DrawID, GenParamName und GenParamValue gültig sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_drawing_object_rectangle1, create_drawing_object_rectangle2, create_drawing_object_ellipse, create_drawing_object_circle, create_drawing_object_line, create_drawing_object_ellipse_sector, create_drawing_object_circle_sector, create_drawing_object_xld, create_drawing_object_text, attach_drawing_object_to_window

Nachfolger

set_drawing_object_params, attach_drawing_object_to_window, get_drawing_object_iconic

Alternativen

get_drawing_object_iconic

Siehe auch

attach_drawing_object_to_window, get_drawing_object_iconic, set_drawing_object_params

Modul

Foundation

get_window_background_image (: BackgroundImage : WindowHandle :)

Kopieren des Hintergrundbildes des Fensters.

get_window_background_image gibt eine Kopie des Hintergrundbildes des HALCON-Fensters WindowHandle in BackgroundImage zurück. Der Operator ist vor allem sinnvoll, wenn man in Rückruffunktionen eines Zeichenobjektes mit dem Hintergrundbild arbeiten möchte. Siehe set_drawing_object_callback für weitere Details.

Parameter

▷ **BackgroundImage** (output_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field

Kopie des Hintergrundbildes.

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*

Fenster-Handle.

Ergebnis

`get_window_background_image` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`attach_background_to_window`

Nachfolger

`close_window`, `detach_background_from_window`, `attach_drawing_object_to_window`

Siehe auch

`attach_background_to_window`, `detach_drawing_object_from_window`

Modul

Foundation

set_content_update_callback (: : WindowHandle, CallbackFunction, CallbackContext :)

Setzen einer Callback-Funktion bei Aktualisierung des Pufferinhalts.

`set_content_update_callback` setzt die Callback-Funktion `CallbackFunction`, die immer dann aufgerufen wird, wenn sich der Inhalt des Pufferfensters `WindowHandle` ändert. Der Parameter `CallbackContext` wird dabei immer an die Callback-Funktion übergeben.

Der Typ der Callback-Funktion `CallbackFunction` ist: Herror callback(void *context)

Auf Windows Systemen wird die __stdcall Aufrufkonvention verwendet: Herror __stdcall callback(void *context)

Die Callback-Funktion darf keinen HALCON Operator aufrufen. Dies ist undefiniertes Verhalten. Es wird empfohlen, nur wenig rechenintensive Aufgaben in der Callback-Funktion durchzuführen, z.B. das Setzen eines Flags oder das Anstoßen einer asynchronen Operation.

In Verbindung mit den Operatoren `send_mouse_down_event`, `send_mouse_up_event` und `send_mouse_double_click_event` kann `set_content_update_callback` verwendet werden, um ein Fenster-Control für ein GUI Toolkit wie Qt zu erstellen. Das Control leitet Mausevents an den Puffer weiter, welcher das Control bei Änderungen des Fensterinhalts benachrichtigt, indem er `CallbackFunction` aufruft. Das Control kann dann den Inhalt das Puffers mit `dump_window_image` kopieren und schließlich anzeigen.

Achtung

`set_content_update_callback` benötigt die Bibliothek libcanvas, die auf Embedded-Systemen möglicherweise nicht verfügbar ist.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*

Fenster-Handle.

▷ **CallbackFunction** (input_control) ..... pointer ⇝ *integer*

Callback Funktion bei Aktualisierung des Pufferinhalts.

▷ **CallbackContext** (input_control) . . . . . pointer ⇝ *integer* / handle
Parameter für CallbackFunction.

Ergebnis

`set_content_update_callback` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

`flush_buffer`

Modul

Foundation

set_drawing_object_callback (: : DrawHandle, DrawObjectEvent, CallbackFunction :)

Hinzufügen einer Callback-Funktion zu einem Zeichenobjekt.

`set_drawing_object_callback` fügt die Rückruffunktion `CallbackFunction` zu einem Zeichenobjekt hinzu, die bei einem definierten Event `DrawObjectEvent` ausgeführt wird. Ein Event ist eine Aktion die vom Benutzer oder einem HALCON-Operator, wie z.B. `attach_drawing_object_to_window`, ausgelöst wird und den Status des Zeichenobjekts verändert. Der Operator `set_drawing_object_callback` ermöglicht es zu definieren, wie auf solche Events reagiert wird.

Die vordefinierten Events sind:

'on_attach' Die entsprechende Rückruffunktion wird gleich nach dem Anhängen des Zeichenobjekts ans Fenster aufgerufen.

'on_detach' Die entsprechende Rückruffunktion wird gleich nach dem Entfernen des Zeichenobjekts vom Fenster aufgerufen.

'on_drag' Die entsprechende Rückruffunktion wird gleich nach dem Verschieben des Zeichenobjekts aufgerufen.

'on_resize' Die entsprechende Rückruffunktion wird gleich nach dem Anpassen der Größe des Zeichenobjekts aufgerufen.

'on_select' Die entsprechende Rückruffunktion wird gleich nach dem Auswählen und Aktivierung vom Zeichenobjekt aufgerufen.

Es ist möglich eine bestimmte Rückruffunktion für jedes gewünschte Event zu setzten. Dafür müssen die Eingabeparameter `DrawObjectEvent` und `CallbackFunction` die gleiche Länge haben. Es ist ebenso möglich die gleiche Rückruffunktion für verschiedene Events zu definieren. Dann kann `DrawObjectEvent` eine beliebige Länge haben und `CallbackFunction` enthält einen einzigen Wert.

Die Rückruffunktion ist ein Integer vom Typ long und beinhaltet einen Pointer zu einer C-Funktion folgender Signatur:

Herror HDrawObjectCallback(Hphandle DrawHandle, Hphandle WindowHandle, char* type)

Unter Windows 32 bit Systemen, wird die __stdcall Namenskonvention benutzt:

Herror __stdcall HDrawObjectCallback(Hphandle DrawHandle, Hphandle WindowHandle, char* type)

Der erste Parameter der Rückruffunktion enthält das Handle des Zeichenobjekts, das das Event auslöst. Der zweite Parameter enthält das Handle zu dem Fenster, in dem das Event ausgelöst wurde. Der Dritte gibt an, welches Event geschehen ist.

Achtung

Es darf kein grafischer Operator innerhalb der Rückruffunktion aufgerufen werden, wie. z.B. `disp_obj`, da sonst ein Deadlock vorkommen könnte.

Parameter

▷ **DrawHandle** (input_control) . . . . . drawing_object ⇝ *handle*
Handle des Zeichenobjekts.

▷ **DrawObjectEvent** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Liste der zu setzenden Events.
Wertevorschläge: DrawObjectEvent ∈ {'on_resize', 'on_drag', 'on_attach', 'on_detach', 'on_select'}

▷ **CallbackFunction** (input_control) . . . . . pointer(-array) ⇝ *integer*
Liste entsprechenden Callback-Funktionen.

Ergebnis

set_drawing_object_callback liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls DrawHandle und DrawObjectEvent gültig sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

attach_drawing_object_to_window

Nachfolger

close_window, clear_drawing_object, detach_drawing_object_from_window, get_drawing_object_iconic, get_drawing_object_params

Siehe auch

create_drawing_object_rectangle1, attach_drawing_object_to_window, detach_drawing_object_from_window

Modul

Foundation

set_drawing_object_params (: : DrawID, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen der Parameterwerte eines Zeichenobjekts.

set_drawing_object_params setzt die Parameter GenParamName des Zeichenobjekts DrawID auf die Werte in GenParamValue.

Je nach Typ des Zeichenobjekts können folgende Parameter gesetzt werden:

circle: *'row'*: Zeilenkoordinate des Mittelpunkts.
'column': Spaltenkoordinate des Mittelpunkts.
'radius': Radius des Kreises.

circle_sector: *'row'*: Zeilenkoordinate des Mittelpunkts.
'column': Spaltenkoordinate des Mittelpunkts.
'radius': Radius des Kreissektors.
'start_angle': Anfangswinkel des Kreisbogens.
'end_angle': Endwinkel des Kreisbogens.

ellipse: *'row'*: Zeilenkoordinate des Mittelpunkts.
'column': Spaltenkoordinate des Mittelpunkts.
'phi': Orientierung der ersten Halbachse im Bogenmaß.
'radius1': Länge der ersten Halbachse der Ellipse.
'radius2': Länge der zweiten Halbachse der Ellipse.

ellipse_sector: *'row'*: Zeilenkoordinate des Mittelpunkts.
'column': Spaltenkoordinate des Mittelpunkts.
'phi': Orientierung der ersten Halbachse im Bogenmaß.
'radius1': Länge der ersten Halbachse.
'radius2': Länge der zweiten Halbachse.
'start_angle': Anfangswinkel des Ellipsenbogens.
'end_angle': Endwinkel des Ellipsenbogens.

rectangle1: *'row1'*: Zeilenkoordinate des linken oberen Eckpunkts.
'column1': Spaltenkoordinate des linken oberen Eckpunkts.
'row2': Zeilenkoordinate des rechten oberen Eckpunkts.
'column2': Spaltenkoordinate des rechten oberen Eckpunkts.

rectangle2: *'row'*: Zeilenkoordinate des Mittelpunkts des Rechtecks.
'column': Spaltenkoordinate des Mittelpunkts des Rechtecks.
'phi': Orientierung der ersten Halbachse im Bogenmaß.
'length1': Länge der ersten Halbachse.
'length2': Länge der zweiten Halbachse.

line: *'row1'*: Zeilenkoordinate des ersten Linienpunkts.
'column1': Spaltenkoordinate des ersten Linienpunkts.
'row2': Zeilenkoordinate des zweiten Linienpunkts.
'column2': Spaltenkoordinate des zweiten Linienpunkts.

xld: *'row'*: Zeilenkoordinaten der Konturpunkte.
'column': Spaltenkoordinaten der Konturpunkte.
Es ist möglich, entweder nur die Zeilen- oder Spaltenkoordinaten zu setzen oder beide zur gleichen Zeit. Im ersten Fall muss die Anzahl der Werte in `GenParamValue` der Anzahl der vorhandenen Konturpunkte entsprechen. Im zweiten Fall werden alle vorhandenen Konturpunkte verworfen und durch neue ersetzt. Die neuen Koordinaten werden in `GenParamValue` in folgender Reihenfolge übergeben: *[Row_0, Row_1, ..., Row_n, Column_0, Column_1, ... Column_n]*.

text: *'row'*: Zeilenkoordinate der Textposition.
'column': Spaltenkoordinate der Textposition.
'string': Textstring, der angezeigt wird.

Es gibt zusätzliche Attribute, die das Aussehen des Zeichenobjekts modellieren. Je nach Typ des Zeichenobjekts können die folgenden Attribute gesetzt werden:

- Zeichenobjekte vom Typ 'text':

  'color': Setzt die Farbe eines Text-Zeichenobjekts. Die Farbe kann entweder mit ihrem Namen angegeben werden, z.B. 'green', oder als RGB Wert, z.B. '#ffb529'. Siehe `set_color` für mehr Informationen.

  'font': Setzt den Font eines Text-Zeichenobjekts. Eine Liste aller verfügbaren Fonts kann mit dem Operator `query_font` abgerufen werden. Siehe `set_font` für mehr Informationen.

- Zeichenobjekte vom Typ 'circle', 'circle_sector', 'ellipse', 'ellipse_sector', 'rectangle1', 'rectangle1', 'xld', 'line':

  'color': Setzt die Farbe eines Text-Zeichenobjekts. Die Farbe kann entweder mit ihrem Namen, z.B. 'green', angegeben werden, oder als RGB Wert, z.B. '#ffb529'. Siehe `set_color` für mehr Informationen.

  'line_style': Setzt den Linienstil des Zeichenobjekts. Dieses Attribut benötigt mindestens zwei Attributwerte in Form eines Tupels. mindestens zwei Attributwerte in Form eines Tupels. Der erste Wert definiert die Länge des sichtbaren Linienstücks und der zweite Wert definiert die Länge des nicht sichtbaren Linienstücks. Siehe `set_line_style` für mehr Details. Da die Länge des Eingabetupels variieren kann, darf *'line_style'* nicht mit anderen Parametern oder Attributen in einem Aufruf kombiniert werden. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

  'line_width': Setzt die Linienbreite des Zeichenobjekts in Pixel. Siehe `set_line_width` für mehr Informationen.

  'marker_size': Setzt die Breite und Höhe der Marker, die als Ankerpunkte für die Manipulation des Zeichenobjekts verwendet werden.
  Wertebereich: [*7 ... 32768*]

Wenn mehr als ein Parameter gesetzt werden soll, müssen diese als Tupel in GenParamName und GenParamValue übergeben werden.

Wenn das Zeichenobjekt aktuell an ein Fenster gehängt ist, wird dieses beim Aufruf von set_drawing_object_params aktualisiert.

Parameter

▷ **DrawID** (input_control) . . . . . drawing_object ⇝ *handle*
Handle des Zeichenobjekts.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der Parameter des Zeichenobjekts.
Werteliste: GenParamName ∈ {'row1', 'row2', 'column1', 'column2', 'radius', 'row', 'column', 'length1', 'length2', 'string', 'phi', 'start_angle', 'end_angle', 'radius1', 'radius2', 'color', 'font', 'line_width', 'line_style', 'marker_size'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *real* / integer / string
Werte der Parameter.

Ergebnis

get_drawing_object_params gibt 2 (H_MSG_TRUE) zurück, falls die DrawID, GenParamName und GenParamValue gültig sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_drawing_object_rectangle1, create_drawing_object_rectangle2, create_drawing_object_ellipse, create_drawing_object_circle, create_drawing_object_line, create_drawing_object_ellipse_sector, create_drawing_object_circle_sector, create_drawing_object_xld, attach_drawing_object_to_window

Nachfolger

get_drawing_object_params, attach_drawing_object_to_window, get_drawing_object_iconic

Siehe auch

attach_drawing_object_to_window, get_drawing_object_iconic, set_drawing_object_callback

Modul

Foundation

set_drawing_object_xld (Contour : : DrawID :)

Setzen einer XLD-Kontur eines XLD-Zeichenobjekts.

set_drawing_object_xld ersetzt die XLD-Kontur, die durch das Zeichenobjekts DrawID repräsentiert wird, durch die neue XLD-Kontur Contour. Die Kontur muss mindestens zwei Punkte enthalten, so dass eine Interaktion, wie in create_drawing_object_xld beschrieben, möglich ist.

Wenn die Kontur bereits an ein HALCON-Fenster angehängt ist, wird dieses beim Aufruf von set_drawing_object_xld aktualisiert.

Parameter

▷ **Contour** (input_object) . . . . . xld_cont ⇝ *object*
XLD-Kontur.

▷ **DrawID** (input_control) . . . . . drawing_object ⇝ *handle*
Handle des Zeichenobjekts.

Ergebnis

`set_drawing_object_xld` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, falls die `DrawID` gültig ist und `Contour` eine Kontur ist. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_drawing_object_xld`

Nachfolger

`attach_drawing_object_to_window`, `clear_drawing_object`

Alternativen

`create_drawing_object_xld`

Siehe auch

`attach_drawing_object_to_window`

Modul

Foundation

12.7 Parameter

`convert_coordinates_image_to_window` `( : : WindowHandle, RowImage, ColumnImage : RowWindow, ColumnWindow )`

Konvertieren von Bildkoordinaten in Fensterkoordinaten

`convert_coordinates_image_to_window` konvertiert die Bildkoordinaten `RowImage` und `ColumnImage` in Fensterkoordinaten `RowWindow` und `ColumnWindow` basierend auf dem Bildausschnitt und der Fenstergröße des durch `WindowHandle` gegebenen Fensters.

Parameter

▷ **`WindowHandle`** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **`RowImage`** (input_control) ..... coordinates.y(-array) ⇝ *real*
Zeile in Bildkoordinaten.

▷ **`ColumnImage`** (input_control) ..... coordinates.x(-array) ⇝ *real*
Spalte in Bildkoordinaten.

▷ **`RowWindow`** (output_control) ..... coordinates.y(-array) ⇝ *real*
Zeile (Y) in Fensterkoordinaten.

▷ **`ColumnWindow`** (output_control) ..... coordinates.x(-array) ⇝ *real*
Spalte (X) in Fensterkoordinaten.

Beispiel

```
read_image (Image, 'printer_chip/printer_chip_01')
dev_get_window (WindowHandle)
get_window_extents (WindowHandle, Row, Column, Width, Height)
dev_set_part (450, 300, 750, 600)
dev_display (Image)
*
* Generate rectangle in image coordinates
Row := [474, 746]
Column := [314, 589]
gen_rectangle1 (Rectangle1, Row[0], Column[0], Row[1], Column[1])
```

```
* Convert rectangle corner points to window coordinates
convert_coordinates_image_to_window (WindowHandle, Row[[0,1,0,1]], \
    Column[[0,0,1,1]], RowWindow, ColumnWindow)
*
* Window center in window coordinates
WindowCenterRow := Height/2-1
WindowCenterColumn := Width/2-1
* Convert window center to image coordinates
convert_coordinates_window_to_image (WindowHandle, WindowCenterRow, \
    WindowCenterColumn, RowImage, ColumnImage)
*
* Display all points in image coordinates
dev_display (Image)
disp_cross (WindowHandle, Row[[0,1,0,1]], Column[[0,0,1,1]], 6, rad(45))
disp_cross (WindowHandle, RowImage, ColumnImage, 6, 0)
```

Ergebnis

`convert_coordinates_image_to_window` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`set_window_extents`, `set_part`

Siehe auch

`convert_coordinates_window_to_image`

Modul

Foundation

`convert_coordinates_window_to_image` `( : : WindowHandle, RowWindow, ColumnWindow : RowImage, ColumnImage )`

Konvertieren von Fensterkoordinaten in Bildkoordinaten

`convert_coordinates_window_to_image` konvertiert Fensterkoordinaten `RowWindow` und `ColumnWindow` in Bildkoordinaten `RowImage` und `ColumnImage` basierend auf dem Bildausschnitt und der Fenstergröße des durch `WindowHandle` gegebenen Fensters.

Parameter

- ▷ **`WindowHandle`** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **`RowWindow`** (input_control) ..... coordinates.y(-array) ⇝ *real*
  Zeile (Y) in Fensterkoordinaten.
- ▷ **`ColumnWindow`** (input_control) ..... coordinates.x(-array) ⇝ *real*
  Spalte (X) in Fensterkoordinaten.
- ▷ **`RowImage`** (output_control) ..... coordinates.y(-array) ⇝ *real*
  Zeile in Bildkoordinaten.
- ▷ **`ColumnImage`** (output_control) ..... coordinates.x(-array) ⇝ *real*
  Spalte in Bildkoordinaten.

Beispiel

```
read_image (Image, 'printer_chip/printer_chip_01')
dev_get_window (WindowHandle)
get_window_extents (WindowHandle, Row, Column, Width, Height)
dev_set_part (450, 300, 750, 600)
dev_display (Image)
*
* Generate rectangle in image coordinates
Row := [474, 746]
Column := [314, 589]
gen_rectangle1 (Rectangle1, Row[0], Column[0], Row[1], Column[1])
* Convert rectangle corner points to window coordinates
convert_coordinates_image_to_window (WindowHandle, Row[[0,1,0,1]], \
    Column[[0,0,1,1]], RowWindow, ColumnWindow)
*
* Window center in window coordinates
WindowCenterRow := Height/2-1
WindowCenterColumn := Width/2-1
* Convert window center to image coordinates
convert_coordinates_window_to_image (WindowHandle, WindowCenterRow, \
    WindowCenterColumn, RowImage, ColumnImage)
*
* Display all points in image coordinates
dev_display (Image)
disp_cross (WindowHandle, Row[[0,1,0,1]], Column[[0,0,1,1]], 6, rad(45))
disp_cross (WindowHandle, RowImage, ColumnImage, 6, 0)
```

Ergebnis

`convert_coordinates_window_to_image` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`set_window_extents`, `set_part`

Siehe auch

`convert_coordinates_image_to_window`

Modul

Foundation

`get_contour_style` (: : WindowHandle : Style)

Abfragen des aktuellen Füllstils der Konturanzeige.

`get_contour_style` gibt den Füllstil zurück, der mit `set_contour_style` gesetzt wurde.

Parameter

▷ **`WindowHandle`** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **`Style`** (output_control) ..... string ⇝ *string*
Füllstil der Konturanzeige.

Ergebnis

`get_contour_style` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`set_contour_style`, `disp_xld`

Siehe auch

`set_contour_style`, `disp_xld`

Modul

Foundation

get_draw (: : WindowHandle : Mode)

Abfragen des aktuellen Modus für das Ausfüllen von Regionen.

`get_draw` gibt den Ausfüllmodus `Mode` des Ausgabefensters aus, der von Operatoren wie `disp_region`, `disp_circle`, `disp_arrow`, `disp_rectangle1`, `disp_rectangle2` etc., verwendet wird. Gesetzt wird der Darstellungsparameter mit dem Operator `set_draw`.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Mode** (output_control) ..... string ⇝ *string*
Aktueller Regionen-Füllmodus.

Ergebnis

`get_draw` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`set_draw`, `disp_region`

Siehe auch

`set_draw`, `disp_region`, `set_paint`

Modul

Foundation

get_hsi (: : WindowHandle : Hue, Saturation, Intensity)

Abfragen der aktuellen Farbe in HSI-Kodierung.

`get_hsi` gibt die Ausgabefarben, bzw. Grauwerte für das Ausgabefenster an. Diese werden durch `Hue` (Farbwert), `Saturation` (Sättigung) und `Intensity` (Intensität) beschrieben. Die Werte die man mit `get_hsi` erhält können mit `set_hsi` wieder gesetzt werden.

Achtung

Die Werte von `get_hsi` können durch Rundungsfehler ungenau sein. Sie entsprechen nicht genau den Werten die z.B. mit `set_hsi` gesetzt wurden (intern wird die Farbe in RGB gehalten).

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Hue** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Farbwert der aktuellen Zeichenfarbe.

▷ **Saturation** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Sättigung der aktuellen Zeichenfarbe.

▷ **Intensity** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Intensität der aktuellen Zeichenfarbe.

Ergebnis

`get_hsi` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`set_hsi`, `set_rgb`, `disp_image`

Siehe auch

`set_hsi`, `set_color`, `set_rgb`, `trans_to_rgb`, `trans_from_rgb`

Modul

Foundation

get_icon (: Icon : WindowHandle :)

Abfragen des Icons, das bei der Regionenausgabe verwendet wird

`get_icon` fragt das Icon, das mit `set_icon` gesetzt wurde.

Parameter

▷ **Icon** (output_object) ..... region ⇝ *object*
Icon für Schwerpunkt.

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

Beispiel

```
/* draw a region and an icon.  */
/* set it and get it again.    */
T_draw_region(&Region,WindowHandle);
T_draw_region(&Icon,WindowHandle);
set_icon(Icon);
create_tuple_s(&icon,"icon");
T_set_shape(WindowHandle,icon);
destroy_tuple(icon);
T_disp_region(Region,WindowHandle);
get_icon(&OldIcon);
T_disp_region(OldIcon,WindowHandle);
```

Ergebnis

`get_icon` liefert immer den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`set_icon`

Nachfolger

`disp_region`

Modul

Foundation

get_line_style (: : WindowHandle : Style)

Abfragen des aktuellen Grafikmodus für Konturen.

`get_line_style` gibt die Darstellungsart für Konturen der Regionenausgabe des Ausgabefensters an, die von Operatoren wie `disp_region`, `disp_line`, `disp_polygon`, etc., verwendet wird. Gesetzt wird der Parameter mit dem Operator `set_line_style`. Der Parameter ist nur von Bedeutung, wenn die Ränder von Objekten dargestellt werden.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Style** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Muster für Konturdarstellung.

Ergebnis

`get_line_style` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

`set_line_style`, `disp_region`

Modul

Foundation

get_line_width (: : WindowHandle : Width)

Abfragen der aktuellen Strichstärke für Konturen.

`get_line_width` gibt die Strichstärke der Regionenausgabe des Ausgabefensters an, die von Operatoren wie `disp_region`, `disp_line`, `disp_polygon`, etc., verwendet wird. Gesetzt wird der Parameter mit dem Operator `set_line_width`. Der Parameter ist nur von Bedeutung, wenn die Ränder von Objekten dargestellt werden.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Width** (output_control) ..... real ⇝ *real*
Aktuelle Strichstärke für Konturen.

Ergebnis

`get_line_width` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`set_line_width`, `set_line_style`, `disp_region`

Siehe auch

`set_line_width`, `disp_region`

Modul

Foundation

get_paint (: : WindowHandle : Mode)

Abfragen des aktuellen Darstellungsmodus für Grauwerte.

`get_paint` gibt den Modus des Ausgabefensters für die Darstellung von Grauwerten, der von dem Operator `disp_image` verwendet wird, an. Das Abfragen wird benutzt, wenn der aktuelle Modus kurzzeitig überschrieben werden soll. Hierzu wird zunächst der aktuelle Wert abgefragt, dann überschrieben und schließlich auf den alten Wert zurückgesetzt. Das Zurücksetzen erfolgt mit `set_paint`. Alle verfügbaren Modi können mit dem Operator `query_paint` abgefragt werden. Der Parameter `Mode` enthält den Namen des Ausgabemodus. Falls ein Modus über Parameter genauer gesteuert werden kann, werden diese Werte (in einem Tupel) nach dem Namen übergeben. Die Reihenfolge der Werte ist die gleiche wie beim Setzen (`set_paint`).

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Mode** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string* / integer / real
Name und Parameter des aktuellen Ausgabemodus.

Ergebnis

`get_paint` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`query_paint`

Nachfolger

`set_paint`, `disp_region`, `disp_image`

Siehe auch

`set_paint`, `query_paint`, `disp_image`

Modul

Foundation

get_part (: : WindowHandle : Row1, Column1, Row2, Column2)

Abfragen des Bildausschnitts.

get_part liefert den linken oberen und den rechten unteren Eckpunkt des Bildausschnitts, der im Ausgabefenster dargestellt wird. Dieser Bildausschnitt kann mittels set_part verändert werden (Als Voreinstellung wird immer das volle Bild ausgegeben).

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Row1** (output_control) ..... rectangle.origin.y ⇝ *integer* / real
  Zeilennummer des linken oberen Eckpunkts des Bildausschnitts.
- ▷ **Column1** (output_control) ..... rectangle.origin.x ⇝ *integer* / real
  Spaltennummer des linken oberen Eckpunkts des Bildausschnitts.
- ▷ **Row2** (output_control) ..... rectangle.corner.y ⇝ *integer* / real
  Zeilennummer des rechten unteren Eckpunkts des Bildausschnitts.
- ▷ **Column2** (output_control) ..... rectangle.corner.x ⇝ *integer* / real
  Spaltennummer des rechten unteren Eckpunkts des Bildausschnitts.

Ergebnis

get_part liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

set_part, disp_region, disp_image

Siehe auch

set_part, disp_image, disp_region, disp_color

Modul

Foundation

get_part_style (: : WindowHandle : Style)

Abfragen der aktuellen Interpolationsmethode für die Graubildausgabe.

get_part_style fragt die Interpolationsmethode ab, die für die Ausgabe eines Bildausschnitts im Ausgabefenster verwendet wird. Interpoliert werden muss immer dann, wenn das Ausgabefenster größer als das Bildformat bzw. als der mittels set_part eingestellte Bildausschnitt für die Ausgabe ist. Derzeit werden drei Modi (Style) unterstützt:

0 keine Interpolation (eventuell niedrigere Qualität, sehr schnell).

1 ungewichtete Interpolation zwischen den Grauwerten (mittlere Qualität und Laufzeit).

2 gewichtete Interpolation zwischen den Grauwerten (höchste Qualität, langsam).

Die aktuelle Einstellung kann mittels set_part_style verändert werden.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Style** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Interpolationsmethode für die Bildschirmdarstellung: 0 (schnell,niedrige Qualität) bis 2 (langsam, höchste Qualität).
Werteliste: `Style` ∈ {0, 1, 2}

Ergebnis

`get_part_style` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`set_part_style`, `disp_region`, `disp_image`

Siehe auch

`set_part_style`, `set_part`, `disp_image`, `disp_color`

Modul

Foundation

get_rgb (: : WindowHandle : Red, Green, Blue)

Abfragen der aktuellen Farbe in RGB-Kodierung.

`get_rgb` gibt die Ausgabefarben bzw. Grauwerte für das Ausgabefenster an. Diese sind durch die drei Farbanteile: rot, grün und blau beschrieben. Die Werte die man mit `get_rgb` erhält, können mit `set_rgb` wieder gesetzt werden.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Red** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Rotanteil der aktuellen Farbe.

▷ **Green** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Grünanteil der aktuellen Farbe.

▷ **Blue** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Blauanteil der aktuellen Farbe.

Ergebnis

`get_rgb` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`set_rgb`, `disp_region`, `disp_image`

Siehe auch

`set_rgb`

Modul

Foundation

get_rgba (: : WindowHandle : Red, Green, Blue, Alpha)

Abfragen der aktuellen Farbe in RGBA-Kodierung.

get_rgba gibt die Ausgabefarben bzw. Grauwerte für das Ausgabefenster an. Diese sind durch die drei Farbanteile: rot, grün und blau und den Alphawert Alpha beschrieben. Die Werte die man mit get_rgba erhält, können mit set_rgba wieder gesetzt werden.

Achtung

get_rgba benötigt die Bibliothek libcanvas, die auf Embedded-Systemen möglicherweise nicht verfügbar ist.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Red** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Rotanteil der aktuellen Farbe.
- ▷ **Green** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Grünanteil der aktuellen Farbe.
- ▷ **Blue** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Blauanteil der aktuellen Farbe.
- ▷ **Alpha** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Alphawert der aktuellen Farbe.

Ergebnis

get_rgba liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

set_rgba, disp_obj

Siehe auch

set_rgba

Modul

Foundation

get_shape (: : WindowHandle : DisplayShape)

Abfragen der aktuellen Ausgabeform für Regionen.

get_shape gibt die Gestalt an, in der Regionen gezeichnet werden. Der erhaltene Wert kann mit set_shape gesetzt werden. Alle verfügbaren Darstellungsarten können mit query_shape abgefragt werden.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **DisplayShape** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Ausgabeform für Regionen.

Ergebnis

get_shape liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

query_shape

Nachfolger

set_shape, disp_region

Siehe auch

set_shape, query_shape, disp_region

Modul

Foundation

get_window_param (: : WindowHandle, Param : Value)

Zugreifen auf Fensterparameter.

Der Operator get_window_param erlaubt es, verschiedene Parameter eines offenen Fensters abzufragen. Genauere Beschreibungen der einzelnen Parameter finden sich beim Operator set_window_param.

Allgemeine Fensterparameter:

'flush' *'true'*, falls der Fensterinhalt nach Anzeige jedes Objektes aktualisiert wird.

'region_quality' Qualität der Anzeige von Regionen.

'background_color' Die Hintergrundfarbe des Fensters WindowHandle.

'window_title' Der Text in der Titelzeile eines HALCON Fensters.

'anti_aliasing' *'true'*, falls Konturen und Regionen mit Antialiasing dargestellt werden.

'graphics_stack' *'true'*, falls der Grafikstack des Fensters aktiviert ist.

'graphics_stack_max_element_num' Maximale Anzahl von Elementen im Grafikstack.

'graphics_stack_max_memory_size' Maximaler Speicher, welchen der Grafikstack verbraucht.

'pixel_grid_enable' *'true'*, falls das Pixelgitter für das Fenster WindowHandle aktiviert ist.

'pixel_grid_min_resolution' Mindestens erforderliche Auflösung eines Pixels im Fenster WindowHandle, damit das Pixelgitter sichtbar wird.

'pixel_grid_color' Farbe der Pixelgitterlinien.

'pixel_grid_line_width' Linienstärke der Pixelgitterlinien.

Parameter die den *'3d_plot'* Plot betreffen:

'angle_of_view' Der Öffnungswinkel der virtuellen Kamera, die für das Anzeigen des 3D-Plots verwendet wird.

'axis_captions' Die Beschriftungen der Zeilen-, Spalten- und Höhenachse.

'plot_quality' Die Qualität des 3D Plots.

'scale_plot' *'true'*, falls die Höhenwerte eine Bildes vor dem Anzeigen in das Intervall [0,255] transformiert werden.

'display_grid' *'true'*, falls das Gitter angezeigt wird.

'display_axes' *'true'*, falls die Koordinatenachsen angezeigt werden.

Achtung

Die Parameter *'anti_aliasing'*, *'flush'*, *'graphics_stack'*, *'graphics_stack_max_element_num'*, *'graphics_stack_max_memory_size'* und *'region_quality'* benötigen die Bibliothek libcanvas, die auf Embedded-Systemen möglicherweise nicht verfügbar ist.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Param** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Parameters.
Default: 'flush'
Werteliste: `Param` ∈ {'plot_quality', 'axis_captions', 'scale_plot', 'angle_of_view', 'display_grid', 'display_axes', 'window_title', 'background_color', 'graphics_stack', 'graphics_stack_max_element_num', 'graphics_stack_max_memory_size', 'pixel_grid_enable', 'pixel_grid_min_resolution', 'pixel_grid_color', 'pixel_grid_line_width', 'flush', 'region_quality'}

▷ **Value** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / real / integer
Wert des Parameters.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`set_window_param`

Siehe auch

`get_window_attr`, `get_part_style`

Modul

Foundation

query_all_colors (: : WindowHandle : Colors)

Abfragen aller Farbnamen.

`query_all_colors` gibt die Namen aller Farben aus, die HALCON bekannt sind. Das heißt natürlich nicht, dass all diese Farben tatsächlich verwendet werden können. Vielmehr ist nur ein Teil dieser Farben verfügbar (siehe `query_color`). Die HALCON Grafikfarben dienen zur Darstellung von Regionen (`disp_region`, `disp_polygon`, `disp_circle`, etc.). Sie können mit dem Operator `set_color` gesetzt werden.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Colors** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der Farben.

Ergebnis

`query_all_colors` liefert immer den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`)

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`set_system`, `set_color`, `disp_region`

Siehe auch

`query_color`, `set_system`, `set_color`, `disp_region`, `open_window`

Modul

Foundation

query_color (: : WindowHandle : Colors)

Abfragen aller im Fenster darstellbaren Farbnamen.

query_color gibt für das Ausgabefenster die Namen aller Farben aus, die bei der Darstellung von Regionen (disp_region, disp_polygon, disp_circle, etc.) verwendet werden können. Diese können mit dem Operator set_color gesetzt werden. Bei einem S/W-Bildschirm liefert query_color die Werte *'black'* und *'white'*. Diese beiden „Farben“ stehen bei jedem Bildschirm zur Verfügung. Bei Bildschirmen mit Graustufen werden auch einige Grautöne angegeben (z.B.: *'dim gray'*). Bei Bildschirmen mit Farbtabellen wird eine Liste von darstellbaren Farben zurückgeliefert. Per Default beginnt das Tupel der Farben dabei mit S/W, gefolgt von den drei Grundfarben (*'red'*, *'green'*, *'blue'*) und einigen Grautönen. Eine Liste aller dem System bekannten Farben erhält man dazu mit dem Aufruf query_all_colors(::WindowHandle:Colors). Genau diese Liste wird übrigens bei Bildschirmen mit Echtfarbenausgabe auch von query_color ausgegeben. Dies sind natürlich nicht alle Farben, die dargestellt werden können. Diese müssen dann mit set_rgb oder set_hsi direkt gewählt werden. Werden Farbnamen verwendet, die HALCON zwar bekannt sind, aber auf dem Rechner nicht darstellbar sind, dann wählt HALCON eine ähnliche Farbe aus. Dazu muss jedoch (set_check(::'~color':)) gesetzt sein.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Colors** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
  Namen der Farben.

Beispiel

```
open_window(0,0,-1,-1,'root','invisible','',WindowHandle)
query_color(WindowHandle,Colors)
close_window(WindowHandle)
fwrite_string (FileHandle, ['Displayable colors: ',Colors])
```

Ergebnis

query_color liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

set_color, disp_region

Siehe auch

query_all_colors, set_color, disp_region, open_window

Modul

Foundation

query_colored (: : : PossibleNumberOfColors)

Abfragen der Farbenzahl für bunte Ausgaben.

query_colored gibt alle zulässigen Parameterwerte für set_colored aus. Bei set_colored wird festgelegt in wie vielen Farben Regionen, bzw. Grafik ausgegeben wird.

Parameter

▷ **PossibleNumberOfColors** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Tupel der möglichen Farbenzahlen.

Beispiel

```
regiongrowing(Image,Regions,5,5,6,100)
query_colored(Colors)
dev_set_colored(Colors[1])
dev_display (Regions)
```

Ergebnis

`query_colored` liefert immer den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`set_colored`, `set_color`, `disp_region`

Alternativen

`query_color`

Siehe auch

`set_colored`, `set_color`

Modul

Foundation

query_gray (: : WindowHandle : Grayval)

Abfragen der darstellbaren Graustufen.

`query_gray` gibt für das Ausgabefenster alle exakt reproduzierbaren Grauwerte aus, die bei der Darstellung von Grauwerten (`disp_image`) verwendet werden. Diese können bei dem Operator `set_gray` gesetzt werden.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Grayval** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Tupel der darstellbaren Graustufen.

Ergebnis

`query_gray` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`set_gray`, `disp_region`

Siehe auch

`set_gray`, `disp_image`

Modul

Foundation

query_line_width (: : : Min, Max)

Abfragen der möglichen Strichstärken.

query_line_width gibt an, wie dick (in Pixel) der Rand einer Region mindestens (Min) und höchstens (Max) dargestellt werden kann. Das Setzen der Randstärke erfolgt mit set_line_width und wird von Operationen wie disp_region, disp_line, disp_circle, disp_rectangle1, disp_rectangle2 etc. verwendet, falls der Zeichenmodus auf „Rand“ (set_draw(::WindowHandle,'margin':)) eingestellt ist.

Parameter

▷ **Min** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Darstellbare Mindeststärke.

▷ **Max** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Darstellbare Maximalstärke.

Ergebnis

query_line_width liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

get_line_width, set_line_width, set_line_style, disp_line

Siehe auch

disp_circle, disp_line, disp_rectangle1, disp_rectangle2, disp_region, set_line_width, get_line_width, set_line_style

Modul

Foundation

query_paint (: : WindowHandle : Mode)

Abfragen der Darstellungsmöglichkeiten für Grauwerte.

query_paint gibt für das Ausgabefenster die Namen aller Grauwertdarstellungsarten (z.B. 'gray', '3d_plot', etc.) aus. Diese können von dem Operator set_paint verwendet, d.h. aktiviert werden. query_paint gibt nur die Namen der Darstellungsarten, nicht aber die zusätzlichen Parameter (die bei einigen Arten festgelegt werden können) an.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Mode** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
Namen der Darstellungsmodi.

Ergebnis

query_paint liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

get_paint, set_paint, disp_image

Siehe auch

set_paint, get_paint, disp_image

Modul

Foundation

query_shape (: : : DisplayShape)

Abfragen der Darstellungsmodi für Regionen.

query_shape gibt für das Ausgabefenster die Namen aller Regionendarstellungsarten (z.B. 'original', 'circle', 'rectangle1', 'rectangle2', 'ellipse', etc.) aus. Diese können von dem Operator set_shape verwendet (d.h. aktiviert) werden.

Parameter

▷ **DisplayShape** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
Namen der Darstellungsmodi für Regionen.

Ergebnis

query_shape liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

get_shape, set_shape, disp_region

Siehe auch

set_shape, get_shape, disp_region

Modul

Foundation

set_color (: : WindowHandle, Color :)

Setzen der Ausgabefarbe(n).

set_color setzt für das Ausgabefenster die Farbe(n), in der die Regionen dargestellt werden sollen. Ein Tupel aller verfügbaren Farben kann mit dem Operator query_color abgefragt werden. Darüber hinaus kann Color auch über ein RGB-Tripel oder RGBA-Quadrupel in der Form *'#rrggbb'* bzw. *'#rrggbbaa'* gesetzt werden, wobei 'rr', 'gg', 'bb' und 'aa' jeweils hexadezimale Zahlen zwischen '00' und 'ff' sind. 'aa' ist der Alphawert der Farbe und kann genutzt werden, um transparente Regionen anzuzeigen.

Der Parameter Color kann eine einzelne Farbe oder ein Tupel mit bis zu 256 Farben enthalten. Wird eine einzige Farbe angegeben, dann erfolgen alle Ausgaben in dieser Farbe. Wird ein Tupel von Werten übergeben, dann erfolgt die Darstellung von Tupeln von Regionen und geometrischen Objekten modulo dieser Farben. Im Beispiel (s.u.) wird der erste Kreis in Rot, der zweite in einem transparenten Grün und der dritte wieder in Rot ausgegeben. Bei jedem Aufruf einer Ausgabeprozedur wird mit der ersten Farbe begonnen. Es ist dabei zu beachten, dass es auf die Anzahl der Objekte ankommt, die bei einem Aufruf ausgegeben werden sollen: Wird immer nur ein Objekt pro Aufruf ausgegeben, dann erfolgt dies immer in der ersten Farbe. Dies gilt auch für Objekte, die aus mehreren Zusammenhangskomponenten bestehen.

Die gesetzte(n) Farbe(n) werden so lange verwendet, bis erneut set_color, set_rgb, set_hsi oder set_gray aufgerufen wird.

Verwendet wird dieser Darstellungsparameter bei Operatoren wie disp_region,disp_line, disp_rectangle1, oder disp_arrow.

Color name	75% alpha	50% alpha	25% alpha
'black'	'#000000c0'	'#00000080'	'#00000040'
'white'	'#ffffffc0'	'#ffffff80'	'#ffffff40'
'red'	'#ff0000c0'	'#ff000080'	'#ff000040'
'green'	'#00ff00c0'	'#00ff0080'	'#00ff0040'
'blue'	'#0000ffc0'	'#0000ff80'	'#0000ff40'
'dim gray'	'#696969c0'	'#69696980'	'#69696940'
'gray'	'#bebebec0'	'#bebebe80'	'#bebebe40'
'light gray'	'#d3d3d3c0'	'#d3d3d380'	'#d3d3d340'
'cyan'	'#00ffffc0'	'#00ffff80'	'#00ffff40'
'magenta'	'#ff00ffc0'	'#ff00ff80'	'#ff00ff40'
'yellow'	'#ffff00c0'	'#ffff0080'	'#ffff0040'
'medium slate blue'	'#7b68eec0'	'#7b68ee80'	'#7b68ee40'
'coral'	'#ff7f50c0'	'#ff7f5080'	'#ff7f5040'
'slate blue'	'#6a5acdc0'	'#6a5acd80'	'#6a5acd40'
'spring green'	'#00ff7fc0'	'#00ff7f80'	'#00ff7f40'
'orange red'	'#ff4500c0'	'#ff450080'	'#ff450040'
'dark olive green'	'#556b2fc0'	'#556b2f80'	'#556b2f40'
'pink'	'#ffc0cbc0'	'#ffc0cb80'	'#ffc0cb40'
'cadet blue'	'#5f9ea0c0'	'#5f9ea080'	'#5f9ea040'
'goldenrod'	'#daa520c0'	'#daa52080'	'#daa52040'
'orange'	'#ffa500c0'	'#ffa50080'	'#ffa50040'
'gold'	'#ffd700c0'	'#ffd70080'	'#ffd70040'
'forest green'	'#228b22c0'	'#228b2280'	'#228b2240'
'cornflower blue'	'#6495edc0'	'#6495ed80'	'#6495ed40'
'navy'	'#000080c0'	'#00008080'	'#00008040'
'turquoise'	'#40e0d0c0'	'#40e0d080'	'#40e0d040'
'dark slate blue'	'#483d8bc0'	'#483d8b80'	'#483d8b40'
'light blue'	'#add8e6c0'	'#add8e680'	'#add8e640'
'indian red'	'#cd5c5cc0'	'#cd5c5c80'	'#cd5c5c40'
'violet red'	'#d02090c0'	'#d0209080'	'#d0209040'
'light steel blue'	'#b0c4dec0'	'#b0c4de80'	'#b0c4de40'
'medium blue'	'#0000cdc0'	'#0000cd80'	'#0000cd40'
'khaki'	'#f0e68cc0'	'#f0e68c80'	'#f0e68c40'
'violet'	'#ee82eec0'	'#ee82ee80'	'#ee82ee40'
'firebrick'	'#b22222c0'	'#b2222280'	'#b2222240'
'midnight blue'	'#191970c0'	'#19197080'	'#19197040'

Beispiele für mögliche Farbstrings

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Color** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Namen der Ausgabefarben.
Default: 'white'
Wertevorschläge: `Color` ∈ {'black', 'white', 'red', 'green', 'blue', 'cyan', 'magenta', 'yellow', 'dim gray', 'gray', 'light gray', 'medium slate blue', 'coral', 'slate blue', 'spring green', 'orange red', 'orange', 'dark olive green', 'pink', 'cadet blue', '#003075', '#e53019', '#ffb529', '#f28d26bb'}

Beispiel

```
set_color(WindowHandle, ['red', '#00ff00a0'])
disp_circle(WindowHandle, [100,200,300], [200,300,100], [100,100,100])
```

Ergebnis

`set_color` liefert den Wert 2 (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist und für dieses die angegebene Farbe(n) darstellbar sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`query_color`

Nachfolger

`disp_region`

Alternativen

`set_rgb`, `set_hsi`

Siehe auch

`get_rgb`, `disp_region`, `set_paint`

Modul

Foundation

set_colored (: : WindowHandle, NumberOfColors :)

Setzen einer bunten Ausgabe.

`set_colored` ist eine Kurzform für bestimmte `set_color` Aufrufe und dient z.B. dazu, eine Menge von Regionen in unterschiedlichen Farben darzustellen. `NumberOfColors` bestimmt die Anzahl von Farben, die dazu alternierend verwendet werden sollen. Zulässige Werte von `NumberOfColors` können mittels `query_colored` abgefragt werden.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **NumberOfColors** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Ausgabefarben.
Default: 12
Werteliste: `NumberOfColors` ∈ {3, 6, 12}

Ergebnis

`set_colored` liefert den Wert 2 (`H_MSG_TRUE`), falls der Parameter korrekt und das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

query_colored, set_color

Nachfolger

disp_region

Siehe auch

query_colored, set_color, disp_region

Modul

Foundation

set_contour_style (: : WindowHandle, Style :)

Setzen des Füllstils der Konturanzeige.

set_contour_style setzt den Füllstil der Konturanzeige. Dabei werden folgende Werte für Style unterstützt:

- *'stroke'*: Nur die Linie der Kontur wird gezeichnet
- *'fill'*: Die von der Kontur eingeschlossene Fläche wird ausgefüllt.
- *'stroke_and_fill'*: Die Linie der Kontur wird gezeichnet und die von ihr eingeschlossene Fläche ausgefüllt. Dies macht insbesondere bei größeren Liniendicken einen Unterschied, siehe set_line_width.

Bei allen Stilen wird die aktuelle Zeichenfarbe verwendet.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Style** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Füllstil der Konturanzeige.
Default: 'stroke'
Werteliste: Style ∈ {'stroke', 'fill', 'stroke_and_fill'}

Ergebnis

set_contour_style liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls der Wert für Style korrekt ist und das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

get_contour_style

Nachfolger

disp_xld, disp_obj

Siehe auch

get_contour_style, disp_xld, set_line_width, set_line_style

Modul

Foundation

set_draw (: : WindowHandle, Mode :)

Setzen des Ausfüllmodus für Regionen.

set_draw gibt an, ob Regionen ausgefüllt ('fill') oder nur der Rand ('margin') dargestellt werden soll. Der angegebene Wert wird dem Fenster mit der logischen Fensternummer WindowHandle zugeordnet. Die Ausgabe erfolgt mit Operatoren wie disp_region, disp_circle, disp_rectangle1, disp_rectangle2, disp_arrow etc. Der Ausfüllmodus ist auch bei der grafischen Darstellung von Grauwerten relevant. Falls der Modus auf 'margin' gesetzt ist, kann der Rand noch mit set_line_width und set_line_style beeinflusst werden.

Achtung

Falls der Modus 'margin' gewählt wurde und die Strichstärke größer als eins ist, werden manche Hohlflächen nicht ausgegeben.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Ausfüllmodus für Regionen.
  Default: 'fill'
  Werteliste: Mode ∈ {'fill', 'margin'}

Ergebnis

set_draw liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls der Parameter korrekt und das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

get_draw

Nachfolger

disp_region

Siehe auch

get_draw, disp_region, set_paint, disp_image, set_line_width, set_line_style

Modul

Foundation

set_gray (: : WindowHandle, GrayValues :)

Setzen eines Grauwertes für die Regionenausgabe.

set_gray gibt an, dass Regionen in bestimmten Grauwerten (GrayValues) dargestellt werden sollen. Unter einem Grauwert wird hier der Bereich der Farbtabelle verstanden, der für die Darstellung von Grauwertdaten (disp_image mit set_paint(::WindowHandle,'gray':)) verwendet wird. Hierbei handelt es sich um die Einträge der Farbtabelle, die von set_lut modifiziert werden. Unter einem „Grauwert“ ist die Farbe zu verstehen, in der ein Bildpunkt mit dem gleichen Wert dargestellt wird (was nicht notwendigerweise ein Grauton ist). Weiterhin ist zu beachten, dass sich die Farbe der Grafik, deren Aussehen mit set_gray festgelegt wurde, beim Laden einer neuen Farbtabelle i.A. ändern wird.

Wird ein Grauton als Grafikfarbe benötigt (d.h. keine Farbänderung durch set_lut), so kann dieser z.B. mit set_color(::WindowHandle,'gray':) gesetzt werden.

Wird ein einziger Grauwert angegeben, dann erfolgen alle Ausgaben in diesem Grauwert. Wird ein Tupel von Werten übergeben, dann erfolgt die Darstellung der Tupel von Regionen und geometrischen Objekten modulo

dieser Grauwerte. Der erste Kreis im Beispiel (s.u.) wird in dem Grauwert 100, der zweite in dem Grauwert 200 und der dritte wieder in dem Grauwert 100 ausgegeben. Bei jedem Aufruf einer Ausgabeprozedur wird mit dem ersten Grauwert begonnen. Es ist dabei zu beachten, dass es auf die Anzahl der Objekte ankommt, die bei einem Aufruf ausgegeben werden sollen: Wird immer nur ein Objekt pro Aufruf ausgegeben, dann erfolgt dies immer in dem ersten Grauwert. Dies gilt auch für Objekte, die aus mehreren Zusammenhangskomponenten bestehen.

Der Aufruf des Operators (`set_gray`, `set_color`, `set_rgb`, `set_hsi`) überschreibt die Werte, die vorher gesetzt wurden. Je nach Geräteeigenschaft können nicht alle Grauwerte dargestellt werden. Der Wertebereich des Parameters `GrayValues` (0..255) wird entsprechend auf die darstellbaren Graustufen abgebildet. In jedem Fall wird der Grauwert 0 als schwarz und der Grauwert 255 als weiß dargestellt. Mit dem Operator `query_gray` können die darstellbaren Grauwerte abgefragt werden. Mit dem Aufruf (`set_check(::'~color':)`) wird HALCON aufgefordert keine Fehlermeldung zu erzeugen, falls eine Grauwert verwendet wurde, der auf dem Bildschirm nicht darstellbar ist, sondern eine Näherung für diesen Wert zu suchen.

Parameter

▷ **`WindowHandle`** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **`GrayValues`** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Grauwerte für Regionendarstellung.
Default: 255
Wertevorschläge: `GrayValues` ∈ {0, 1, 2, 10, 16, 32, 64, 100, 120, 128, 250, 251, 252, 253, 254, 255}
Wertebereich: 0 ≤ `GrayValues` ≤ 255

Beispiel

```
set_gray(WindowHandle,[100,200])
disp_circle(WindowHandle,[100,200,300],[200,300,100],[100,100,100])
```

Ergebnis

`set_gray` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls der angegebene Grauwert darstellbar und das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`disp_region`

Siehe auch

`set_color`

Modul

Foundation

`set_hsi` (: : WindowHandle, Hue, Saturation, Intensity :)

Festlegen der Ausgabefarbe in der HSI-Kodierung.

`set_hsi` setzt für das Ausgabefenster die Farbe(n), bzw. die Grauwerte, in der Regionen dargestellt werden sollen. Die gewünschten Werte werden durch `Hue` (Farbwert), `Saturation` (Sättigung) und `Intensity` (Intensität) festgelegt. Die Umrechnung von HSI nach RGB erfolgt mit der Formel:

$$
\begin{array}{lcl}
H & = & (\texttt{Hue}/255.0) * 2\pi \\
S & = & (\texttt{Saturation}/255.0) * 2.0/\sqrt{6} \\
I & = & \texttt{Intensity} \\
 & & \\
M1 & = & S\cos(H)/\sqrt{6} * 255.0 \\
M2 & = & S\sin(H)/\sqrt{2} * 255.0 \\
 & & \\
Red & = & 2M1 + I \\
Green & = & -M1 + M2 + I \\
Blue & = & -M1 - M2 + I
\end{array}
$$

Der Wertebereich wird auf 0 bis 255 begrenzt.

Wird nur eine Kombination angegeben, dann erfolgen alle Ausgaben in dieser Farbe. Wird ein Tupel von Werten übergeben, dann erfolgt die Darstellung von Tupeln von Region und geometrischen Objekten modulo dieser Farben. Bei jedem Aufruf einer Ausgabeprozedur wird mit der ersten Farbe begonnen. Es ist dabei zu beachten, dass es auf die Anzahl der Objekte ankommt, die bei einem Aufruf ausgegeben werden sollen: Wird immer nur ein Objekt pro Aufruf ausgegeben, dann erfolgt dies immer in der ersten Farbe. Dies gilt auch für Objekte die aus mehreren Zusammenhangskomponenten bestehen.

Die gesetzte Farbe(n) werden so lange verwendet, bis erneut `set_color`, `set_rgb` oder `set_gray` aufgerufen wird. Verwendet wird dieser Darstellungsparameter bei Operatoren wie `disp_region`, `disp_line`, `disp_rectangle1`, `disp_rectangle2`, `disp_arrow`, etc. Die Farbe wird aber auch bei der grafischen Darstellung von Grauwerten verwendet (z.B.: *'3d_plot'*, etc.; siehe hierzu `set_paint`).

Achtung

Die Farben werden intern als RGB Tripel gespeichert. Manche HSI Tripel können nicht durch ein gültiges RGB Tripel (im Bereich 0..255) repräsentiert werden. In diesem Fall wird die der gewünschten Farbe nächste repräsentierbare Farbe verwendet.

Parameter

- ▷ **`WindowHandle`** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **`Hue`** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Farbwert der aktuellen Zeichenfarbe.
  Default: 30
  Wertebereich: $0 \leq$ `Hue` ≤ 255
- ▷ **`Saturation`** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Sättigung der aktuellen Zeichenfarbe.
  Default: 255
  Wertebereich: $0 \leq$ `Saturation` ≤ 255
- ▷ **`Intensity`** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Intensität der aktuellen Zeichenfarbe.
  Default: 84
  Wertebereich: $0 \leq$ `Intensity` ≤ 255

Ergebnis

`set_hsi` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist und für dieses die angegebene Farbe(n) darstellbar sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`get_hsi`

Nachfolger

`disp_region`

Siehe auch

get_hsi, trans_from_rgb, trans_to_rgb, disp_region

Modul

Foundation

set_icon (Icon : : WindowHandle :)

Setzen eines Icons für die Regionenausgabe.

set_icon setzt ein Icon, das bei der Ausgabe von Regionen (disp_region) im Schwerpunkt der Region dargestellt werden soll. Die Verwendung dieses Icons wird durch set_shape aktiviert.

Parameter

- ▷ **Icon** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Icon für Schwerpunkt.
- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.

Beispiel

```
/* draw a region and an icon */
T_draw_region(&Region,WindowHandle);
T_draw_region(&Icon,WindowHandle);
set_icon(Icon);
create_tuple_s(&icon,"icon");
T_set_shape(WindowHandle,icon);
destroy_tuple(icon);
T_disp_region(Region,WindowHandle);
```

Ergebnis

set_icon liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls genau eine Region übergeben wird. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_circle, gen_ellipse, gen_rectangle1, gen_rectangle2, draw_region

Nachfolger

set_shape, disp_region

Modul

Foundation

set_line_style (: : WindowHandle, Style :)

Festlegen des Musters für die Konturdarstellung.

set_line_style gibt an, wie der Rand einer Region oder XLD Konturen dargestellt werden soll. Diese Information wird von Operatoren wie disp_region, disp_line, disp_polygon etc. benötigt. Der aktuell eingestellte Wert kann mit dem Operator get_line_style abgefragt werden. Konkret enthält Style (derzeit maximal fünf) Zahlenpaare. Der erste Wert ist jeweils die Länge des sichtbaren Konturstücks, der zweite die Länge des darauf folgenden Zwischenraums. Die Zahlenpaare werden für die Ausgabe einer Kontur zyklisch herangezogen.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Style** (input_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Muster der Kontur.
Default: []
Wertebereich: $1 \leq$ `Style` ≤ 120

Beispiel

```
* stroke line: X-Windows
set_line_style(WindowHandle,[20,7])
* point-stroke line: X-Windows
set_line_style(WindowHandle,[20,7,3,7])
* passing line (standard)
set_line_style(WindowHandle,[])
```

Ergebnis

`set_line_style` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls der Parameter korrekt und das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`get_line_style`

Nachfolger

`disp_region`

Siehe auch

`get_line_style`, `set_line_approx`, `disp_region`

Modul

Foundation

set_line_width (: : WindowHandle, Width :)

Festlegen der Strichstärke für die Konturdarstellung.

`set_line_width` gibt an, wie dick (in Pixel) der Rand einer Region dargestellt werden soll. Die Darstellung erfolgt mit Operatoren wie `disp_region`, `disp_line`, `disp_polygon`, etc. Mit dem Operator `get_line_width` kann der Ausgabeparameter für das Ausgabefenster abgefragt werden. Nicht bei allen Geräten besteht die Möglichkeit die Randstärke zu verändern. Dies kann mit dem Operator `query_line_width` abgefragt werden.

Achtung

Die Strichstärke ist nur von Bedeutung, falls der Modus `set_draw(::WindowHandle,'margin':)` eingestellt wurde. Falls die Strichstärke größer als 1 ist, können Hohlflächen von Regionen nicht immer korrekt ausgegeben werden.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Width** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Strichstärke für Konturdarstellung.
Default: 1.0
Restriktion: Width >= 1.0 && Width <= 2000.0

Ergebnis

`set_line_width` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls der Parameter korrekt ist und das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`query_line_width`, `get_line_width`

Nachfolger

`disp_region`

Siehe auch

`get_line_width`, `query_line_width`, `set_draw`, `disp_region`

Modul

Foundation

set_paint (: : WindowHandle, Mode :)

Festlegen des Modus für die Darstellung von Grauwerten.

`set_paint` setzt den Modus des Ausgabefensters für die Darstellung von Grauwerten (ein- oder mehrkanalig), der von `disp_obj`, `disp_image` und `disp_color` verwendet werden.

Verschiedene Bildtypen und ihr möglicher Einfluss auf `Mode`:

- Graubilder können auch als 3D-Höhenmodell aufgefasst werden. Hierzu steht eine 3D-Darstellung mit *'3d_plot'* zur Verfügung.
- Dreikanalige Bilder werden als RGB-Daten interpretiert.
- Vektorfeldbilder werden als Vektorfelder ausgegeben (*'vector_field'*).

In den meisten Fällen ist `Mode` *'default'* die richtige Wahl.

Je nach ausgewähltem Modus erlaubt `Mode` ein Tupel als Wert. In diesen Fällen sind folgende Eingaben möglich:

- Es wird nur der Name des Modus angegeben. Hier werden die Voreinstellungen oder die zuletzt gesetzten Werte verwendet.
  Beispiel: `set_paint(WindowHandle,'3d_plot')`
- Es werden alle Werte übergeben. Hierdurch ist es möglich alle Eigenschaften der Ausgabe festzulegen.
  Beispiel: `set_paint(WindowHandle, ['3d_plot', 'shaded', 8, 0.939, -0.052, 0.296, -0.165, 0.401, 0.072, -0.047, -0.073])`
- Nur die ersten n Werte werden angeben. Hierbei werden die nicht angegebenen Werte nicht verändert.
  Beispiel: `set_paint(WindowHandle,['3d_plot', 'texture'])`
- Einige der Werte werden durch einen Stern ersetzt ('*'). Dies bedeutet, dass dieser Wert nicht verändert werden soll.
  Beispiel: `set_paint(WindowHandle, ['3d_plot', '*', 8])`

Ist der Modus *'default'* gewählt, dann muss für die Ausgabe von 2- und 3-kanaligen Bildern kein Aufruf von `set_paint` erfolgen. Es wird dann automatisch ein geeignetes Verfahren aufgerufen.

Die Ausgabe der Grauwerte wird auch von anderen Operatoren (und deren Parametern) beeinflusst. Dies sind insbesondere `set_part`, `set_part_style` und `set_lut`. Bei einigen Ausgabemodi von `set_paint` werden die Grauwerte grafisch dargestellt (z.B. *'3d_plot'*). Dies hat zur Folge, dass auch Parameter, die mit `set_color`, `set_rgb`,`set_hsi`, `set_shape` und `set_line_width` bestimmt wurden, Einfluss auf die Darstellung haben. Sollten also unerwartete Ergebnisse erscheinen, so sind die Werte der Darstellungsparameter für Regionen zu überprüfen.

Alle verfügbaren Modi können mit dem Operator `query_paint` abgefragt werden. Mögliche Werte für `Mode`:

'default' Optimale Grauwertdarstellung bei gegebener Hardware (Defaultwert). Das Verhalten ist abhängig von der Anzahl Kanäle des Eingabebildes:

- Einkanalige Bilder: Darstellung des einzigen Kanals.
- Zweikanalige Bilder: Darstellung des ersten Kanals.
- Dreikanalige Bilder: Ausgabe als RGB-Bild.

['3d_plot', Mode, Step, qa, qb, qc, qd, ZoomFac, CenterRow, CenterCol, CenterHeight] Die Grauwerte des Bildes werden als 3D-Höhenmodell interpretiert und mit Hilfe von OpenGL angezeigt. Bedeutung der einzelnen Parameter:

- *'Mode'*: Legt fest, auf welche Weise das Höhenmodell angezeigt werden soll. Folgende Modi stehen zur Verfügung:
  - *'texture'*: Das Höhenmodell wird als geschlossene Fläche dargestellt und texturiert. Die Textur wird als zweiter Kanal (für eine Grauwerttextur) oder als zweiter bis vierter Kanal (für eine Farbtextur) übergeben.
  - *'shaded'*: Das Höhenmodell wird als geschlossene Fläche dargestellt und mit der aktuellen LUT koloriert.
  - *'hidden_lines'*: Das Höhenmodell wird als Gitter dargestellt, wobei verdeckte Linien nicht dargestellt werden. Das Gitter wird mit der aktuellen LUT koloriert.
  - *'contour_lines'*: Höhenlinien werden extrahiert und dreidimensional dargestellt. Die Höhenlinien werden mit der aktuellen LUT koloriert.
- *'Step'*: Schrittweite, mit der das Bild sowohl in Zeilen- als auch in Spaltenrichtung abgetastet wird. Je kleiner dieser Parameter gewählt wird, desto feiner ist das resultierende Höhenmodell. In gleichem Maße nimmt die Berechnungszeit für die Anzeige zu. Im Falle von *'contour_lines'* entspricht dieser Parameter der Anzahl der Intervalle in die der Höhenbereich aufgeteilt wird.
- *'qa'*, *'qb'*, *'qc'*, *'qd'*: Die vier Werte eines Einheitsquaternion, welches die Orientierung des Höhenmodells beschreibt (für mehr Informationen über Quaternionen, siehe `axis_angle_to_quat`).
- *'ZoomFac'*: Zoomfaktor, wobei ein kleinerer Wert zu stärkerem Zooming führt.
- *'CenterRow'*, *'CenterCol'*, *'CenterHeight'*: Position des aktuellen Zentrums, definiert über die Zeilen, Spalten und Höhenposition. Diese Werte müssen auf den Bereich [*-0.5*,*0.5*] skaliert sein.

Automatische Parameterabschätzung: Der Wert von *'qa'* (vierter Wert des Tupels) oder *'ZoomFac'* (achter Wert des Tupels) kann auf *'auto'* gesetzt werden. Damit werden der Zoomfaktor und das Zentrum automatisch so bestimmt, dass der resultierende Plot das Fenster möglichst gut ausfüllt. Beim Setzen von *'qa'* auf *'auto'* wird die vorherige (bzw. die vorgegebene) Orientierung verwendet. Beim Setzen von *'ZoomFac'* auf *'auto'* wird die angegebene Orientierung verwendet. Es ist wichtig, dass der Bildausschnitt des Fensters mittels `set_part` korrekt gesetzt wurde, bevor `set_paint` aufgerufen wird. Es ist nicht möglich, nach *'auto'* noch Parameter im Tupel anzugeben. Außerdem funktioniert *'auto'* nur dann richtig, wenn *'scale_plot'* mittels `set_window_param` auf *'true'* gesetzt wurde.

Beispiel: `set_paint(WindowHandle, ['3d_plot','shaded',4,'auto'])`

Diese Darstellung erlaubt auch interaktives Betrachten des Höhenmodells. Für eine interaktive Anzeige muss die Grafikkarte genügend leistungsfähig sein und OpenGL unterstützen. Der Operator `update_window_pose` bietet einen intuitiven Weg, um obige Parameter des Höhenmodells beispielsweise mit Hilfe der Maus zu verändern.

Mit den Operatoren `set_rgb`, `set_color` und `set_colored` können die Farben für die Zeilen-, Spalten- und Höhenachse (in dieser Reihenfolge) beeinflusst werden.

Zusätzliche Parameter, die den 3D-Plot beeinflussen, können mit `set_window_param` gesetzt werden.

Falls Sie *'3d_plot'* auf einem unixartigen System nutzen wollen, muss sichergestellt sein, dass Sie ausreichende Rechte für ihre Grafikkarte besitzen.

Restriktion: Nur für einkanalige Bilder.

Default: *['3d_plot', 'shaded', 8, 0.939, -0.052, 0.296, -0.165, 0.401, 0.072, -0.047, -0.073]*

['vector_field', Mode, Step, MinLength, ScaleLength, CircleSize] Ausgabe von Vektorfeldern. Bei `Mode` *'vector_field'* wird für jeden Vektor ein Kreis an der Position des Pixels sowie eine Strecke mit dem Vektor gezeichnet. Bedeutung der einzelnen Parameter:

- *'Mode'*: Sagt aus ob die visualisierten Vektorfelder absolute oder relative Koordinaten beinhalten. Mögliche Werte:
  - *'auto'*: Die Visualisierung ist abhängig vom semantischen Typ des Vektorfeldes.

  - *'absolute'*: Anzeigen von Vektorfeldern mit absoluten Koordinaten.
  - *'relative'*: Anzeigen von Vektorfeldern mit relativen Koordinaten.
- *'Step'*: Schrittweite beim Darstellen der Vektoren, d.h., Abstand zwischen den visualisierten Vektoren.
- *'MinLength'*: Minimale Länge die ein Vektor aufweisen muss um dargestellt zu werden.
- *'ScaleLength'*: Skaliert die Länge der Vektoren.
- *'CircleSize'*: Radius der dargestellten Kreise.

Es ist zu beachten, dass das Setzen von *'vector_field'* lediglich die Parameter *'Mode'*, *'Step'*, *'MinLength'*, *'ScaleLength'* und *'CircleSize'* ändert, jedoch nicht den tatsächlichen Anzeigemodus.

Vektorfeldbilder werden immer als Vektorfelder ausgegeben, unabhängig davon, welcher Modus mit `set_paint` eingestellt worden ist.

Beispiel: `set_paint(WindowHandle,['vector_field','auto',16,2,3,5])`

Dies resultiert in der Ausgabe jedes 16. Vektors der eine Länge von mindestens 2 Punkten hat. Jeder Vektor wird für die Darstellung um den Faktor 3 verlängert.

Restriktion: Nur für Vektorfeldbilder.

Parameter

▷ **`WindowHandle`** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **`Mode`** (input_control) ..... string-array ⇝ *string* / integer / real
Name des Grauwertmodus, eventuell mit Parameter.
Default: 'default'
Werteliste: `Mode` ∈ {'default', '3d_plot', 'vector_field'}

Ergebnis

`set_paint` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls der Parameter korrekt und das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`query_paint`, `get_paint`

Nachfolger

`disp_image`

Siehe auch

`get_paint`, `query_paint`, `disp_image`, `set_shape`, `set_rgb`, `set_color`, `set_gray`, `set_window_param`, `update_window_pose`

Modul

Foundation

`set_part ( : : WindowHandle, Row1, Column1, Row2, Column2 : )`

Verändern des darzustellenden Bildausschnitts.

`set_part` verändert den Bildausschnitt, der im Ausgabefenster dargestellt wird. (`Row1`,`Column1`) bezeichnet dabei den linken oberen und (`Row2`,`Column2`) den rechten unteren Eckpunkt des Ausschnitts. Er wird von allen Ausgaberoutinen sowohl für Grauwerte `disp_image`, `disp_color` als auch für Regionen (`disp_region`) beachtet.

Ist nur ein Teil eines Bildes darzustellen, wird dieser Ausschnitt auf die volle Fenstergröße vergrößert. Die dafür eingesetzte Interpolationsmethode kann mittels `set_part_style` eingestellt werden. Die Daten des Bildausschnitts liefert der Operator `get_part`. Wird die Fenstergröße an die Größe des anzuzeigenden Bildteils angepasst, verhindert dies eine Verlangsamung der Anzeige durch notwendige Interpolationen. Daher ist das Fenster vorzugsweise gleich groß wie der anzuzeigende Bildteil, oder ansonsten halb so groß, ein Viertel so groß, etc.

Neben dem direkten Setzen des Bildausschnitts werden die folgenden Sonderfälle unterstützt:

Row1 = **Column1** = **Row2** = **Column2** = *-1*: Der Bildausschnitt entspricht genau der Fenstergröße, d.h. das Bild wird nicht gezoomt, gegebenenfalls aber abgeschnitten.

Row1, **Column1** > *-1* **und** **Row2** = **Column2** = *-1*: Der Bildausschnitt entspricht der Größe des letzten dargestellten Bildes, d.h. das letzte Bild wird vollständig in dem Fenster dargestellt und dafür gegebenenfalls gezoomt.

Row1 = **Column1** = *0* **und** **Row2** = **Column2** = *-2*: Der Bildausschnitt wird so angepasst, dass das letzte dargestellte Bild vollständig in das Fenster passt, wobei das Seitenverhältnis des Bildes erhalten bleibt. Dafür wird das Bild gegebenenfalls gezoomt.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Row1** (input_control) ..... rectangle.origin.y ⇝ *integer* / real
Zeilennummer des linken oberen Eckpunkts des Bildausschnitts.
Default: 0

▷ **Column1** (input_control) ..... rectangle.origin.x ⇝ *integer* / real
Spaltennummer des linken oberen Eckpunkts des Bildausschnitts.
Default: 0

▷ **Row2** (input_control) ..... rectangle.corner.y ⇝ *integer* / real
Zeilennummer des rechten unteren Eckpunkts des Bildausschnitts.
Default: -1
Restriktion: Row2 >= Row1 || Row2 == -1 || Row1 == 0 && Row2 == -2

▷ **Column2** (input_control) ..... rectangle.corner.x ⇝ *integer* / real
Spaltennummer des rechten unteren Eckpunkts des Bildausschnitts
Default: -1
Restriktion: Column2 >= Column1 || Column2 == -1 || Column1 == 0 && Column2 == -2

Beispiel

```
get_system('width',Width)
get_system('height',Height)
set_part(WindowHandle,0,0,Height-1,Width-1)
disp_image(Image,WindowHandle)
draw_rectangle1(WindowHandle,Row1,Column1,Row2,Column2)
set_part(WindowHandle,Row1,Column1,Row2,Column2)
disp_image(Image,WindowHandle)
```

Ergebnis

`set_part` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`get_part`

Nachfolger

`set_part_style`, `disp_image`, `disp_region`

Alternativen

`affine_trans_image`

Siehe auch

`get_part`, `set_part_style`, `disp_region`, `disp_image`, `disp_color`

Modul

Foundation

set_part_style (: : WindowHandle, Style :)

Festlegen des Interpolationsmethode für die Grauwertdarstellung.

set_part_style legt die Interpolationsmethode fest, die für die Ausgabe eines Bildausschnittes im Ausgabefenster verwendet werden soll. Interpoliert werden muss immer dann, wenn das Ausgabefenster größer oder kleiner als das Bildformat bzw. als der mittels set_part eingestellte Bildausschnitt für die Ausgabe ist. Der Parameter wird also auch verwendet, wenn mit set_part kein Ausschnitt gesetzt wurde, aber das Bild für die Ausgabe verkleinert oder vergrößert werden muss (wegen der Größe des Fenster). Derzeit werden drei Modi (Style) unterstützt:

0 keine Interpolation (eventuell niedrigere Qualität, sehr schnell).

1 ungewichtete Interpolation zwischen den Grauwerten (mittlere Qualität und Laufzeit).

2 gewichtete Interpolation zwischen den Grauwerten (höchste Qualität, langsam).

Die aktuelle Einstellung kann mittels get_part_style abgefragt werden.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Style** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Interpolationsmethode für die Bildschirmdarstellung: 0 (schnell,niedrige Qualität) bis 2 (langsam, höchste Qualität).
Default: 0
Werteliste: Style ∈ {0, 1, 2}

Ergebnis

set_part_style liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls der Parameter korrekt und das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

get_part_style

Nachfolger

set_part, disp_image, disp_region

Alternativen

affine_trans_image

Siehe auch

get_part_style, set_part, disp_image, disp_color

Modul

Foundation

set_rgb (: : WindowHandle, Red, Green, Blue :)

Setzen der Ausgabefarbe durch RGB-Werte.

set_rgb setzt für das Ausgabefenster die Farbe(n), bzw. die Grauwerte, in der die Regionen dargestellt werden sollen. Die gewünschten Werte werden durch die drei Farbanteile: rot, grün und blau festgelegt. Wird nur eine Kombination angegeben, dann erfolgen alle Ausgaben in dieser Farbe. Wird ein Tupel von Werten übergeben, dann erfolgt die Darstellung von Tupeln von Regionen und geometrischen Objekten modulo dieser Farben.

Bei jedem Aufruf einer Ausgabeprozedur wird mit der ersten Farbe begonnen. Es ist dabei zu beachten, dass es auf die Anzahl der Objekte ankommt, die bei einem Aufruf ausgegeben werden sollen. Wird immer nur ein

Objekt pro Aufruf ausgegeben, dann erfolgt dies immer in der ersten Farbe. Dies gilt auch für Objekte, die aus mehreren Zusammenhangskomponenten bestehen. Die gesetzte(n) Farbe(n) wird so lange verwendet, bis erneut set_color, set_rgb oder set_gray aufgerufen wird. Verwendet wird dieser Darstellungsparameter bei Operatoren wie disp_region, disp_line, disp_rectangle1, disp_rectangle2, disp_arrow, etc.

Achtung

Falls die angegebene Farbe nicht verfügbar ist, führt dies zu einer Exception. Nach dem Aufruf von set_check (::'~color':) sucht HALCON die nächste Farbe zu der angegebenen und unterdrückt den Fehler.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Red** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Rotanteil der Farbe.
  Default: 255
  Wertebereich: $0 \leq$ Red ≤ 255
- ▷ **Green** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Grünanteil der Farbe.
  Default: 0
  Wertebereich: $0 \leq$ Green ≤ 255
- ▷ **Blue** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Blauanteil der Farbe.
  Default: 0
  Wertebereich: $0 \leq$ Blue ≤ 255

Ergebnis

set_rgb liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist und für dieses die angegebene(n) Farbe(n) darstellbar sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

disp_image, disp_region

Alternativen

set_hsi, set_color, set_gray

Siehe auch

disp_region

Modul

Foundation

set_rgba (: : WindowHandle, Red, Green, Blue, Alpha :)

Setzen der Ausgabefarbe durch RGBA-Werte.

set_rgba setzt für das Ausgabefenster die Farbe(n), bzw. die Grauwerte, in der die Regionen dargestellt werden sollen. Die gewünschten Werte werden durch die drei Farbanteile: rot, grün und blau und den Alphawert festgelegt. Wird nur eine Kombination angegeben, dann erfolgen alle Ausgaben in dieser Farbe. Wird ein Tupel von Werten übergeben, dann erfolgt die Darstellung von Tupeln von Regionen und geometrischen Objekten modulo dieser Farben.

Bei jedem Aufruf einer Ausgabeprozedur wird mit der ersten Farbe begonnen. Es ist dabei zu beachten, dass es auf die Anzahl der Objekte ankommt, die bei einem Aufruf ausgegeben werden sollen. Wird immer nur ein Objekt pro Aufruf ausgegeben, dann erfolgt dies immer in der ersten Farbe. Dies gilt auch für Objekte, die aus mehreren Zusammenhangskomponenten bestehen. Die gesetzte(n) Farbe(n) wird so lange verwendet, bis erneut set_color,

set_rgb, set_rgba oder set_gray aufgerufen wird. Verwendet wird dieser Darstellungsparameter bei Operatoren wie disp_region, disp_line, disp_rectangle1, disp_rectangle2, disp_arrow, etc.

Achtung

set_rgba benötigt die Bibliothek libcanvas, die auf Embedded-Systemen möglicherweise nicht verfügbar ist.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Red** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Rotanteil der Farbe.
  Default: 255
  Wertebereich: 0 ≤ Red ≤ 255
  Restriktion: 0 <= Red && Red <= 255
- ▷ **Green** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Grünanteil der Farbe.
  Default: 0
  Wertebereich: 0 ≤ Green ≤ 255
  Restriktion: 0 <= Green && Green <= 255
- ▷ **Blue** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Blauanteil der Farbe.
  Default: 0
  Wertebereich: 0 ≤ Blue ≤ 255
  Restriktion: 0 <= Blue && Blue <= 255
- ▷ **Alpha** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Alphawert der Farbe.
  Default: 255
  Wertebereich: 0 ≤ Alpha ≤ 255
  Restriktion: 0 <= Alpha && Alpha <= 255

Ergebnis

set_rgba liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist und alle Farben verfügbar sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

disp_obj

Alternativen

set_rgb, set_color

Modul

Foundation

set_shape (: : WindowHandle, Shape :)

Festlegen der Ausgabeform für Regionen.

set_shape gibt die Gestalt an, in der Regionen gezeichnet werden sollen. Der angegebene Wert wird dem Fenster mit der logischen Fensternummer WindowHandle zugeordnet. Die Ausgabe von Regionen erfolgt mit disp_region. Alle verfügbaren Darstellungsarten können mit query_shape abgefragt werden. Modi:

'original': Die Form wird unverändert ausgegeben. Dabei können trotzdem Modifikationen durch Parameter wie set_line_width verursacht werden (die gilt genauso für die anderen Modi).

'outer_circle': Jede Region wird durch den kleinsten, umschließenden Kreis dargestellt. Siehe: `smallest_circle`.

'inner_circle': Jede Region wird durch den größten Umkreis dargestellt. Siehe: `inner_circle`.

'ellipse': Jede Region wird durch eine Ellipse mit gleichen Momenten und Orientierung angenähert. Siehe: `elliptic_axis`.

'rectangle1': Jede Region wird durch das kleinste umschließende Rechtecke, parallel zu den Koordinatenachsen dargestellt. Siehe: `smallest_rectangle1`.

'rectangle2': Jede Region wird durch das kleinste umschließende Rechteck dargestellt. Siehe: `smallest_rectangle2`.

'convex': Es wird die konvexe Hülle jeder Region ausgegeben. Siehe: `shape_trans`.

'icon': Es wird ein Icon, das mit `set_icon` gesetzt wurde, im Schwerpunkt der Region ausgegeben.

Achtung

Wird ein anderer Operator als `disp_region` verwendet, dann dürfte die Ausgabe zu verblüffenden Ergebnissen führen.

Parameter

▷ **`WindowHandle`** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **`Shape`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art der Regionenausgabe.
Default: 'original'
Werteliste: `Shape` ∈ {'original', 'convex', 'outer_circle', 'inner_circle', 'rectangle1', 'rectangle2', 'ellipse', 'icon'}

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
regiongrowing(Image,Seg,5,5,6,100)
set_colored(WindowHandle,12)
set_shape(WindowHandle,'rectangle2')
disp_region(Seg,WindowHandle)
```

Ergebnis

`set_shape` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls der Parameter korrekt und das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`set_icon`, `query_shape`, `get_shape`

Nachfolger

`disp_region`

Siehe auch

`get_shape`, `query_shape`, `disp_region`

Modul

Foundation

`set_window_param` (: : `WindowHandle`, `Param`, `Value` :)

Setzen von Fensterparametern.

Mit set_window_param können verschieden Parameter eines geöffneten Fensters verändert werden.

Allgemeine Fensterparameter:

'flush' Ist *'flush'* auf *'true'* gesetzt, wird der Fensterinhalt nach Anzeige jedes Objektes aktualisiert. Ist es auf *'false'* gesetzt, muss der Fensterinhalt explizit mit dem Operator flush_buffer aktualisiert werden. Wenn Sie mit dem Inhalt des Grafikfensters interagieren wollen (z. Bsp. den Inhalt zoomen oder bewegen), müssen Sie vorher *'flush'* auf *'true'* setzen.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'true'*.

'region_quality' Beeinflusst die Qualität der Anzeige von Regionen. Besonders wenn Regionen für die Visualisierung verkleinert werden müssen, liefert *'good'* ein genaueres und ansprechenderes Ergebnis. *'low'* ist in diesem Fall etwas ungenauer, dafür aber deutlich schneller. Wird nur der Rand von Regionen dargestellt (siehe set_draw), wird der Nachkommaanteil der Linienbreite (siehe set_line_width) ignoriert.

Werteliste: *'low'*, *'good'*.

Default: *'low'*.

'background_color' Setzt die Hintergrundfarbe des Fensters WindowHandle. Der Operator clear_window benutzt diese Farbe, um das Fenster zu leeren.

Wertevorschläge: ein String mit dem Namen einer Farbe (z.B. *'black'*).

'window_title' Dieser Parameter erlaubt es, den Text in der Titelzeile eines HALCON Fensters zu ändern.

Beachten Sie, dass Sie *'window_title'* nicht für Pufferfenster setzen können. Diese Einschränkung gilt auch für HDevelop-Fenster, d.h. Fenster, die über dev_open_window geöffnet werden und die tatsächlich Pufferfenster sind.

Wertebereich: ein String mit bis zu 1023 Zeichen.

'anti_aliasing' Ist *'anti_aliasing'* auf *'true'* gesetzt, werden Konturen und Regionen mit Antialiasing dargestellt.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'true'*.

'graphics_stack' Aktiviert/deaktiviert den Grafikstack des Fensters. Ist der Stack aktiviert, werden beim Ändern des Fensterausschnitts mit set_part vorher dargestellte Objekte unter Berücksichtigung des neuen Fensterausschnitts nochmals gezeichnet. Damit ist es einfach möglich den Fensterinhalt zu skalieren oder zu verschieben. Dieser Parameter hat keinen Einfluss auf den Grafikstack eines HDevelop Grafikfensters.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'false'*.

'graphics_stack_max_element_num' Maximale Anzahl von Elementen im Grafikstack. Das entspricht der Anzahl der Visualisierungsoperationen die im Stack gespeichert werden. Dieser Parameter hat keinen Einfluss auf den Grafikstack eines HDevelop Grafikfensters und ist erst beim Aufruf des nächsten Visualisierungsoperators wirksam.

Wertevorschläge: positive Anzahl oder *'unlimited'*.

Default: *50*.

'graphics_stack_max_memory_size' Limitiert den Speicher, welchen der Grafikstack verbraucht. Wird dieses Limit überschritten werden ältere Visualisierungsoperationen aus dem Stack entfernt. Dieser Parameter hat keinen Einfluss auf den Grafikstack eines HDevelop Grafikfensters und ist erst beim Aufruf des nächsten Visualisierungsoperators wirksam.

Wertevorschläge: Speichergrenze in Bytes oder *'unlimited'*.

Default: *'unlimited'*.

'pixel_grid_enable' Aktiviert/deaktiviert das Pixelgitter. Ist das Pixelgitter aktiviert, wird ab einer ausreichend starken Vergrößerung des Bildausschnittes ein Gitter um die dargestellten Pixel gezeichnet (siehe *'pixel_grid_min_resolution'*). Dieser Parameter ist erst wirksam sobald der Fensterinhalt aktualisiert wird.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'false'*.

Restriktion: Hat keinen Effekt, wenn die HDevelop Option Pixel Grid aktiviert ist.

'pixel_grid_min_resolution' Gibt die minimal notwendige Auflösung eines Pixels im Grafikfenster an, welche notwendig ist, damit das Pixelgitter gezeichnet wird. Dieser Parameter zeigt nur Wirkung, wenn *'pixel_grid_enable'* auf *'true'* gesetzt worden ist. Angenommen dieser Wert wird auf *20* gesetzt, dann wird das

Pixelgitter sichtbar, sobald ein Pixel des dargestellten Bildausschnittes mindestens *20* x *20* Pixel im Grafikfenster einnimmt. Außerdem ist dieser Parameter erst wirksam sobald der Fensterinhalt aktualisiert wird.

Wertevorschläge: Positive ganze Zahl (Integer).

Default: *20*.

'pixel_grid_color' Gibt die Farbe der Linien des Pixelgitters an. Dieser Parameter zeigt nur Wirkung, wenn *'pixel_grid_enable'* auf *'true'* gesetzt worden ist. Außerdem ist dieser Parameter erst wirksam sobald der Fensterinhalt aktualisiert wird.

Wertevorschläge: Farbwert, siehe `set_color` für eine Übersicht.

Default: *'#696969c0'*.

Restriktion: Hat keinen Effekt, wenn die HDevelop Option `Pixel Grid` aktiviert ist.

'pixel_grid_line_width' Legt die Strichstärke in Pixeln fest, die zur Darstellung der Linien des Pixelgitters verwendet wird. Dieser Parameter zeigt nur Wirkung, wenn *'pixel_grid_enable'* auf *'true'* gesetzt worden ist. Außerdem ist dieser Parameter erst wirksam sobald der Fensterinhalt aktualisiert wird.

Wertebereich: [*1.0*, *2000.0*].

Default: *1.0*.

Parameter die den *'3d_plot'* Plot (siehe `set_paint`) betreffen:

'angle_of_view' Setzt den Öffnungswinkel der virtuellen Kamera, die für das Anzeigen des 3D-Plots verwendet wird. Der Winkel muss im Bogenmaß angegeben werden und im Intervall $[0, PI)$ liegen. Ein Winkel von 0 entspricht der Orthogonalprojektion. Es kann auch der String *'orthogonal'* übergeben werden, um Orthogonalprojektion auszuwählen.

Wertevorschläge: *'orthogonal'* oder ein Winkel im Bogenmaß.

Default: *1.22173* (entspricht 70 Grad).

'axis_captions' Die Beschriftungen der Zeilen-, Spalten- und Höhenachse können gesetzt werden, indem diesem Parameter ein Tupel aus drei Strings übergeben wird. Die Reihenfolge der Strings ist Zeilenbeschriftung, Spaltenbeschriftung und Höhenbeschriftung.

Wertebereich: Tupel aus Strings mit bis zu 31 Zeichen.

Default: *[' ',' ',' ']*.

'caption_color' Die Farbe der Beschriftungen der Zeilen-, Spalten- und Höhenachse. Es kann entweder eine Farbe für alle drei Achsen oder ein Tupel mit individuellen Farben für jede Achse übergeben werden.

Wertevorschläge: ein String oder ein Tupel mit drei Strings mit dem Namen einer Farbe (z.B. *'black'*).

Default: *'black'*.

'plot_quality' Beeinflusst die Qualität des 3D Plots. Abhängig von der Leistungsfähigkeit der Grafikkarte kann bessere Qualität zu einem signifikanten Anstieg der benötigten Rechenzeit für den 3D Plot führen.

Werteliste: *'low'*, *'medium'*, *'good'*, *'best'*.

Default: *'medium'*.

'scale_plot' Ist *'scale_plot'* auf *'true'* gesetzt, werden die Höhenwerte eine Bildes vor dem Anzeigen in das Intervall [0,255] transformiert. Ist *'false'* gesetzt, werden die Seitenverhältnisse zwischen Spalte, Zeile und Höhe berücksichtigt. Bilder des Typs 'byte', 'cyclic' oder 'direction' werden nicht skaliert, d.h. in deren Fall wird dieser Parameter ignoriert.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'true'*.

'display_grid' Ist *'display_grid'* auf *'true'* gesetzt, wird ein Gitter auf Höhe null eingeblendet.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'true'*.

'display_axes' Ist *'display_axes'* auf *'true'* gesetzt, werden die Koordinatenachsen eingeblendet.

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'true'*.

Achtung

Die Parameter *'anti_aliasing'*, *'flush'*, *'graphics_stack'*, *'graphics_stack_max_element_num'*, *'graphics_stack_max_memory_size'* und *'region_quality'* benötigen die Bibliothek libcanvas, die auf Embedded-Systemen möglicherweise nicht verfügbar ist.

Der Parameter *'window_title'* kann nicht für Pufferfenster gesetzt werden.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Param** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Parameters.
Default: 'flush'
Werteliste: `Param` ∈ {'plot_quality', 'axis_captions', 'caption_color', 'scale_plot', 'angle_of_view', 'display_grid', 'display_axes', 'window_title', 'background_color', 'anti_aliasing', 'flush', 'graphics_stack', 'graphics_stack_max_element_num', 'graphics_stack_max_memory_size', 'pixel_grid_enable', 'pixel_grid_min_resolution', 'pixel_grid_color', 'pixel_grid_line_width', 'region_quality'}

▷ **Value** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / real / integer
Zu setzender Wert.
Default: 'false'
Werteliste: `Value` ∈ {'true', 'false', 'low', 'good', 'medium', 'best', 'orthogonal', 'black', 'white', 'red', 'green', 'blue', 'unlimited'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`disp_image`

Siehe auch

`get_window_param`, `set_window_attr`, `set_part_style`

Modul

Foundation

12.8 Text

```
disp_text ( : : WindowHandle, String, CoordSystem, Row, Column,
    Color, GenParamName, GenParamValue : )
```

Ausgabe von Text in ein Fenster.

`disp_text` gibt Text im Grafikfenster `WindowHandle` an der Position (`Row`,`Column`) aus.

Wird nur eine Position übergeben, wird für jedes Element in `String` eine Textzeile ausgegeben. Außerdem wird auch *'\n'* als Zeilenumbruch interpretiert.

Werden mehrere Positionen übergeben, ist nur ein einzelner String oder ein String für jede Position zulässig. In diesem Fall kann ein Zeilenumbruch nur über *'\n'* erreicht werden.

Zeilenumbrüche (*'\n'*) am Ende von `String` werden ignoriert.

Die Position des Texts kann in Fensterkoordinaten (`CoordSystem` = *'window'*) oder in Bildkoordinaten (`CoordSystem` = *'image'*), was für gezoomte Bilder nützlich ist, angegeben werden.

Zusätzlich zu (`Row`,`Column`) Koordinaten können auch vordefinierte Werte an `Row` und `Column` übergeben werden um Text an festen Positionen im Fenster anzuzeigen (nur für `CoordSystem` = *'window'*).:

'top', 'left'	*'top', 'center'*	*'top', 'right'*
'center', 'left'	*'center', 'center'*	*'center', 'right'*
'bottom', 'left'	*'bottom', 'center'*	*'bottom', 'right'*

Der Parameter `Color` akzeptiert auch Farben-Tupel. In diesem Fall werden die Farben zyklisch für jede neue Textposition (oder für jede Textzeile wenn nur eine Position angegeben wurde) verwendet.

Generische Parameter

`disp_text` kann den `String` innerhalb einer Box anzeigen. Dieses Verhalten und das Aussehen der Box wird mit den generischen Parametern in `GenParamName` und `GenParamValue` beeinflusst.

'box' Ist *'box'* auf *'true'* gesetzt, wird der Text innerhalb einer Box angezeigt. Die folgenden Parameter beeinflussen das Aussehen dieser Box und des optionalen Schattens der Box.
Werteliste: *'true'* und *'false'*
Default: *'true'*

'box_color' Setzt die Farbe der Box.
Werteliste: Ein String mit dem Namen der Farbe (z.B. *'white'*, *'red'* oder *'#aa00bba0'*)
Default: *'#fce9d4'* (ein helles Orange)

'shadow' Wird *'shadow'* auf *'true'* gesetzt, wird zusätzlich ein Schatten zu der Box angezeigt.
Werteliste: *'true'* und *'false'*
Default: *'true'* wenn *'box_color'* auf eine Farbe ohne Alphawert gesetzt wurde, ansonsten *'false'*

'shadow_color' Setzt die Farbe des Schattens.
Werteliste: Ein String mit dem Namen der Farbe (z.B. *'black'*, *'red'* oder *'#aa00bba0'*)
Default: *'#f28d26'* (ein dunkleres Orange) wenn *'box_color'* nicht gesetzt wurde, ansonsten *'white'*

'border_radius' Setzt die Abrundung der Ecken der Box. Für scharfe Ecken muss dieser Parameter auf *0*, für abgerundete Ecken auf höhere Werte gesetzt werden.
Werteliste: positive reelle Zahl oder 0
Default: 2

'box_padding' Bestimmt, wie stark die Box über den Text hinaus geht.
Werteliste: positive reelle Zahl
Default: 0

'shadow_sigma' Bestimmt, wie stark der Schatten hinter der Box weichgezeichnet wird. Für scharfe Schatten muss dieser Parameter auf 0 gesetzt werden.
Werteliste: positive reelle Zahl oder 0
Default: 1.5

'shadow_dx' und 'shadow_dy' Der Offset des Schattens in Spalten- (*'shadow_dx'*) und Zeilenrichtung (*'shadow_dy'*) in Pixeln.
Werteliste: reelle Zahlen
Default: 2

'backdrop_blur_sigma' Bestimmt, wie stark der Hintergrund der Box weichgezeichnet wird. Hat nur dann eine Auswirkung wenn *'box'* auf *'true'* gesetzt ist und *'box_color'* nicht opak ist (d.h. der Alpha-Anteil ist kleiner als 255). Es wird empfohlen, *'backdrop_blur_sigma'* mit *'shadow'* auf *'false'* gesetzt zu verwenden.
Werteliste: positive reelle Zahl oder 0
Default: 0

'rotate_phi' Winkel in Grad um den der Text rotiert wird.
Werteliste: reelle Zahlen
Default: 0

'rotate_col' Spaltenkoordinate des Rotationszentrums falls *'rotate_phi'* nicht Null ist. Entweder kann durch das Setzen einer reellen Zahl eine Spaltenkoordinate für das Rotationszentrum bestimmt werden, oder das Rotationszentrum wird an die linke Kante (*'text_left'*), rechte Kante (*'text_right'*), oder in das Zentrum (*'text_center'*) der Textbox gesetzt.
Werteliste: reelle Zahlen oder *'text_left'*, *'text_center'*, *'text_right'*
Default: *'text_center'*

'rotate_row' Zeilenkoordinate des Rotationszentrums falls *'rotate_phi'* nicht Null ist. Entweder kann durch das Setzen einer reellen Zahl eine Zeilenkoordinate für das Rotationszentrum bestimmt werden, oder das Rotationszentrum wird an die obere Kante (*'text_top'*), untere Kante (*'text_bottom'*), oder in das Zentrum (*'text_center'*) der Textbox gesetzt.
Werteliste: reelle Zahlen oder *'text_top'*, *'text_center'*, *'text_bottom'*
Default: *'text_center'*

'border_color' Bestimmt die Farbe des Randes um die Textbox.
Werteliste: Ein String mit dem Namen der Farbe (z.B. *'black'*, *'red'* oder *'#aa00bba0'*)
Default: *'#ffffff'*

'border_width' Bestimmt die Breite des Randes um die Textbox.
Werteliste: positive reelle Zahl oder 0
Default: 0

Achtung

`disp_text` benötigt die Bibliothek libhcanvas, die auf Embedded-Systemen möglicherweise nicht verfügbar ist.

Parameter

- ▷ **`WindowHandle`** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **`String`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Ein Tupel von Strings mit den anzuzeigenden Texten. Jeder String wird in einer Zeile ausgegeben.
  Default: 'hello'
- ▷ **`CoordSystem`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Koordinatensystem für die Textposition. 'window' steht für das Fensterkoordinatensystem, 'image' für das Bildkoordinatensystem.
  Default: 'window'
  Werteliste: `CoordSystem` ∈ {'window', 'image'}
- ▷ **`Row`** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Vertikale Textausrichtung oder Zeilenkoordinate der Textposition.
  Default: 12
  Werteliste: `Row` ∈ {12, 'bottom', 'center', 'top'}
- ▷ **`Column`** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Horizontale Textausrichtung oder Spaltenkoordinate der Textposition.
  Default: 12
  Werteliste: `Column` ∈ {12, 'center', 'left', 'right'}
- ▷ **`Color`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Ein Tupel von Strings für die Farben der Texte.
  Default: 'black'
  Werteliste: `Color` ∈ {'black', 'blue', 'yellow', 'red', 'green', 'cyan', 'magenta', 'forest green', 'lime green', 'coral', 'slate blue'}
- ▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'backdrop_blur_sigma', 'box', 'shadow', 'box_color', 'shadow_color', 'border_radius', 'box_padding', 'shadow_sigma', 'shadow_dx', 'shadow_dy', 'rotate_phi', 'rotate_col', 'rotate_row', 'border_color', 'border_width'}
- ▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / integer / real
  Werte der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false', 'white', 'red', 'forest green', 'black', 'blue', 5.0}

Beispiel

```
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle)
disp_text (WindowHandle, 'Display some text in a box', 'window', 12, 12, \
           'black', [], [])
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, set_font, get_string_extents

Alternativen

write_string

Siehe auch

get_string_extents, set_font

Modul

Foundation

get_font (: : WindowHandle : Font)

Abfragen des aktuellen Fonts.

get_font gibt den Namen des Fonts des Ausgabefensters WindowHandle aus, der von den Operatoren write_string, read_string etc. verwendet wird. Gesetzt wird der Parameter mit dem Operator set_font. Sowohl Textfenster als auch Bildfenster verfügen über Fonts. Beiden Fensterarten ist ein Defaultfont zugeordnet, der vor dem Öffnen des Fensters durch set_system('default_font',Font) geändert werden kann. Alle verfügbaren Fonts können mit Hilfe des Operators query_font abgefragt werden.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Font** (output_control) ..... string ⇝ *string*
  Name des aktuellen Fonts.

Beispiel

```
get_font(WindowHandle,CurrentFont)
set_font(WindowHandle,MyFont)
write_string(WindowHandle,['The name of my Font is:',Myfont])
new_line(WindowHandle)
set_font(WindowHandle,CurrentFont)
```

Ergebnis

get_font liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, query_font

Nachfolger

set_font

Siehe auch

set_font, query_font, open_window, set_system

Modul

Foundation

get_font_extents (: : WindowHandle : MaxAscent, MaxDescent, MaxWidth, MaxHeight)

Abfrage der Maximalgröße aller Zeichen eines Fonts.

get_font_extents bestimmt die maximale Breite (MaxWidth), Höhe (MaxHeight) und Ausdehnung oberhalb und unterhalb der Schreiblinie (MaxAscent bzw. MaxDescent) des Fonts, der momentan für das Fenster WindowHandle eingestellt ist. Die Größenangaben erfolgen in Pixelkoordinaten.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **MaxAscent** (output_control) ..... extent.y ⇝ *integer* / real
  Maximale Höhe über der Schreiblinie.
- ▷ **MaxDescent** (output_control) ..... extent.y ⇝ *integer* / real
  Maximale Tiefe unter der Schreiblinie.
- ▷ **MaxWidth** (output_control) ..... extent.x ⇝ *integer* / real
  Maximale Zeichenbreite.
- ▷ **MaxHeight** (output_control) ..... extent.y ⇝ *integer* / real
  Maximale Zeichenhöhe.

Ergebnis

get_font_extents liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, set_font

Nachfolger

set_tposition, write_string, read_string, read_char

Siehe auch

get_string_extents, set_tposition, set_font

Modul

Foundation

get_string_extents (: : WindowHandle, Values : Ascent, Descent, Width, Height)

Größe eines Strings abfragen.

get_string_extents bestimmt die Breite und Höhe von Strings in dem Font, der momentan für das Fenster eingestellt ist. Dabei werden Strings mit mehreren Zeilen behandelt als ob sie zu einer Zeile konkateniert wären. Zusätzlich wird die Ausdehnung oberhalb und unterhalb der Schreiblinie angegeben (Ascent bzw. Descent).

Die Größenangaben erfolgen in dem Koordinatensystem des Fensters (d.h. bei Textfenstern in Pixelkoordinaten). Mit Hilfe von get_string_extents ist es möglich, Textausgabe und Texteingabe unabhängig vom Font zu programmieren. Die Umsetzung von ganzen Zahlen und Gleitpunktzahlen zu Zeichenreihen erfolgt genauso wie bei write_string.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Values** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / real / integer
  Zu untersuchende Werte.
  Default: 'test_string'
- ▷ **Ascent** (output_control) ..... extent.y ⇝ *integer* / real
  Maximale Höhe über der Schreiblinie.

▷ **Descent** (output_control) ..... extent.y ⇝ *integer* / real
Maximale Tiefe unter der Schreiblinie.

▷ **Width** (output_control) ..... extent.x ⇝ *integer* / real
Länge des Textes.

▷ **Height** (output_control) ..... extent.y ⇝ *integer* / real
Höhe des Textes.

Ergebnis

`get_string_extents` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`, `set_font`

Nachfolger

`set_tposition`, `write_string`, `read_string`, `read_char`

Siehe auch

`get_font_extents`, `set_tposition`, `set_font`

Modul

Foundation

get_tposition (: : WindowHandle : Row, Column)

Position des Textcursors abfragen.

`get_tposition` liefert die momentane Position des Textcursors im Ausgabefenster. Die Positionsangabe erfolgt im Bildkoordinatensystem. Die nächste Textausgabe auf dieses Fenster erfolgt ab der Cursorposition, wobei diese die linke Ecke der Schreiblinie des auszugebenden Strings (d.h. ohne Berücksichtigung von Unterlängen) bezeichnet. Die Cursorposition verändert sich bei der Ausgabe bzw. Eingabe von Text (`write_string`, `read_string`) und durch explizite Neupositionierung (`set_tposition`, `new_line`).

Achtung

Wenn der auszugebende Text nicht vollständig in das Fenster passt, wird ein Exception ausgelöst. Dies kann durch `set_check('~text')` unterdrückt werden.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Row** (output_control) ..... point.y ⇝ *integer*
Zeilenindex der Textposition.

▷ **Column** (output_control) ..... point.x ⇝ *integer*
Spaltenindex der Textposition.

Ergebnis

`get_tposition` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, set_font

Nachfolger

set_tposition, write_string, read_string, read_char

Siehe auch

new_line, read_string, set_tposition, write_string, set_check

Modul

Foundation

new_line (: : WindowHandle :)

Ausgabe eines Zeilenvorschubs im Ausgabefenster.

new_line setzt die Position des Textcursors im Ausgabefenster in Abhängigkeit vom momentan eingestellten Font auf den Anfang der nächsten Zeile. Die nächste Textausgabe auf dieses Fenster erfolgt ab der Cursorposition, wobei die Cursorposition die linke Ecke der Schreiblinie des auszugebenden Textes (d.h. ohne Berücksichtigung von Unterlängen) bezeichnet.

Falls im Fenster keine weitere Zeile mehr Platz hat, weil der untere Fensterrand erreicht ist, wird der Inhalt des Fensters um eine Zeilenhöhe nach oben geschoben („gescrolt“). Damit die Neupositionierung in der nächsten Zeile korrekt erfolgt, muss beim Aufruf von new_line schon der für die nächste Ausgabe gewünschte Font eingestellt sein. Die Cursorposition verändert sich bei der Ausgabe bzw. Eingabe von Text (write_string, read_string) und durch explizite Neupositionierung (set_tposition).

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

Ergebnis

new_line liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, set_font, write_string

Alternativen

get_tposition, get_string_extents, set_tposition

Siehe auch

write_string, set_font

Modul

Foundation

query_font (: : WindowHandle : Font)

Abfragen der verfügbaren Fonts.

query_font gibt für das Ausgabefenster die Namen aller Fonts aus, die für die Textausgabe verwendet werden können. Diese können mit der entsprechenden Syntax von dem Operator set_font gesetzt werden. Verwendet werden die Fonts von write_string, read_char, read_string und new_line.

Achtung

Die Fonts unterscheiden sich oft stark auf verschiedenen Rechnern. Man muss i.a. davon ausgehen, dass `query_font` auf verschiedenen Rechnern auch verschiedene Fonts liefert.

Parameter

- ▷ **`WindowHandle`** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **`Font`** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
  Tupel mit verfügbaren Fontnamen.

Beispiel

```
open_window(0,0,-1,-1,'root','visible','',WindowHandle)
set_check('~text')
query_font(WindowHandle,Fontlist)
set_color(WindowHandle,'white')
for i:=0 to |Fontlist|-1 by 1
  set_display_font (WindowHandle,16,Fontlist[i],'true','false')
  write_string(WindowHandle,Fontlist[i])
  new_line(WindowHandle)
endfor
```

Ergebnis

`query_font` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`set_font`, `write_string`, `read_string`, `read_char`

Siehe auch

`set_font`, `write_string`, `read_string`, `read_char`, `new_line`

Modul

Foundation

`read_char` (: : WindowHandle : Char, Code)

Einlesen eines Zeichens aus einem Fenster.

`read_char` liest im Eingabefenster (= Ausgabefenster) ein Zeichen von der Tastatur ein. Falls es sich um ein druckbares Zeichen handelt, wird dieses in `Char` zurückgegeben. Falls eine Steuertaste gedrückt wurde, ist dies am Wert von `Code` erkennbar. Einige wichtige Tasten sind dadurch identifizierbar. Mögliche Werte für `Code` sind:

'character': druckbares Zeichen

'left': Cursor links

'right': Cursor rechts

'up': Cursor oben

'down': Cursor unten

'insert': Einfügetaste

'none': keine der angeführten Tasten

'cancelled': `read_char` wurde abgebrochen (nicht immer möglich, z.B. in nativen X11 Fenstern)

Parameter

▷ **`WindowHandle`** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **`Char`** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
Eingelesenes Zeichen (falls kein Steuerzeichen).

▷ **`Code`** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
Code für eingelesenes Zeichen.

Ergebnis

`read_char` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`, `set_font`

Alternativen

`read_string`, `fread_char`, `fread_string`

Siehe auch

`write_string`, `set_font`

Modul

Foundation

`read_string` (: : WindowHandle, InString, Length : OutString)

Einlesen eines Strings in einem Textfenster.

Dieser Operator kann nicht in HDevelop-Grafikfenstern verwendet werden, die mit `dev_open_window` geöffnet wurden.

`read_string` liest im Eingabefenster (= Ausgabefenster) einen String mit vorgegebener Maximallänge (`Length`) von der Tastatur ein. Der String wird ab der momentanen Textcursorposition des Fensters unter Verwendung des eingestellten Fonts eingelesen. Die Maximallänge (`Length`) muss so gewählt sein, dass der rechte Rand des Fensters nicht überschritten wird. Der Operator kann ein Default-String (`InString`) übergeben werden, der vom Benutzer editiert oder direkt übernommen werden kann. Der Textcursor befindet sich nach Beendigung der Eingabe am Ende des editierten Strings. Editiermöglichkeiten:

RETURN Eingabe abschließen

BACKSPACE Zeichen links vom Cursor löschen und Textcursor um eine Position nach links.

Die Länge wird in Anzahl Zeichen angegeben. Wenn *'filename_encoding'* mit `set_system` auf *'locale'* gesetzt ist, bestimmt die Länge die Anzahl der Bytes.

Parameter

▷ **`WindowHandle`** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **`InString`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
String, der vor dem Einlesen bereits sichtbar ist.
Default: ”

▷ **Length** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Maximale Anzahl von Zeichen.
Default: 32
Restriktion: Length > 0 && Length <= 1024

▷ **OutString** (output_control) ..... string ⇝ *string*
Eingelesener String.

Ergebnis

`read_string` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Textfenster gültig ist und ein String mit maximaler Länge bis zum rechten Fensterrand Platz hat. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`, `set_font`

Alternativen

`read_char`, `fread_string`, `fread_char`

Siehe auch

`set_tposition`, `new_line`, `open_window`, `set_font`, `set_color`

Modul

Foundation

set_font (: : WindowHandle, Font :)

Setzen eines Fonts.

`set_font` setzt den Font `Font` für das Ausgabefenster `WindowHandle`. Alle nachfolgenden Textausgaben in diesem Fenster (z.B. mit den Operatoren `disp_text`, `write_string` oder `read_string`) verwenden nun den neuen Font anstelle des Defaultfonts (siehe `set_system('default_font',Font)`). Alle verfügbaren Fonts können mit Hilfe des Operators `query_font` abgefragt werden.

Die Syntax für die Angabe eines Fonts `Font` ist folgende:

```
FONTNAME[-STYLE]-FONT\_SIZE.
```

Der optionale STYLE kann unter anderem einen der folgenden Werte annehmen:

- Normal,
- Bold,
- BoldItalic oder
- Italic.

Die Fontgröße FONT_SIZE wird in Pixel bemessen.

Ein Beispiel für einen gültigen String für `Font` ist

'Courier-Bold-14'.

Achtung

Die verfügbaren Fonts unterscheiden sich stark bei verschiedenen Rechnern. Es empfiehlt sich daher mit `query_font` oder der Prozedur `set_display_font` zu arbeiten.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Font** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Fonts, der gesetzt wird.

Beispiel

```
dev_get_window (WindowHandle)
query_font (WindowHandle, Font)
* Specify font name and size
FontWithSize := Font[0]+'-20'
set_font (WindowHandle, FontWithSize)
dev_disp_text ('Font set to: '+FontWithSize, 'window', 20, 12, 'black', \
               [], [])
* Specify font name, style, and size
FontWithStyleAndSize := Font[0]+'-Bold-20'
set_font (WindowHandle, FontWithStyleAndSize)
dev_disp_text ('Font set to: '+FontWithStyleAndSize, 'window', 50, 12, \
               'black', [], [])
```

Ergebnis

`set_font` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls der Font-Name aufgelöst werden kann. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`query_font`

Siehe auch

`get_font`, `query_font`, `open_window`

Modul

Foundation

set_tposition (: : WindowHandle, Row, Column :)

Setzen der Schreibposition im einem Fenster.

`set_tposition` setzt die Position des Textcursors im Ausgabefenster. Als Referenz wird das linke obere Eck eines Großbuchstabens verwendet.

Die Positionsangabe erfolgt im Bildkoordinatensystem. Die Position des Textcursors wird z.B. durch einen Unterstrich markiert. Die nächste Textausgabe auf dieses Fenster erfolgt ab der Cursorposition, wobei die Position des Textcursors die linke Ecke der Schreiblinie des auszugebenden Strings (d.h. ohne Berücksichtigung von Unterlängen, die Zeichenhöhe über der Schreiblinie sei als Fontoberlänge bezeichnet) angibt.

Die Cursorposition verändert sich bei der Ausgabe bzw. Eingabe von Text (`write_string`, `read_string`) und durch explizite Neupositionierung (`set_tposition`, `new_line`). Um die Anzeige der Cursorposition im Fenster zu löschen, kann die Form des Textcursors mit `set_tshape` auf 'invisible' gesetzt werden.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *integer*
Zeilenindex der Schreibposition.
Default: 24

▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *integer*
Spaltenindex der Schreibposition.
Default: 12

Ergebnis

`set_tposition` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`write_string`, `read_string`

Alternativen

`new_line`

Siehe auch

`read_string`, `write_string`

Modul

Foundation

write_string (: : WindowHandle, String :)

Ausgabe von Text in ein Fenster.

`write_string` gibt im Ausgabefenster einen `String` aus, an der momentanen Textcursorposition. Der auszugebende Text darf nicht länger als der bis zum rechten Fensterrand verbleibende Platz sein (gegebenenfalls kann mit Hilfe des Operators `get_string_extents` die Länge des Strings abgefragt werden).

Bei der Ausgabe wird der gerade für das Fenster eingestellte Font verwendet. Der Textcursor steht im Anschluss an die Ausgabe hinter dem geschriebenen Text.

`write_string` kann alle drei Datentypen ausgeben. Die Konversion in eine Zeichenreihe erfolgt nach folgenden Regeln:

- Strings werden unverändert übernommen.
- Ganze Zahlen werden ohne Leerzeichen (vor, bzw. hinter der Zahl) konvertiert.
- Gleitpunktzahlen werden, soweit möglich mit einem Gleitpunkt und ohne Exponent ausgegeben.
- Die sich ergebenden Zeichenreihen werden ohne Leerzeichen hintereinander ausgegeben.

Für die Pufferung von Texten siehe `set_system` mit dem Flag 'flush_graphic'.

Achtung

Falls ein Clipping am Fensterrand erwünscht ist, kann die Fehlermeldung mit `set_check('~text')` ausgeschaltet werden.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **String** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer / real
Tupel von auszugebenden Werten (beliebige Typen).
Default: 'hello'

Ergebnis

`write_string` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist und der auszugebende Text in der aktuellen Zeile noch Platz hat (siehe `set_check`). Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`, `set_font`, `get_string_extents`

Alternativen

`fwrite_string`

Siehe auch

`set_tposition`, `get_string_extents`, `set_font`, `set_system`, `set_check`

Modul

Foundation

12.9 Zeichnen

In diesem Kapitel werden Operatoren beschrieben, die zum manuellen Erstellen geometrischer Formen genutzt werden können. Diese benötigen die Interaktion des Benutzers über die Maustasten und blockieren die Anwendung bis die Interaktion abgeschlossen ist. Die in Graphik / Objekt aufgelisteten Operatoren ermöglichen es geometrische Formen zu erzeugen, ohne die Anwendung zu blockieren.

Allgemein

Die Operatoren `draw_region`, `draw_xld`, `draw_xld_mod`, `draw_nurbs`, `draw_nurbs_mod`, `draw_nurbs_interp`, `draw_nurbs_interp_mod` sowie `drag_region1`, `drag_region2` und `drag_region3` geben als Ergebnis ikonische Objekte aus. Die restlichen Zeichenoperatoren geben geometrische Parameter zurück, die zur Erstellung von Regionen oder Konturen in der jeweiligen Form notwendig sind (vgl. Tabelle). Für die meisten Zeichenoperatoren existiert zudem ein Modifikationsoperator, mit dem die zunächst bestimmte Form nochmals angepasst werden kann.

Zeichnen in Pufferfenstern

Da für Zeichenoperatoren eine Interaktion des Nutzers über Maustasten nötig ist, ist die Verwendung in den unsichtbaren Pufferfenstern (siehe `open_window`) an sich nicht möglich. Bei Verwendung solcher Fenster sollten stattdessen Zeichenobjekte (siehe Graphik / Objekt) genutzt werden. Einige Zeichenoperatoren können dennoch in Pufferfenstern verwendet werden. Mit Hilfe der Operatoren `send_mouse_double_click_event`, `send_mouse_down_event`, `send_mouse_drag_event` und `send_mouse_up_event` müssen die Mausereignisse und der Zustand der Zusatztasten (Strg, Alt, Umschalttaste) gesendet werden, während der Zeichenoperator in einem anderen Thread aufgerufen werden muss. Der Bildausschnitt darf währenddessen nicht verändert werden.

Zeichenoperatoren	Ausgabe	Objekt generieren	Funktioniert in Puffer-Fenstern
draw_point	Row, Column	gen_cross_contour_xld	ja
draw_line	Row1, Column1, Row2, Column2	gen_contour_polygon_xld	ja
draw_rectangle1	Row1, Column1, Row2, Column2	gen_rectangle1	ja
draw_rectangle2	Row, Column, Phi, Length1, Length2	gen_rectangle2, gen_rectangle2_contour_xld	ja
draw_circle	Row, Column, Radius	gen_circle, gen_circle_contour_xld	ja
draw_ellipse	Row, Column, Phi, Radius1, Radius2	gen_ellipse, gen_ellipse_contour_xld	ja
draw_xld	Contour	-	ja
draw_region	Region	-	ja
draw_polygon	Region	-	ja
draw_nurbs	Contour, Rows, Columns, Weights	-	nein
draw_nurbs_interp	Contour, Rows, Columns, Knots, Tangents	-	nein
drag_region1	Region	-	nein
drag_region2	Region	-	nein
drag_region3	Region	-	nein

drag_region1 (SourceRegion : DestinationRegion : WindowHandle :)

Interaktives Verschieben einer Region.

Dieser Operator kann nicht in HDevelop-Grafikfenstern verwendet werden, die mit dev_open_window geöffnet wurden.

drag_region1 dient dazu, die Region mit der Maus auf dem Bildschirm zu verschieben. Nach dem Aufruf von drag_region1 wird die Region sichtbar, sobald die linke Maustaste betätigt wird. Es wird dabei nur der Rand der Region dargestellt. Als Darstellungsmodus wird für die Dauer der Prozedur der Modus 'not' (siehe set_draw) verwendet. Der Mauscursor befindet sich während des Verschiebens im Schwerpunkt der Region. Wird die Maus mit gedrückter linker Maustaste verschoben, folgt die dargestellte Region - verzögert - dieser Bewegung. Wird die rechte Maustaste gedrückt, so wird drag_region1 beendet. Die Darstellung der Region auf dem Bildschirm verschwindet. Ausgegeben wird eine Region, die der letzten Position auf dem Bildschirm entspricht. Es können auch mehrere Regionen auf einmal übergeben werden. Die Grauwerte können mit dem Operator affine_trans_image verschoben werden.

Achtung

Die Grauwerte der Regionen werden nicht verschoben. Da die Eingaberegion verschoben wird, ist nicht sichergestellt, dass die Grauwerte der Ausgaberegionen sinnvoll besetzt sind. Dieser Fall kann eintreten, wenn die Grauwerte der Eingaberegionen nicht das ganze Bild umfassen.

Parameter

- ▷ **SourceRegion** (input_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Zu verschiebende Regionen.
- ▷ **DestinationRegion** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Verschobene Regionen.

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

Beispiel

```
draw_region(Obj,WindowHandle)
dev_set_color ('green')
drag_region1(Obj,New,WindowHandle)
dev_display(New)
get_region_runs (Obj, Rows1, ColumnBegins1, ColumnEnds1)
get_region_runs (New, Rows2, ColumnBegins2, ColumnEnds2)
Row1 := Rows1[0]
Column1 := ColumnBegins1[0]
Row2 := Rows2[0]
Column2 := ColumnBegins2[0]
dev_set_color ('white')
gen_arrow_contour_xld (Arrow, Row1,Column1,Row2,Column2, 5, 5)
dev_display (Arrow)
```

Ergebnis

drag_region1 liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls eine Region eingegeben wird und das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Das Verhalten bei einer leeren Eingabe kann mit set_system(::'no_object_result',<Result>:) bestimmt werden.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window

Nachfolger

reduce_domain, disp_region, set_colored, set_line_width, set_draw

Alternativen

get_mposition, move_region

Siehe auch

set_draw, affine_trans_image

Modul

Foundation

drag_region2 (SourceRegion : DestinationRegion : WindowHandle, Row, Column :)

Interaktives Verschieben einer Region mit Angabe des Fixpunktes.

Dieser Operator kann nicht in HDevelop-Grafikfenstern verwendet werden, die mit dev_open_window geöffnet wurden.

drag_region2 dient dazu, die Region mit der Maus auf dem Bildschirm zu verschieben. Es entspricht dem Operator drag_region1, mit dem Unterschied, dass hier die Position des Maus-Cursors angegeben werden kann.

Achtung

Die Grauwerte der Regionen werden nicht verschoben. Da die Eingaberegionen verschoben wird, ist nicht sichergestellt, dass die Grauwerte der Ausgaberegionen sinnvoll besetzt sind. Dieser Fall kann eintreten, wenn die Grauwerte der Eingaberegionen nicht das ganze Bild umfassen.

Parameter

▷ **SourceRegion** (input_object) ..... region-array ⇝ *object*
Zu verschiebende Regionen.

▷ **DestinationRegion** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Verschobene Regionen.

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Row** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer*
Zeilenindex des Bezugspunktes.
Default: 100
Wertevorschläge: `Row` ∈ {0, 64, 128, 256, 512}
Wertebereich: 0 ≤ `Row` ≤ 1024

▷ **Column** (input_control) ..... point.x ⇝ *integer*
Spaltenindex des Bezugspunktes.
Default: 100
Wertevorschläge: `Column` ∈ {0, 64, 128, 256, 512}
Wertebereich: 0 ≤ `Column` ≤ 1024

Ergebnis

`drag_region2` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls eine Region eingegeben wird und das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Das Verhalten bei einer leeren Eingabe kann mit `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` bestimmt werden.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`reduce_domain`, `disp_region`, `set_colored`, `set_line_width`, `set_draw`, `affine_trans_image`

Alternativen

`get_mposition`, `move_region`, `drag_region1`, `drag_region3`

Siehe auch

`set_draw`, `affine_trans_image`

Modul

Foundation

drag_region3 (SourceRegion, MaskRegion : DestinationRegion : WindowHandle, Row, Column :)

Interaktives Verschieben einer Region mit der Beschränkung der Positionen.

Dieser Operator kann nicht in HDevelop-Grafikfenstern verwendet werden, die mit `dev_open_window` geöffnet wurden.

`drag_region3` dient dazu, die Region mit der Maus auf dem Bildschirm zu verschieben. Dies entspricht dem Operator `drag_region2`, mit der Erweiterung, dass hier auch noch alle Punkte angegeben werden, auf denen sich die Maus bewegen darf. Wird die Maus außerhalb dieses Bereiches (`MaskRegion`) geführt, dann wird die Region auf dem Punkt mit dem geringsten Abstand zur Maus innerhalb von `MaskRegion` dargestellt.

Achtung

Die Grauwerte der Regionen werden nicht verschoben. Da die Eingaberegion verschoben wird, ist nicht sichergestellt, dass die Grauwerte der Ausgaberegionen sinnvoll besetzt sind. Dieser Fall kann eintreten, wenn die Grauwerte der Eingaberegionen nicht das ganze Bild umfassen.

Parameter

▷ **SourceRegion** (input_object) ..... region-array ⇝ *object*
Zu verschiebende Regionen.

▷ **MaskRegion** (input_object) ..... region-array ⇝ *object*
Punkte auf denen sich die Region bewegen darf.

▷ **DestinationRegion** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Verschobene Regionen.

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Row** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer*
Zeilenindex des Bezugspunktes.
Default: 100
Wertevorschläge: `Row` ∈ {0, 64, 128, 256, 512}
Wertebereich: 0 ≤ `Row` ≤ 1024

▷ **Column** (input_control) ..... point.x ⇝ *integer*
Spaltenindex des Bezugspunktes.
Default: 100
Wertevorschläge: `Column` ∈ {0, 64, 128, 256, 512}
Wertebereich: 0 ≤ `Column` ≤ 1024

Ergebnis

`drag_region3` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls eine Region eingegeben wird, das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Das Verhalten bei einer leeren Eingabe kann mit `set_system('no_object_result',<Result>:)` bestimmt werden.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`, `get_mposition`

Nachfolger

`reduce_domain`, `disp_region`, `set_colored`, `set_line_width`, `set_draw`, `affine_trans_image`

Alternativen

`get_mposition`, `move_region`, `drag_region1`, `drag_region2`

Siehe auch

`set_draw`, `affine_trans_image`

Modul

Foundation

draw_circle (: : WindowHandle : Row, Column, Radius)

Interaktives Erstellen eines Kreises.

`draw_circle` liefert die Parameter für einen Kreis, der interaktiv durch den Benutzer im Fenster erzeugt worden ist.

Für die Erzeugung des Kreises wird mit der linken Maustaste an die Stelle geklickt, die als Mittelpunkt für den Kreis verwendet werden soll. Während die Taste gedrückt bleibt, kann die Länge des `Radius` durch Verschieben der Maus verändert werden. Nach einem erneuten Mausklick in die Mitte des erzeugten Kreises, kann dieser beliebig verschoben werden. Mit einem Klick in die Nähe des Kreisbogens kann der Kreis „angefasst“ werden, um den `Radius` zu verändern. Ein Klick mit der rechten Maustaste beendet die Prozedur. Der Kreis ist nach Beendigung der Prozedur nicht mehr auf dem Fenster sichtbar.

Achtung

Für die Nutzung des Zeichenoperators in einem Puffer-Fenster muss die Anwendung Maus-Events senden. Der Zeichenoperator muss dabei in einem anderen Thread ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Row** (output_control) ..... circle.center.y ⇝ *real*
  Zeilenindex des Mittelpunkts.
- ▷ **Column** (output_control) ..... circle.center.x ⇝ *real*
  Spaltenindex des Mittelpunkts.
- ▷ **Radius** (output_control) ..... circle.radius ⇝ *real*
  Radius des Kreises.

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
draw_circle(WindowHandle,Row,Column,Radius)
gen_circle(Circle,Row,Column,Radius)
reduce_domain(Image,Circle,ImageReduced)
invert_image (ImageReduced, ImageInvert)
dev_display (ImageInvert)
```

Ergebnis

`draw_circle` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`reduce_domain`, `disp_region`, `set_colored`, `set_line_width`, `set_draw`

Alternativen

`draw_circle_mod`, `draw_ellipse`, `draw_region`

Siehe auch

`gen_circle`, `draw_rectangle1`, `draw_rectangle2`, `draw_polygon`

Modul

Foundation

draw_circle_mod (: : WindowHandle, RowIn, ColumnIn, RadiusIn : Row, Column, Radius)

Interaktives Erstellen eines Kreises.

`draw_circle_mod` liefert die Parameter für einen Kreis, der interaktiv durch den Benutzer im Fenster erzeugt worden ist.

Für die Erzeugung des Kreises werden die Koordinaten `RowIn` und `ColumnIn` des Mittelpunktes des Kreises mit Radius `RadiusIn` erwartet. Nach einem erneuten Mausklick in die Mitte des erzeugten Kreises, kann dieser beliebig verschoben werden. Mit einem Klick in die Nähe des Kreisbogens kann der Kreis „angefasst“ werden, um den `Radius` zu verändern. Ein Klick mit der rechten Maustaste beendet die Prozedur. Der Kreis ist nach Beendigung der Prozedur nicht mehr auf dem Fenster sichtbar.

Achtung

Für die Nutzung des Zeichenoperators in einem Puffer-Fenster muss die Anwendung Maus-Events senden. Der Zeichenoperator muss dabei in einem anderen Thread ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **RowIn** (input_control) ..... circle.center.y ⇝ *real*
  Zeilenindex des Mittelpunktes.
- ▷ **ColumnIn** (input_control) ..... circle.center.x ⇝ *real*
  Spaltenindex des Mittelpunktes.
- ▷ **RadiusIn** (input_control) ..... circle.radius ⇝ *real*
  Radius des Kreises.
- ▷ **Row** (output_control) ..... circle.center.y ⇝ *real*
  Zeilenindex des Mittelpunktes.
- ▷ **Column** (output_control) ..... circle.center.x ⇝ *real*
  Spaltenindex des Mittelpunktes.
- ▷ **Radius** (output_control) ..... circle.radius ⇝ *real*
  Radius des Kreises.

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
draw_circle_mod(WindowHandle,20,20,15,Row,Column,Radius)
gen_circle(Circle,Row,Column,Radius)
reduce_domain(Image,Circle,ImageReduced)
invert_image (ImageReduced, ImageInvert)
dev_display (ImageInvert)
```

Ergebnis

`draw_circle_mod` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`reduce_domain`, `disp_region`, `set_colored`, `set_line_width`, `set_draw`

Alternativen

`draw_circle`, `draw_ellipse`, `draw_region`

Siehe auch

`gen_circle`, `draw_rectangle1`, `draw_rectangle2`, `draw_polygon`

Modul

Foundation

draw_ellipse (: : WindowHandle : Row, Column, Phi, Radius1, Radius2)

Interaktives Erstellen einer Ellipse.

`draw_ellipse` liefert die Parameter für eine beliebig orientierte Ellipse, die interaktiv durch den Benutzer im Fenster erzeugt worden ist.

Die zu erzeugende Ellipse wird durch ihren Mittelpunkt, ihre zwei Halbachsen und den Winkel der ersten Halbachse zur horizontalen Koordinatenachse beschrieben.

Für die Erzeugung der Ellipse wird mit der linken Maustaste der Mittelpunkt der Ellipse festgelegt. Während die Taste gedrückt bleibt, kann die Länge (`Radius1`) und die Orientierung (`Phi`) der ersten Halbachse festgelegt werden. Dabei wird für die zweite Halbachse vorläufig eine Default-Länge verwendet, die anschließend aber noch verändert werden kann. Nach einem erneuten Mausklick in die Mitte der erzeugten Ellipse, kann diese beliebig verschoben werden. Mit einem Klick in die Nähe eines Scheitels kann dieser „angefasst“ werden, um die Länge der zugehörigen Halbachse zu verändern. Die Orientierung kann nur verändert werden, wenn ein Scheitel der ersten Halbachse angefasst wird.

Ein Klick mit der rechten Maustaste beendet die Prozedur. Die Ellipse ist nach Beendigung der Prozedur nicht mehr auf dem Fenster sichtbar.

Achtung

Für die Nutzung des Zeichenoperators in einem Puffer-Fenster muss die Anwendung Maus-Events senden. Der Zeichenoperator muss dabei in einem anderen Thread ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **`WindowHandle`** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **`Row`** (output_control) ..... ellipse.center.y ⇝ *real*
  Zeilenindex des Mittelpunktes.
- ▷ **`Column`** (output_control) ..... ellipse.center.x ⇝ *real*
  Spaltenindex des Mittelpunktes.
- ▷ **`Phi`** (output_control) ..... ellipse.angle.rad ⇝ *real*
  Orientierung der ersten Halbachse in Bogenmaß.
- ▷ **`Radius1`** (output_control) ..... ellipse.radius1 ⇝ *real*
  Erste Halbachse.
- ▷ **`Radius2`** (output_control) ..... ellipse.radius2 ⇝ *real*
  Zweite Halbachse.

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
draw_ellipse(WindowHandle,Row,Column,Phi,Radius1,Radius2)
gen_ellipse(Ellipse,Row,Column,Phi,Radius1,Radius2)
reduce_domain(Image,Ellipse,GrayEllipse)
sobel_amp(GrayEllipse,Sobel,'sum_abs',3)
dev_display(Sobel)
```

Ergebnis

`draw_ellipse` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`reduce_domain`, `disp_region`, `set_colored`, `set_line_width`, `set_draw`

Alternativen

`draw_ellipse_mod`, `draw_circle`, `draw_region`

Siehe auch

`gen_ellipse`, `draw_rectangle1`, `draw_rectangle2`, `draw_polygon`

Modul

Foundation

draw_ellipse_mod (: : WindowHandle, RowIn, ColumnIn, PhiIn, Radius1In, Radius2In : Row, Column, Phi, Radius1, Radius2)

Interaktives Erstellen einer Ellipse.

draw_ellipse_mod liefert die Parameter für eine beliebig orientierte Ellipse, die interaktiv durch den Benutzer im Fenster erzeugt worden ist.

Die zu erzeugende Ellipse wird durch ihren Mittelpunkt, ihre zwei Halbachsen und den Winkel der ersten Halbachse zur horizontalen Koordinatenachse beschrieben.

Für die Erzeugung der Ellipse werden die Parametern RowIn, ColumnIn,PhiIn,Radius1In,Radius2In erwartet. Während die Taste gedrückt bleibt, kann die Länge (Radius1) und die Orientierung (Phi) der ersten Halbachse festgelegt werden. Dabei wird für die zweite Halbachse vorläufig eine Default-Länge verwendet, die anschließend aber noch verändert werden kann. Nach einem erneuten Mausklick in die Mitte der erzeugten Ellipse, kann diese beliebig verschoben werden. Mit einem Klick in die Nähe eines Scheitels kann dieser „angefasst“ werden, um die Länge der zugehörigen Halbachse zu verändern. Die Orientierung kann nur verändert werden, wenn ein Scheitel der ersten Halbachse angefasst wird.

Ein Klick mit der rechten Maustaste beendet die Prozedur. Die Ellipse ist nach Beendigung der Prozedur nicht mehr auf dem Fenster sichtbar.

Achtung

Für die Nutzung des Zeichenoperators in einem Puffer-Fenster muss die Anwendung Maus-Events senden. Der Zeichenoperator muss dabei in einem anderen Thread ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **RowIn** (input_control) ..... ellipse.center.y ⇝ *real*
  Zeilenindex des Mittelpunkts.
- ▷ **ColumnIn** (input_control) ..... ellipse.center.x ⇝ *real*
  Spaltenindex des Mittelpunkts.
- ▷ **PhiIn** (input_control) ..... ellipse.angle.rad ⇝ *real*
  Orientierung der größeren Halbachse in Bogenmaß.
- ▷ **Radius1In** (input_control) ..... ellipse.radius1 ⇝ *real*
  Größere Halbachse.
- ▷ **Radius2In** (input_control) ..... ellipse.radius2 ⇝ *real*
  Kleinere Halbachse.
- ▷ **Row** (output_control) ..... ellipse.center.y ⇝ *real*
  Zeilenindex des Mittelpunktes.
- ▷ **Column** (output_control) ..... ellipse.center.x ⇝ *real*
  Spaltenindex des Mittelpunktes.
- ▷ **Phi** (output_control) ..... ellipse.angle.rad ⇝ *real*
  Orientierung der ersten Halbachse in Bogenmaß.
- ▷ **Radius1** (output_control) ..... ellipse.radius1 ⇝ *real*
  Erste Halbachse.
- ▷ **Radius2** (output_control) ..... ellipse.radius2 ⇝ *real*
  Zweite Halbachse.

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
draw_ellipse_mod(WindowHandle,RowIn,ColumnIn,PhiIn,Radius1In,Radius2In,\
                 Row,Column,Phi,Radius1,Radius2)
gen_ellipse(Ellipse,Row,Column,Phi,Radius1,Radius2)
reduce_domain(Image,Ellipse,GrayEllipse)
sobel_amp(GrayEllipse,Sobel,'sum_abs',3)
dev_display(Sobel)
```

Ergebnis

`draw_ellipse_mod` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`reduce_domain`, `disp_region`, `set_colored`, `set_line_width`, `set_draw`

Alternativen

`draw_ellipse`, `draw_circle`, `draw_region`

Siehe auch

`gen_ellipse`, `draw_rectangle1`, `draw_rectangle2`, `draw_polygon`

Modul

Foundation

draw_line (: : WindowHandle : Row1, Column1, Row2, Column2)

Zeichnen einer Gerade.

`draw_line` liefert die Parameter für eine Gerade, die interaktiv durch den Benutzer im Fenster erzeugt worden ist.

Für die Erzeugung der Gerade wird mit der linken Maustaste für einen Startpunkt der Gerade geklickt. Während die Taste gedrückt bleibt, kann die Gerade in jede beliebige Richtung „aufgezogen“ werden. Nach einem erneuten Mausklick in die Mitte der erzeugten Gerade, kann diese beliebig verschoben werden. Klickt man auf einen Endpunkt der erzeugten Gerade, kann diesen Punkt verschoben werden. Ein Klick mit der rechten Maustaste beendet die Prozedur.

Die Gerade ist nach Beendigung der Prozedur nicht mehr auf dem Fenster sichtbar.

Achtung

Für die Nutzung des Zeichenoperators in einem Puffer-Fenster muss die Anwendung Maus-Events senden. Der Zeichenoperator muss dabei in einem anderen Thread ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Row1** (output_control) ..... line.begin.y ⇝ *real*
  Zeilenindex des ersten Punktes der Gerade.
- ▷ **Column1** (output_control) ..... line.begin.x ⇝ *real*
  Spaltenindex des ersten Punktes der Gerade.
- ▷ **Row2** (output_control) ..... line.end.y ⇝ *real*
  Zeilenindex des zweiten Punktes der Gerade.
- ▷ **Column2** (output_control) ..... line.end.x ⇝ *real*
  Spaltenindex des zweiten Punktes der Gerade.

Beispiel

```
draw_line(WindowHandle,Row1,Column1,Row2,Column2)
gen_contour_polygon_xld (Line, [Row1,Row2], [Column1,Column2])
dev_display (Line)
```

Ergebnis

`draw_line` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`reduce_domain`, `disp_line`, `set_colored`, `set_line_width`, `set_draw`

Siehe auch

`draw_line_mod`, `gen_rectangle1`, `draw_circle`, `draw_ellipse`

Modul

Foundation

`draw_line_mod` `( : : WindowHandle, Row1In, Column1In, Row2In, Column2In : Row1, Column1, Row2, Column2 )`

Zeichnen einer Gerade.

`draw_line_mod` liefert die Parameter für eine Gerade, die interaktiv durch den Benutzer im Fenster erzeugt worden ist.

Für die Erzeugung der Gerade werden die Koordinaten `Row1In`, `Column1In` des Startpunktes und `Row2In`,`Column2In` des Endpunktes erwartet. Klickt man auf einen Endpunkt der erzeugten Gerade, kann diesen Punkt verschoben werden. Nach einem erneuten Mausklick in die Mitte der erzeugten Gerade, kann diese beliebig verschoben werden. Ein Klick mit der rechten Maustaste beendet die Prozedur.

Die Gerade ist nach Beendigung der Prozedur nicht mehr auf dem Fenster sichtbar.

Achtung

Für die Nutzung des Zeichenoperators in einem Puffer-Fenster muss die Anwendung Maus-Events senden. Der Zeichenoperator muss dabei in einem anderen Thread ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **`WindowHandle`** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **`Row1In`** (input_control) . . . . . line.begin.y ⇝ *real*
  Zeilenindex des ersten Punktes der Gerade.
- ▷ **`Column1In`** (input_control) . . . . . line.begin.x ⇝ *real*
  Spaltenindex des ersten Punktes der Gerade.
- ▷ **`Row2In`** (input_control) . . . . . line.end.y ⇝ *real*
  Zeilenindex des zweiten Punktes der Gerade.
- ▷ **`Column2In`** (input_control) . . . . . line.end.x ⇝ *real*
  Spaltenindex des zweiten Punktes der Gerade.
- ▷ **`Row1`** (output_control) . . . . . line.begin.y ⇝ *real*
  Zeilenindex des ersten Punktes der Gerade.
- ▷ **`Column1`** (output_control) . . . . . line.begin.x ⇝ *real*
  Spaltenindex des ersten Punktes der Gerade.
- ▷ **`Row2`** (output_control) . . . . . line.end.y ⇝ *real*
  Zeilenindex des zweiten Punktes der Gerade.
- ▷ **`Column2`** (output_control) . . . . . line.end.x ⇝ *real*
  Spaltenindex des zweiten Punktes der Gerade.

Beispiel

```
draw_line_mod(WindowHandle,10,20,55,124,Row1,Column1,Row2,Column2)
gen_contour_polygon_xld (Line, [Row1,Row2], [Column1,Column2])
dev_display (Line)
```

Ergebnis

`draw_line_mod` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`reduce_domain`, `disp_line`, `set_colored`, `set_line_width`, `set_draw`

Alternativen

`draw_line`, `draw_ellipse`, `draw_region`

Siehe auch

`gen_circle`, `draw_rectangle1`, `draw_rectangle2`

Modul

Foundation

`draw_nurbs` `( : ContOut : WindowHandle, Rotate, Move, Scale, KeepRatio, Degree : Rows, Cols, Weights )`

Interaktives Erstellen einer NURBS-Kurve.

Dieser Operator kann nicht in HDevelop-Grafikfenstern verwendet werden, die mit `dev_open_window` geöffnet wurden.

`draw_nurbs` liefert die Kontur `ContOut` und Kontrollinformationen (`Rows`, `Cols` und `Weights`) einer NURBS-Kurve, die interaktiv durch den Benutzer im Fenster `WindowHandle` erzeugt worden ist. Zusätzliche Informationen über NURBS-Kurven finden sich in der Dokumentation des Operators `gen_contour_nurbs_xld`. Um die Kontrollinformationen `Rows`, `Cols` und `Weights` in einem Aufruf des Operators `gen_contour_nurbs_xld` zu verwenden, muss dort der Knotenvektor `Knots` auf *'auto'* gesetzt werden.

Die NURBS-Kurve wird durch Manipulation ihres Kontrollpolygons gezeichnet. Dagegen wird die NURBS-Kurve mit dem Operator `draw_nurbs_interp` durch Interpolation von Stützstellen (die interaktiv manipuliert werden können) erzeugt. Direkt nach dem Aufruf von `draw_nurbs` kann man durch Drücken der linken Maustaste Punkte zum Kontrollpolygon hinzufügen. Der zuletzt angehängte Punkt kann durch Drücken der Steuerungstaste (Strg, Ctrl) gelöscht werden. Sobald das Kontrollpolygon aus 3 Punkten besteht, werden der erste und der letzte Punkt mit einem zusätzlichen Quadrat markiert. Durch Klicken auf den ersten oder letzten Kontrollpunkt wird die Kurve geschlossen bzw. wieder geöffnet. Sobald mehr als `Degree` Kontrollpunkte vorhanden sind, wird die NURBS-Kurve angezeigt, die durch das Kontrollpolygon und die Gewichte bestimmt ist.

Der zuletzt angefasste Kontrollpunkt wird von einem Kreis umgeben, der das Gewicht dieses Punktes visualisiert. Die Größe des Kreises und damit das Gewicht kann durch Ziehen der Kreislinie mit der Maus verändert werden.

Bestehende Kontrollpunkte können mit gedrückter Maustaste verschoben werden. Außerdem können neue Punkte auf dem Kontrollpolygon eingefügt werden (um dieses zu verfeinern), indem mit der Maus auf die gewünschte Stelle auf dem Kontrollpolygon geklickt wird.

Durch Drücken der Umschalttaste kann in den Modus zum Transformieren der Kurve gewechselt werden. In diesem Modus kann die Kontur rotiert, verschoben und skaliert werden, jedoch nur, wenn der entsprechende Parameter (`Rotate`, `Move`, `Scale` auf *'true'* gesetzt wurde. Die Kontur wird zusammen mit einem Kreuz in der Mitte, einem Pfeil nach rechts, falls `Rotate` auf *'true'* gesetzt wurde, und einem Doppelpfeil, falls `Scale` auf *'true'* gesetzt wurde, dargestellt.

Die Kurve kann

- verschoben werden, indem man mit der linke Maustaste auf das Kreuz im Mittelpunkt klickt und dann die Kurve an die neue Position schiebt.
- rotiert werden, indem man mit der linken Maustaste auf den Pfeil klickt und die Maus bewegt bis die Kurve die gewünschte Lage eingenommen hat.
- skaliert werden, indem der Doppelpfeil verschoben wird. Um das Seitenverhältnis beim Skalieren beizubehalten, muss der Parameter `KeepRatio` auf *'true'* gesetzt werden.

Durch ein weiteres Drücken der Umschalttaste wechselt man zurück in den Editiermodus. Ein Klick mit der rechten Maustaste beendet die Prozedur.

Das Aussehen der Kurve beim Zeichnen wird durch die Linienbreite, den Linienstil und die Farbe bestimmt, die mit den Operatoren `set_color`, `set_colored`, `set_line_width` und `set_line_style` gesetzt werden können. Das Kontrollpolygon und alle Anfasser werden in der zweiten Farbe gezeichnet, die via `set_color` oder `set_colored` gesetzt wurde. Ihre Linienbreite ist fest auf 1 gesetzt, außerdem werden ihre Linien durchgezogen gezeichnet.

Parameter

▷ **`ContOut`** (output_object) . . . . . xld_cont ⇝ *object*
Kontur der NURBS-Kurve.

▷ **`WindowHandle`** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **`Rotate`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Rotation ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: `Rotate` ∈ {'true', 'false'}

▷ **`Move`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Verschieben ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: `Move` ∈ {'true', 'false'}

▷ **`Scale`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Skalieren ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: `Scale` ∈ {'true', 'false'}

▷ **`KeepRatio`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Seitenverhältnis beim Skalieren beibehalten?
Default: 'true'
Werteliste: `KeepRatio` ∈ {'true', 'false'}

▷ **`Degree`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Grad p der Kurve. Vernünftige Werte liegen zwischen 3 und 25.
Default: 3
Wertevorschläge: `Degree` ∈ {2, 3, 4, 5}
Restriktion: Degree >= 2

▷ **`Rows`** (output_control) . . . . . coordinates.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten des Kontrollpolygons.

▷ **`Cols`** (output_control) . . . . . coordinates.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten des Kontrollpolygons.

▷ **`Weights`** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Gewichtsvektor.

Ergebnis

`draw_nurbs` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`set_colored`, `set_line_width`, `set_draw`

Alternativen

`draw_xld`, `draw_nurbs_interp`

Siehe auch

`draw_nurbs_mod`, `draw_nurbs_interp`, `gen_contour_nurbs_xld`

Modul

Foundation

draw_nurbs_interp (: ContOut : WindowHandle, Rotate, Move, Scale, KeepRatio, Degree : ControlRows, ControlCols, Knots, Rows, Cols, Tangents)

Interaktives Erstellen einer NURBS-Kurve durch Interpolation.

Dieser Operator kann nicht in HDevelop-Grafikfenstern verwendet werden, die mit `dev_open_window` geöffnet wurden.

`draw_nurbs_interp` liefert die Kontur `ContOut` einer NURBS-Kurve, die interaktiv durch den Benutzer im Fenster `WindowHandle` durch Interpolation erzeugt worden ist. Mit dem Operator `draw_nurbs` ist es möglich eine NURBS-Kurve durch Zeichnen des Kontrollpolygons zu erzeugen.

Zusätzlich zu `ContOut` werden die Kontrollinformation der Kurve (`ControlRows`,`ControlCols` und `Knots`), die vom Benutzer bestimmten Interpolationspunkte (`Rows` und `Cols`) und die Tangenten im ersten und letzten Punkt der Kurve (`Tangents`) zurückgegeben. Tangents besteht aus den Y- (Zeilen) und X- (Spalten) Werten der Tangente im Startpunkt, gefolgt von den beiden Werten der Tangente im Endpunkt der Kurve.

Ein Gewichtsvektor wird nicht zurückgegeben, da dieser aus gleichen Einträgen besteht. Das heißt, dass *'auto'* als Gewichtsvektor verwendet werden kann, wenn die Kontrollinformationen im Operator `gen_contour_nurbs_xld` verwendet werden. Mehr Informationen über NURBS-Kurven befinden sich in der Dokumentation des Operators `gen_contour_nurbs_xld`.

Direkt nach dem Aufruf von `draw_nurbs_interp` kann man durch Drücken der linken Maustaste an den gewünschten Positionen Interpolationspunkte hinzufügen. Sind genug Punkte vorhanden (mindestens `Degree` − 1), wird eine NURBS-Kurve, die durch alle Punkte geht berechnet und angezeigt.

Der zuletzt angehängte Punkt kann durch Drücken der Steuerungstaste (Strg, Ctrl) gelöscht werden. Sobald 3 Punkte vorhanden sind, werden der erste und der letzte Punkt durch ein zusätzliches Quadrat markiert. Durch Klicken darauf wird die Kontur geschlossen bzw. wieder geöffnet.

Außerdem werden die Tangenten (d.h. die erste Ableitung der Kurve) im ersten und im letzten Punkt der Kurve angezeigt. Diese Tangenten können durch Verschieben ihrer Endpunkte mit der Maus verändert werden.

Vorhandene Punkte können durch Ziehen mit der Maus bewegt werden. Außerdem können neue Punkte auf der Kurve eingefügt werden, indem man auf die gewünschte Position auf der Kurve mit der linken Maustaste klickt.

Durch Drücken der Umschalttaste kann in den Modus zum Transformieren der Kurve gewechselt werden. In diesem Modus kann die Kurve rotiert, verschoben und skaliert werden, jedoch nur wenn der entsprechende Parameter (`Rotate`, `Move`, `Scale`) auf *'true'* gesetzt wurde. Die Kurve wird zusammen mit einem Kreuz in der Mitte und einem Pfeil nach rechts, falls `Rotate` auf *'true'* gesetzt wurde, und einem Doppelpfeil, falls `Scale` auf *'true'* gesetzt wurde, dargestellt.

Die Kurve kann

- verschoben werden, indem man mit der linken Maustaste auf das Kreuz im Mittelpunkt klickt und dann die Kurve an die neue Position schiebt,
- rotiert werden, indem man mit der linken Maustaste auf den Pfeil klickt und die Maus bewegt bis die Kurve die gewünschte Lage eingenommen hat, und
- skaliert werden, indem der Doppelpfeil verschoben wird. Um das Seitenverhältnis beim Skalieren beizubehalten, muss der Parameter `KeepRatio` auf *'true'* gesetzt werden.

Durch ein weiteres Drücken der Umschalttaste wechselt man zurück in den Editiermodus. Ein Klick mit der rechten Maustaste beendet die Prozedur.

Das Aussehen der Kurve beim Zeichnen wird durch die Linienbreite, den Linienstil und die Farbe bestimmt, die mit den Operatoren `set_color`, `set_colored`, `set_line_width` und `set_line_style` gesetzt werden können. Die Tangenten und alle Anfasser werden in der zweiten Farbe gezeichnet, die via `set_color` oder `set_colored` gesetzt wurde. Ihre Linienbreite ist fest auf 1 gesetzt, außerdem werden ihre Linien durchgezogen gezeichnet.

Achtung

Im Gegensatz zu `draw_nurbs` hat jeder Punkt, der vom Nutzer vorgegeben wird, Einfluss auf die ganze Kurve. Wird ein Punkt bewegt, kann und wird sich die ganze Kurve ändern. Um diesen Effekt zu minimieren, empfehlen wir die Verwendung eines niedrigen Grades (3-5). Im Allgemeinen sind die Ergebnisse bei ungeradem Grad etwas besser als bei geradem. Außerdem ist es vorteilhaft, die Abstände aufeinanderfolgender Punkte ungefähr gleich zu wählen.

Parameter

▷ **`ContOut`** (output_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
Kontur der Kurve.

▷ **`WindowHandle`** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **`Rotate`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Rotation ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: `Rotate` ∈ {'true', 'false'}

▷ **`Move`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Verschieben ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: `Move` ∈ {'true', 'false'}

▷ **`Scale`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Skalieren ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: `Scale` ∈ {'true', 'false'}

▷ **`KeepRatio`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Seitenverhältnis beim Skalieren beibehalten?
Default: 'true'
Werteliste: `KeepRatio` ∈ {'true', 'false'}

▷ **`Degree`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Grad p der Kurve. Vernünftige Werte liegen zwischen 3 und 5.
Default: 3
Wertevorschläge: `Degree` ∈ {2, 3, 4, 5}
Restriktion: Degree >= 2 && Degree <= 9

▷ **`ControlRows`** (output_control) ..... coordinates.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten des Kontrollpolygons.

▷ **`ControlCols`** (output_control) ..... coordinates.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten des Kontrollpolygons

▷ **`Knots`** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Knotenvektor.

▷ **`Rows`** (output_control) ..... coordinates.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten der vom Benutzer bestimmten Punkte.

▷ **`Cols`** (output_control) ..... coordinates.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten der vom Benutzer bestimmten Punkte.

▷ **Tangents** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Vom Benutzer bestimmte Tangenten.

Ergebnis

`draw_nurbs_interp` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`set_colored`, `set_line_width`, `set_draw`

Alternativen

`draw_xld`, `draw_nurbs`

Siehe auch

`draw_nurbs_interp_mod`, `draw_nurbs`, `gen_contour_nurbs_xld`

Modul

Foundation

```
draw_nurbs_interp_mod ( : ContOut : WindowHandle, Rotate, Move,
    Scale, KeepRatio, Edit, Degree, RowsIn, ColsIn,
    TangentsIn : ControlRows, ControlCols, Knots, Rows, Cols,
    Tangents )
```

Interaktives Modifizieren einer NURBS-Kurve durch Interpolation.

Dieser Operator kann nicht in HDevelop-Grafikfenstern verwendet werden, die mit `dev_open_window` geöffnet wurden.

`draw_nurbs_interp_mod` liefert die Kontur `ContOut` einer NURBS-Kurve, die interaktiv durch den Benutzer im Fenster `WindowHandle` durch Interpolation modifiziert worden ist.

Zusätzlich zu `ContOut` werden die Kontrollinformation der Kurve (`ControlRows`,`ControlCols` und `Knots`), die vom Benutzer bestimmten Interpolationspunkte (`Rows` und `Cols`) und die Tangenten im ersten und letzten Punkt der Kurve (`Tangents`) zurückgegeben. `Tangents` besteht aus den Y- (Zeilen) und X- (Spalten) Werten der Tangente im Startpunkt, gefolgt von den beiden Werten der Tangente im Endpunkt der Kurve.

Ein Gewichtsvektor wird nicht zurückgegeben, da dieser aus gleichen Einträgen besteht. Das heißt, dass *'auto'* als Gewichtsvektor verwendet werden kann, wenn die Kontrollinformationen im Operator `gen_contour_nurbs_xld` verwendet werden. Mehr Informationen über NURBS-Kurven befinden sich in der Dokumentation des Operators `gen_contour_nurbs_xld`.

Die Eingabekurve wird durch die Interpolationspunkte `RowsIn`, `ColsIn`, den Grad `Degree` und die Tangenten `TangentsIn` beschrieben, so dass `draw_nurbs_interp_mod` mit den Ausgabedaten des Operators `draw_nurbs_interp` verwendet werden kann.

Die Kurve kann auf zwei Arten modifiziert werden: Durch Editieren, zum Beispiel durch Einfügen oder Verschieben von Punkten, oder durch das Transformieren der Kurve als Ganzes, zum Beispiel durch Rotieren, Verschieben oder Skalieren. Die Kontur kann jedoch nur editiert werden, wenn der Parameter `Edit` auf *'true'* gesetzt wurde. Die Parameter `Rotate`, `Move` und `Scale` müssen auf *'true'* gesetzt werden, damit die entsprechende Bearbeitung durchgeführt werden kann. `draw_nurbs_interp_mod` beginnt im Modus zum Transformieren. Durch Drücken der Umschalttaste kann in den Modus zum Editieren gewechselt werden; durch erneutes Drücken der Taste wechselt man zurück in den Modus zum Transformieren.

Transformieren

In diesem Modus kann die Kurve rotiert, verschoben und skaliert werden, jedoch nur, wenn der entsprechenden Parameter (`Rotate`, `Move`, `Scale`) auf *'true'* gesetzt wurde. Die Kurve wird zusammen mit einem Kreuz in der

Mitte, einem Pfeil nach rechts, falls Rotate auf *'true'* gesetzt wurde, und einem Doppelpfeil, falls Scale auf *'true'* gesetzt wurde, dargestellt.

- Zum Verschieben der Kurve klickt man mit der linken Maustaste auf das Kreuz in der Mitte und bewegt die Maus dann mit gedrückter Taste zur neuen Position.
- Zum Rotieren der Kurve klickt man mit der linke Maustaste auf den Pfeil und bewegt die Maus anschließend mit gedrückter Taste solange, bis sich die Kurve in der gewünschten Lage befindet.
- Zum Skalieren der Kurve muss der Doppelpfeil bewegt werden. Um das Seitenverhältnis beim Skalieren beizubehalten, muss der Parameter KeepRatio auf *'true'* gesetzt werden.

Editieren

In diesem Modus wird die Kurve zusammen mit den Interpolationspunkten, der Starttangente und der Endtangente dargestellt. Start- und Endpunkt sind mit einem zusätzlichen Quadrat markiert. Folgende Modifikationen können vorgenommen werden.

- Um Punkte anzuhängen, muss mit der linken Maustaste ins Fenster geklickt werden. Hierdurch wird ein neuer Punkt an dieser Position eingefügt.
- Der zuletzt angehängte Punkt kann durch Drücken der Steuerungstaste (Strg, Ctrl) gelöscht werden.
- Punkte können durch Ziehen mit der Maus verschoben werden.
- Neue Punkte auf der Kurve werden eingefügt, indem auf die gewünschte Stelle auf der Kurve geklickt wird.
- Um die Kurve zu schließen bzw. zu öffnen, muss auf den ersten oder letzten Punkt geklickt werden.
- Die Tangenten können verändert werden, indem ihr Ende mit der Maus verschoben wird.

Ein Klick mit der rechten Maustaste beendet die Prozedur.

Das Aussehen der Kurve beim Zeichnen wird durch die Linienbreite, den Linienstil und die Farbe bestimmt, die mit den Operatoren set_color, set_colored, set_line_width und set_line_style gesetzt werden können. Die Tangenten und alle Anfasser werden in der zweiten Farbe gezeichnet, die via set_color oder set_colored gesetzt wurde. Ihre Linienbreite ist fest auf 1 gesetzt, außerdem werden ihre Linien durchgezogen gezeichnet.

Achtung

Im Gegensatz zu draw_nurbs hat jeder Punkt, der vom Nutzer vorgegeben wird, Einfluss auf die ganze Kurve. Wird ein Punkt bewegt, kann und wird sich die ganze Kurve ändern. Um diesen Effekt zu minimieren, empfehlen wir die Verwendung eines niedrigen Grades (3-5). Im Allgemeinen sind die Ergebnisse bei ungeradem Grad etwas besser als bei geradem. Außerdem ist es vorteilhaft, die Abstände aufeinanderfolgender Punkte ungefähr gleich zu wählen.

Parameter

▷ **ContOut** (output_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
Kontur der modifizierten Kurve.

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Rotate** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Rotation ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: Rotate ∈ {'true', 'false'}

▷ **Move** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Verschieben ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: Move ∈ {'true', 'false'}

▷ **Scale** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Skalieren ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: Scale ∈ {'true', 'false'}

▷ **KeepRatio** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Seitenverhältnis beim Skalieren beibehalten?
Default: 'true'
Werteliste: KeepRatio ∈ {'true', 'false'}

▷ **Edit** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Editieren ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: `Edit` ∈ {'true', 'false'}

▷ **Degree** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Grad p der Kurve. Vernünftige Werte liegen zwischen 3 und 5.
Default: 3
Wertevorschläge: `Degree` ∈ {2, 3, 4, 5}
Restriktion: Degree >= 2 && Degree <= 9

▷ **RowsIn** (input_control) ..... coordinates.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten der Eingabeinterpolationspunkte.

▷ **ColsIn** (input_control) ..... coordinates.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten der Eingabeinterpolationspunkte.

▷ **TangentsIn** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
Eingabetangenten.

▷ **ControlRows** (output_control) ..... coordinates.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten des Kontrollpolygons.

▷ **ControlCols** (output_control) ..... coordinates.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten des Kontrollpolygons

▷ **Knots** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Knotenvektor.

▷ **Rows** (output_control) ..... coordinates.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten der vom Benutzer bestimmten Punkte.

▷ **Cols** (output_control) ..... coordinates.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten der vom Benutzer bestimmten Punkte.

▷ **Tangents** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Vom Benutzer bestimmte Tangenten.

Ergebnis

`draw_nurbs_interp_mod` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`set_colored`, `set_line_width`, `set_draw`

Alternativen

`draw_xld_mod`, `draw_nurbs_mod`

Siehe auch

`draw_nurbs_interp`, `gen_contour_nurbs_xld`

Modul

Foundation

draw_nurbs_mod (: ContOut : WindowHandle, Rotate, Move, Scale, KeepRatio, Edit, Degree, RowsIn, ColsIn, WeightsIn : Rows, Cols, Weights)

Interaktives Modifizieren einer NURBS-Kurve.

Dieser Operator kann nicht in HDevelop-Grafikfenstern verwendet werden, die mit `dev_open_window` geöffnet wurden.

`draw_nurbs_mod` liefert die Kontur `ContOut` und die Kontrollinformationen (`Rows`, `Cols` und `Weights`) der NURBS-Kurve mit dem Grad `Degree`, die interaktiv durch den Benutzer im Fenster `WindowHandle` modifiziert worden ist. Zusätzliche Informationen über NURBS-Kurven finden sich in der Dokumentation des Operators `gen_contour_nurbs_xld`. Um die Kontrollinformationen `Rows`, `Cols` und `Weights` in einem Aufruf des Operators `gen_contour_nurbs_xld` zu verwenden, sollte dort der Knotenvektor `Knots` auf *'auto'* gesetzt werden.

Die Eingabekurve wird durch ihr Kontrollpolygon `RowsIn`, `ColsIn`, ihren Gewichtsvektor `WeightsIn` und ihren Grad `Degree` beschrieben. Es wird angenommen, dass ihr Knotenvektor uniform ist (das entspricht *'auto'* in `gen_contour_nurbs_xld`).

Die Kurve kann auf zwei Arten modifiziert werden: Durch Editieren, zum Beispiel durch Einfügen oder Verschieben von Kontrollpunkten, oder durch das Transformieren der Kurve als Ganzes, zum Beispiel durch Rotieren, Verschieben oder Skalieren. Die Kurve kann jedoch nur editiert werden, wenn der Parameter `Edit` auf *'true'* gesetzt wurde. Die Parameter `Rotate`, `Move` und `Scale` müssen auf *'true'* gesetzt werden, damit die entsprechende Bearbeitung durchgeführt werden kann. `draw_nurbs_mod` beginnt im Modus zum Transformieren. Durch Drücken der Umschalttaste kann in den Modus zum Editieren gewechselt werden; durch erneutes Drücken der Taste wechselt man zurück in den Modus zum Transformieren.

Transformieren

In diesem Modus kann die Kurve rotiert, verschoben und skaliert werden, jedoch nur, wenn der entsprechenden Parameter `Rotate`, `Move` und `Scale` auf *'true'* gesetzt wurde. Die Kurve wird zusammen mit einem Kreuz in der Mitte, einem Pfeil nach rechts, falls `Rotate` auf *'true'* gesetzt wurde, und einem Doppelpfeil, falls `Scale` auf *'true'* gesetzt wurde, dargestellt.

- Zum Verschieben der Kurve klickt man mit der linken Maustaste auf das Kreuz in der Mitte und bewegt die Maus dann mit gedrückter Taste zur neuen Position.
- Zum Rotieren der Kurve klickt man mit der linken Maustaste auf den Pfeil und bewegt die Maus anschließend mit gedrückter Taste solange, bis sich die Kurve in der gewünschten Lage befindet.
- Zum Skalieren der Kurve muss der Doppelpfeil bewegt werden. Um das Seitenverhältnis beim Skalieren beizubehalten, muss der Parameter `KeepRatio` auf *'true'* gesetzt werden.

Editieren

In diesem Modus wird die Kontur zusammen mit ihrem Kontrollpolygon dargestellt. Start- und Endpunkt sind mit einem zusätzlichen Quadrat markiert. Außerdem ist der Punkt, der als letztes angefasst wurde, von einem Kreis umgeben, der das Gewicht dieses Punktes visualisiert. Folgende Modifikationen können vorgenommen werden:

- Um Punkte an das Kontrollpolygon anzuhängen, muss mit der linken Maustaste ins Fenster geklickt werden. Hierdurch wird ein neuer Punkt an dieser Position eingefügt.
- Der zuletzt angehängte Punkt kann durch Drücken der Steuerungstaste (Strg, Ctrl) gelöscht werden.
- Kontrollpunkte können durch Ziehen mit der Maus verschoben werden
- Punkte auf dem Kontrollpolygon werden eingefügt, indem auf die gewünschte Stelle auf dem Kontrollpolygon geklickt wird.
- Um die Kurve zu schließen bzw. zu öffnen muss auf den ersten oder letzten Punkt des Kontrollpolygons geklickt werden.
- Das Gewicht eines Kontrollpunktes kann verändert werden, indem zuerst auf den Punkt geklickt wird (wenn der Gewichtskreis noch nicht angezeigt wird) und anschließend die Größe des Kreises um den Punkt durch Ziehen mit der Maus verändert wird.

Ein Klick mit der rechten Maustaste beendet die Prozedur.

Das Aussehen der Kurve beim Zeichnen wird durch die Linienbreite, den Linienstil und die Farbe bestimmt, die mit den Operatoren `set_color`, `set_colored`, `set_line_width` und `set_line_style` gesetzt werden können. Das Kontrollpolygon und alle Anfasser werden in der zweiten Farbe gezeichnet, die via `set_color` oder `set_colored` gesetzt wurde. Ihre Linienbreite ist fest auf 1 gesetzt, außerdem werden ihre Linien durchgezogen gezeichnet.

Parameter

▷ **ContOut** (output_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
Kontur der modifizierten Kurve.

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Rotate** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Rotation ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: `Rotate` ∈ {'true', 'false'}

▷ **Move** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Verschieben ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: `Move` ∈ {'true', 'false'}

▷ **Scale** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Skalieren ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: `Scale` ∈ {'true', 'false'}

▷ **KeepRatio** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Seitenverhältnis beim Skalieren beibehalten?
Default: 'true'
Werteliste: `KeepRatio` ∈ {'true', 'false'}

▷ **Edit** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Editieren ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: `Edit` ∈ {'true', 'false'}

▷ **Degree** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Grad p der Kurve. Vernünftige Werte liegen zwischen 3 und 25.
Default: 3
Wertevorschläge: `Degree` ∈ {2, 3, 4, 5}
Restriktion: Degree >= 2

▷ **RowsIn** (input_control) ..... coordinates.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten des Eingabekontrollpolygons.

▷ **ColsIn** (input_control) ..... coordinates.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten des Eingabekontrollpolygons.

▷ **WeightsIn** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
Eingabegewichtsvektor.

▷ **Rows** (output_control) ..... coordinates.y-array ⇝ *real*
Zeilen Koordinaten des Kontrollpolygons.

▷ **Cols** (output_control) ..... coordinates.x-array ⇝ *real*
Spalten Koordinaten des Kontrollpolygons.

▷ **Weights** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Gewichtsvektor.

Ergebnis

`draw_nurbs_mod` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`set_colored`, `set_line_width`, `set_draw`

Alternativen

draw_nurbs_interp_mod, draw_xld_mod

Siehe auch

draw_nurbs, draw_nurbs_interp, gen_contour_nurbs_xld

Modul

Foundation

draw_point (: : WindowHandle : Row, Column)

Zeichnen eines Punktes.

draw_point liefert die Parameter für einen Punkt, der interaktiv durch den Benutzer im Fenster erzeugt worden ist.

Für die Erzeugung des Punktes wird mit der linken Maustaste geklickt. Während die Taste gedrückt bleibt, kann der Punkt in jede beliebige Richtung „verschoben“ werden. Nach einem erneuten Mausklick kann dieses beliebig verschoben werden. Ein Klick mit der rechten Maustaste beendet die Prozedur.

Der Punkt ist nach Beendigung der Prozedur nicht mehr auf dem Fenster sichtbar.

Achtung

Für die Nutzung des Zeichenoperators in einem Puffer-Fenster muss die Anwendung Maus-Events senden. Der Zeichenoperator muss dabei in einem anderen Thread ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y ⇝ *real*
  Zeilenindex des Punktes.
- ▷ **Column** (output_control) ..... point.x ⇝ *real*
  Spaltenindex des Punktes.

Beispiel

```
draw_point(WindowHandle,Row,Column)
gen_cross_contour_xld (Cross, Row, Column, 6, 0)
```

Ergebnis

draw_point liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window

Nachfolger

reduce_domain, disp_line, set_colored, set_line_width, set_draw

Siehe auch

draw_point_mod, draw_circle, draw_ellipse

Modul

Foundation

draw_point_mod (: : WindowHandle, RowIn, ColumnIn : Row, Column)

Zeichnen eines Punktes.

draw_point_mod liefert die Parameter für einen Punkt, der interaktiv durch den Benutzer im Fenster erzeugt worden ist.

Für die Erzeugung des Punktes werden die Koordinaten RowIn und ColumnIn erwartet. Nach einem Mausklick kann dieses beliebig verschoben werden. Ein Klick mit der rechten Maustaste beendet die Prozedur.

Der Punkt ist nach Beendigung der Prozedur nicht mehr auf dem Fenster sichtbar.

Achtung

Für die Nutzung des Zeichenoperators in einem Puffer-Fenster muss die Anwendung Maus-Events senden. Der Zeichenoperator muss dabei in einem anderen Thread ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **RowIn** (input_control) ..... point.y ⇝ *real*
  Zeilenindex des Punktes.
- ▷ **ColumnIn** (input_control) ..... point.x ⇝ *real*
  Spaltenindex des Punktes.
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y ⇝ *real*
  Zeilenindex des Punktes.
- ▷ **Column** (output_control) ..... point.x ⇝ *real*
  Spaltenindex des Punktes.

Beispiel

```
draw_point_mod (WindowHandle, 100, 100, Row,Column)
gen_cross_contour_xld (Cross, Row, Column, 6, 0)
```

Ergebnis

draw_point_mod liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window

Nachfolger

reduce_domain, disp_line, set_colored, set_line_width, set_draw

Siehe auch

draw_point, draw_circle, draw_ellipse

Modul

Foundation

draw_polygon (: PolygonRegion : WindowHandle :)

Interaktives Erstellen eines Polygonzugs.

draw_polygon liefert ein Bild, dessen Region genau die interaktiv mit der Maus eingegebene Bildpunkte umfasst (die Grauwerte bleiben undefiniert).

Gezeichnet wird im Ausgabefenster mit gedrückter linker Maustaste. Wird die linke Maustaste losgelassen und an einer anderen Stelle wieder gedrückt, dann wird zwischen diesen beiden Punkten ein Geradenstück gezogen. Ein Druck auf die rechte Maustaste beendet die Eingabe. Für das Zeichnen wird die Farbe verwendet die mit `set_color`, `set_rgb`, etc. eingestellt wurde.

Um das erzeugte `PolygonRegion` für die weitere Verarbeitung mit Grauwerten zu unterlegen, kann der Operator `reduce_domain` verwendet werden.

Achtung

Die gezeichnete Kontur wird nicht automatisch geschlossen, insbesondere auch nicht „aufgefüllt“.

Die Grauwerte des Ausgabeobjektes sind undefiniert.

Für die Nutzung des Zeichenoperators in einem Puffer-Fenster muss die Anwendung Maus-Events senden. Der Zeichenoperator muss dabei in einem anderen Thread ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **`PolygonRegion`** (output_object) ..... region ⇝ *object*
  Region, die alle gezeichneten Punkte umfasst.
- ▷ **`WindowHandle`** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.

Beispiel

```
draw_polygon(Polygon,WindowHandle)
shape_trans(Polygon,Filled,'convex')
dev_display (Filled)
```

Ergebnis

`draw_polygon` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`reduce_domain`, `disp_region`, `set_colored`, `set_line_width`, `set_draw`

Alternativen

`draw_region`, `draw_circle`, `draw_rectangle1`, `draw_rectangle2`, `boundary`

Siehe auch

`reduce_domain`, `fill_up`, `set_color`

Modul

Foundation

`draw_rectangle1` (: : `WindowHandle` : `Row1`, `Column1`, `Row2`, `Column2`)

Zeichnen eines Rechtecks parallel zu den Koordinatenachsen.

`draw_rectangle1` liefert die Parameter für ein Rechteck parallel zu den Koordinatenachsen, das interaktiv durch den Benutzer im Fenster erzeugt worden ist.

Für die Erzeugung des Rechtecks wird mit der linken Maustaste für eine Ecke des Rechtecks geklickt. Während die Taste gedrückt bleibt, kann das Rechteck in jede beliebige Richtung „aufgezogen“ werden. Nach einem erneuten Mausklick in die Mitte des erzeugten Rechtecks, kann dieses beliebig verschoben werden. Mit einem Klick in die Nähe einer Seite kann diese „angefasst“ werden, um die Ausdehnung des Rechtecks in senkrechter Richtung zu

dieser Seite zu verändern. Klickt man auf eine Ecke des erzeugten Rechtecks, kann diese Ecke verschoben werden. Ein Klick mit der rechten Maustaste beendet die Prozedur.

Das Rechteck ist nach Beendigung der Prozedur nicht mehr auf dem Fenster sichtbar.

Achtung

Für die Nutzung des Zeichenoperators in einem Puffer-Fenster muss die Anwendung Maus-Events senden. Der Zeichenoperator muss dabei in einem anderen Thread ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Row1** (output_control) ..... rectangle.origin.y ⇝ *real*
  Zeilenindex der linken oberen Ecke.
- ▷ **Column1** (output_control) ..... rectangle.origin.x ⇝ *real*
  Spaltenindex der linken oberen Ecke.
- ▷ **Row2** (output_control) ..... rectangle.corner.y ⇝ *real*
  Zeilenindex der rechten unteren Ecke.
- ▷ **Column2** (output_control) ..... rectangle.corner.x ⇝ *real*
  Spaltenindex der rechten unteren Ecke.

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
get_image_size (Image, Width, Height)
dev_display (Image)
draw_rectangle1(WindowHandle,Row1,Column1,Row2,Column2)
dev_set_part (Row1, Column1, Row2, Column2)
dev_display (Image)
```

Ergebnis

`draw_rectangle1` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`reduce_domain`, `disp_region`, `set_colored`, `set_line_width`, `set_draw`

Alternativen

`draw_rectangle1_mod`, `draw_rectangle2`, `draw_region`

Siehe auch

`gen_rectangle1`, `draw_circle`, `draw_ellipse`

Modul

Foundation

draw_rectangle1_mod (: : WindowHandle, Row1In, Column1In, Row2In, Column2In : Row1, Column1, Row2, Column2)

Zeichnen eines Rechtecks parallel zu den Koordinatenachsen.

`draw_rectangle1_mod` liefert die Parameter für ein Rechteck parallel zu den Koordinatenachsen, das interaktiv durch den Benutzer im Fenster erzeugt worden ist.

Für die Erzeugung des Rechtecks werden die Parametern `Row1In`, `Column1In`,`Row2In` und `Column2In` erwartet. Nach einem Mausklick in die Mitte des erzeugten Rechtecks, kann dieses beliebig verschoben werden. Mit einem Klick in die Nähe einer Seite kann diese „angefasst“ werden, um die Ausdehnung des Rechtecks in senkrechter Richtung zu dieser Seite zu verändern. Klickt man auf eine Ecke des erzeugten Rechtecks, kann diese Ecke verschoben werden. Ein Klick mit der rechten Maustaste beendet die Prozedur.

Das Rechteck ist nach Beendigung der Prozedur nicht mehr auf dem Fenster sichtbar.

Achtung

Für die Nutzung des Zeichenoperators in einem Puffer-Fenster muss die Anwendung Maus-Events senden. Der Zeichenoperator muss dabei in einem anderen Thread ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **`WindowHandle`** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **`Row1In`** (input_control) . . . . . rectangle.origin.y ⇝ *real*
  Zeilenindex der linken oberen Ecke.
- ▷ **`Column1In`** (input_control) . . . . . rectangle.origin.x ⇝ *real*
  Spaltenindex der linken oberen Ecke.
- ▷ **`Row2In`** (input_control) . . . . . rectangle.corner.y ⇝ *real*
  Zeilenindex der rechten unteren Ecke.
- ▷ **`Column2In`** (input_control) . . . . . rectangle.corner.x ⇝ *real*
  Spaltenindex der rechten unteren Ecke.
- ▷ **`Row1`** (output_control) . . . . . rectangle.origin.y ⇝ *real*
  Zeilenindex der linken oberen Ecke.
- ▷ **`Column1`** (output_control) . . . . . rectangle.origin.x ⇝ *real*
  Spaltenindex der linken oberen Ecke.
- ▷ **`Row2`** (output_control) . . . . . rectangle.corner.y ⇝ *real*
  Zeilenindex der rechten unteren Ecke.
- ▷ **`Column2`** (output_control) . . . . . rectangle.corner.x ⇝ *real*
  Spaltenindex der rechten unteren Ecke.

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
get_image_size (Image, Width, Height)
dev_display (Image)
draw_rectangle1_mod(WindowHandle,100,100,200,300,\
                    Row1,Column1,Row2,Column2)
dev_set_part (Row1, Column1, Row2, Column2)
dev_display (Image)
```

Ergebnis

`draw_rectangle1_mod` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`reduce_domain`, `disp_region`, `set_colored`, `set_line_width`, `set_draw`

Alternativen

`draw_rectangle1`, `draw_rectangle2`, `draw_region`

Siehe auch

gen_rectangle1, draw_circle, draw_ellipse

Modul

Foundation

draw_rectangle2 (: : WindowHandle : Row, Column, Phi, Length1, Length2)

Interaktives Erstellen eines beliebig orientierten Rechtecks.

draw_rectangle2 liefert die Parameter für ein beliebig orientiertes Rechteck, das interaktiv durch den Benutzer im Fenster erzeugt worden ist.

Das zu erzeugende Rechteck wird durch seinen Mittelpunkt, seine zwei Halbachsen und den Winkel der ersten Halbachse zur horizontalen Koordinatenachse beschrieben.

Für die Erzeugung des Rechtecks wird mit der linken Maustaste der Mittelpunkt des Rechtecks festgelegt. Während die Taste gedrückt bleibt, kann die Länge (Length1) und die Orientierung (Phi) der ersten Halbachse festgelegt werden. Dabei wird für die zweite Halbachse vorläufig eine Default-Länge verwendet, die anschließend aber noch verändert werden kann. Nach einem erneuten Mausklick in die Mitte des erzeugten Rechtecks, kann dieses beliebig verschoben werden. Mit einem Klick in die Nähe einer Seite kann diese „angefasst“ werden, um die Ausdehnung des Rechtecks in senkrechter Richtung zu dieser Seite zu verändern. Die Orientierung kann nur verändert werden, wenn eine Seite senkrecht zur ersten Halbachse angefasst wird. Ein Klick mit der rechten Maustaste beendet die Prozedur.

Das Rechteck ist nach Beendigung der Prozedur nicht mehr auf dem Fenster sichtbar.

Achtung

Für die Nutzung des Zeichenoperators in einem Puffer-Fenster muss die Anwendung Maus-Events senden. Der Zeichenoperator muss dabei in einem anderen Thread ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Row** (output_control) ..... rectangle2.center.y ⇝ *real*
  Zeilenindex des Mittelpunkts.
- ▷ **Column** (output_control) ..... rectangle2.center.x ⇝ *real*
  Spaltenindex des Mittelpunkts.
- ▷ **Phi** (output_control) ..... rectangle2.angle.rad ⇝ *real*
  Orientierung der größeren Halbachse in Bogenmaß.
- ▷ **Length1** (output_control) ..... rectangle2.hwidth ⇝ *real*
  Größere Halbachse.
- ▷ **Length2** (output_control) ..... rectangle2.hheight ⇝ *real*
  Kleinere Halbachse.

Ergebnis

draw_rectangle2 liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window

Nachfolger

reduce_domain, disp_region, set_colored, set_line_width, set_draw

Alternativen

draw_rectangle2_mod, draw_rectangle1, draw_region

Siehe auch

gen_rectangle2, draw_circle, draw_ellipse

Modul

Foundation

draw_rectangle2_mod (: : WindowHandle, RowIn, ColumnIn, PhiIn, Length1In, Length2In : Row, Column, Phi, Length1, Length2)

Interaktives Erstellen eines beliebig orientierten Rechtecks.

draw_rectangle2_mod liefert die Parameter für ein beliebig orientiertes Rechteck, das interaktiv durch den Benutzer im Fenster erzeugt worden ist.

Das zu erzeugende Rechteck wird durch seinen Mittelpunkt, seine zwei Halbachsen und den Winkel der ersten Halbachse zur horizontalen Koordinatenachse beschrieben.

Für die Erzeugung des Rechtecks werden die Parametern RowIn, ColumnIn,PhiIn,Length1In,Length2In erwartet. Mit einem Klick in die Nähe einer Seite kann diese „angefasst“ werden, um die Ausdehnung des Rechtecks in senkrechter Richtung (Length2) zu dieser Seite zu verändern. Die Orientierung (Phi) kann nur verändert werden, wenn eine Seite senkrecht zur ersten Halbachse angefasst wird. Nach einem erneuten Mausklick in die Mitte des erzeugten Rechtecks, kann dieses beliebig verschoben werden. Ein Klick mit der rechten Maustaste beendet die Prozedur.

Das Rechteck ist nach Beendigung der Prozedur nicht mehr auf dem Fenster sichtbar.

Achtung

Für die Nutzung des Zeichenoperators in einem Puffer-Fenster muss die Anwendung Maus-Events senden. Der Zeichenoperator muss dabei in einem anderen Thread ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **RowIn** (input_control) . . . . . rectangle2.center.y ⇝ *real*
  Zeilenindex des Mittelpunkts.
- ▷ **ColumnIn** (input_control) . . . . . rectangle2.center.x ⇝ *real*
  Spaltenindex des Mittelpunkts.
- ▷ **PhiIn** (input_control) . . . . . rectangle2.angle.rad ⇝ *real*
  Orientierung der größeren Halbachse in Bogenmaß.
- ▷ **Length1In** (input_control) . . . . . rectangle2.hwidth ⇝ *real*
  Größere Halbachse.
- ▷ **Length2In** (input_control) . . . . . rectangle2.hheight ⇝ *real*
  Kleinere Halbachse.
- ▷ **Row** (output_control) . . . . . rectangle2.center.y ⇝ *real*
  Zeilenindex des Mittelpunkts.
- ▷ **Column** (output_control) . . . . . rectangle2.center.x ⇝ *real*
  Spaltenindex des Mittelpunkts.
- ▷ **Phi** (output_control) . . . . . rectangle2.angle.rad ⇝ *real*
  Orientierung der größeren Halbachse in Bogenmaß.
- ▷ **Length1** (output_control) . . . . . rectangle2.hwidth ⇝ *real*
  Größere Halbachse.
- ▷ **Length2** (output_control) . . . . . rectangle2.hheight ⇝ *real*
  Kleinere Halbachse.

Ergebnis

draw_rectangle2_mod liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`reduce_domain`, `disp_region`, `set_colored`, `set_line_width`, `set_draw`

Alternativen

`draw_rectangle2`, `draw_rectangle1`, `draw_rectangle2`, `draw_region`

Siehe auch

`gen_rectangle2`, `draw_circle`, `draw_ellipse`

Modul

Foundation

`draw_region ( : Region : WindowHandle : )`

Interaktives Erstellen einer geschlossenen Region.

`draw_region` liefert ein Bild, dessen Region die interaktiv mit der Maus eingegebene Bildregion umfasst (die Grauwerte bleiben undefiniert). Gezeichnet wird im Ausgabefenster mit gedrückter linker Maustaste. Die linke Maustaste kann auch punktweise betätigt werden; hierdurch wird eine Gerade zwischen den angeklickten Punkten gezogen. Ein Druck auf die rechte Maustaste beendet die Eingabe und schließt die Kontur. Anschließend wird das Bild „aufgefüllt“, enthält also den gesamten mit der Maus umfahrenen Bildbereich.

Für das Zeichnen wird die Farbe verwendet die mit `set_color`, `set_rgb`, etc. eingestellt wurde.

Achtung

Die Grauwerte des Ausgabeobjektes sind undefiniert.

Für die Nutzung des Zeichenoperators in einem Puffer-Fenster muss die Anwendung Maus-Events senden. Der Zeichenoperator muss dabei in einem anderen Thread ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **`Region`** (output_object) ..... region ⇝ *object*
  Interaktiv erstellte Region.
- ▷ **`WindowHandle`** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
dev_display (Image)
draw_region(Region,WindowHandle)
reduce_domain(Image,Region,ImageReduced)
invert_image (ImageReduced, ImageInvert)
dev_display (ImageInvert)
```

Ergebnis

`draw_region` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window

Nachfolger

reduce_domain, disp_region, set_colored, set_line_width, set_draw

Alternativen

draw_circle, draw_ellipse, draw_rectangle1, draw_rectangle2

Siehe auch

draw_polygon, reduce_domain, fill_up, set_color

Modul

Foundation

draw_xld (: ContOut : WindowHandle, Rotate, Move, Scale, KeepRatio :)

Interaktives Erstellen einer Kontur.

draw_xld liefert eine Kontur, die interaktiv durch den Benutzer im Fenster erzeugt worden ist.

Direkt nach dem Aufruf von draw_xld kann man, durch Drücken der linken Maustaste, Punkte zur Kontur hinzufügen. Der zuletzt angehängte Punkt kann durch Drücken der Steuerungstaste (Strg, Ctrl) gelöscht werden. Sobald die Kontur aus 3 Punkten besteht, werden 5 Pickpunkte dargestellt, einer in der Mitte und die anderen an den 4 Ecken des umschließenden Rechtecks. Durch Klicken auf einen dieser Pickpunkte kann die Kontur geschlossen und wieder geöffnet werden. Bei einer geschlossenen Kontur werden die Pickpunkte als Rechtecke dargestellt, ansonsten gleicht ihre Form einem 'u'.

Bei einer geschlossene Kontur kann man

- Konturpunkte verschieben, indem man mit der linken Maustaste auf einen Punkt, markiert durch ein Rechteck, klickt und bei gedrückter Maustaste die Maus bewegt,
- Konturpunkte einfügen, indem man mit der linken Maustaste in die Nähe einer Linie klickt, und dann die Maus bei gedrückter Maustaste an die gewünschte Position bewegt, und
- Konturpunkte löschen, indem man einen Punkt über die linke Maustaste selektiert und dann die Steuerungstaste (Strg, Ctrl) drückt.

Durch Drücken der Umschalttaste kann in den Modus zum Transformieren der Kontur gewechselt werden. In diesem Modus kann die Kontur rotiert, verschoben und skaliert werden, jedoch nur wenn der entsprechenden Parameter Rotate, Move und Scale auf *'true'* gesetzt wurde. Die Kontur wird zusammen mit einem Kreuz in der Mitte und einem Pfeil nach rechts, falls Rotate auf *'true'* gesetzt wurde, und einem Doppelpfeil, falls Scale auf *'true'* gesetzt wurde, dargestellt.

Die Kontur kann

- verschoben werden, indem man mit der linken Maustaste auf das Kreuz im Mittelpunkt klickt und dann die Kontur an die neue Position schiebt,
- rotiert werden, indem man mit der linken Maustaste auf den Pfeil klickt und die Maus bewegt bis die Kontur die gewünschte Lage eingenommen hat, und
- skaliert werden, indem der Doppelpfeil verschoben wird. Um das Seitenverhältnis beim Skalieren beizubehalten, muss der Parameter KeepRatio auf *'true'* gesetzt werden.

Ein Klick mit der rechten Maustaste beendet die Prozedur.

Achtung

Für die Nutzung des Zeichenoperators in einem Puffer-Fenster muss die Anwendung Maus-Events senden. Der Zeichenoperator muss dabei in einem anderen Thread ausgeführt werden.

Parameter

▷ **ContOut** (output_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
Modifizierte Kontur.

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Rotate** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Rotation ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: `Rotate` ∈ {'true', 'false'}

▷ **Move** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Verschieben ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: `Move` ∈ {'true', 'false'}

▷ **Scale** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Skalieren ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: `Scale` ∈ {'true', 'false'}

▷ **KeepRatio** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Seitenverhältnis beim Skalieren beibehalten?
Default: 'true'
Werteliste: `KeepRatio` ∈ {'true', 'false'}

Ergebnis

`draw_xld` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_window`

Nachfolger

`reduce_domain`, `disp_region`, `set_colored`, `set_line_width`, `set_draw`

Alternativen

`draw_rectangle2`, `draw_rectangle1`, `draw_rectangle2`, `draw_region`

Siehe auch

`gen_rectangle2`, `draw_circle`, `draw_ellipse`

Modul

Foundation

draw_xld_mod (ContIn : ContOut : WindowHandle, Rotate, Move, Scale, KeepRatio, Edit :)

Interaktives Modifizieren einer Kontur.

`draw_xld_mod` liefert eine Kontur, die interaktiv durch den Benutzer im Fenster modifiziert worden ist.

Die Kontur kann auf zwei Arten modifiziert werden: Durch Editieren, zum Beispiel durch Einfügen oder Verschieben von Punkten, oder durch das Transformieren der Kontur als Ganzes, zum Beispiel durch Rotation, Verschieben oder Skalieren. Die Kontur kann jedoch nur editiert werden, wenn der Parameter `Edit` auf *'true'* gesetzt wurde. Die Parameter `Rotate`, `Move` und `Scale` müssen auf *'true'* gesetzt werden, damit die entsprechende Bearbeitung durchgeführt werden kann. `draw_xld_mod` beginnt im Modus zum Transformieren. Durch Drücken der Umschalttaste kann in den Modus zum Editieren gewechselt werden; durch erneutes Drücken der Taste wechselt man zurück in den Modus zum Transformieren.

Transformieren

In diesem Modus kann die Kontur rotiert, verschoben und skaliert werden, jedoch nur wenn der entsprechenden Parameter `Rotate`, `Move` und `Scale` auf *'true'* gesetzt wurde. Die Kontur wird zusammen mit einem Kreuz in der Mitte und einem Pfeil nach rechts, falls `Rotate` auf *'true'* gesetzt wurde, und einem Doppelpfeil, falls `Scale` auf *'true'* gesetzt wurde, dargestellt.

- Zum Verschieben der Kontur klickt man mit der linken Maustaste auf das Kreuz in der Mitte und bewegt die Maus dann mit gedrückter Taste zur neuen Position.
- Zum Rotieren der Kontur klickt man mit der linken Maustaste auf den Pfeil und bewegt die Maus anschließend mit gedrückter Taste solange, bis sich die Kontur in der gewünschten Lage befindet.
- Zum Skalieren der Kontur muss der Doppelpfeil bewegt werden. Um das Seitenverhältnis beim Skalieren beizubehalten, muss der Parameter `KeepRatio` auf *'true'* gesetzt werden.

Editieren

In diesem Modus wird die Kontur zusammen mit 5 sogenannten Pickpunkten dargestellt. Diese befinden sich in der Mitte und an den vier Ecken des umschließenden Rechtecks. Bei geschlossener Kontur werden diese Pickpunkte als Rechtecke dargestellt, ansonsten gleicht deren Form einem 'u'. Durch Drücken auf diese Pickpunkte kann eine geöffnete Kontur geschlossen werden und umgekehrt. Abhängig vom Zustand der Kontur können unterschiedliche Modifikationen vorgenommen werden. Geöffnete Kontur (Pickpunkte gleichen einem 'u')

- Um Punkte an die Kontur anzuhängen, muss mit der linken Maustaste ins Fenster geklickt werden. Hierdurch wird ein neuer Punkt an dieser Position eingefügt.
- Der zuletzt angehängte Punkt kann durch Drücken der Steuerungstaste (Strg, Ctrl) gelöscht werden.
- Zum Verschieben oder Einfügen von Punkten muss zunächst die Kontur geschlossen werden. Hierzu muss auf einen der Pickpunkte geklickt werden.

Geschlossene Kontur (rechteckige Pickpunkte)

- Zum Verschieben eines Punktes muss mit der linke Maustaste auf einen Punkt, markiert durch ein Rechteck, geklickt werden. Während man nun die Maustaste gedrückt hält, kann der Punkt verschoben werden.
- Wird die linke Maustaste in der Nähe einer Linie geklickt, so wird ein neuer Punkt eingefügt. Dieser kann, solange die linke Maustaste gedrückt wird, an die gewünschte Position verschoben werden.
- Zum Löschen eines Punktes muss ein Punkt mit der linken Maustaste selektiert werden und anschließend die Steuerungstaste (Strg, Ctrl) gedrückt werden.

Ein Klick mit der rechten Maustaste beendet die Prozedur.

Achtung

Für die Nutzung des Zeichenoperators in einem Puffer-Fenster muss die Anwendung Maus-Events senden. Der Zeichenoperator muss dabei in einem anderen Thread ausgeführt werden.

Parameter

▷ **`ContIn`** (input_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
Eingabekontur

▷ **`ContOut`** (output_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
Modifizierte Kontur.

▷ **`WindowHandle`** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **`Rotate`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Rotation ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: `Rotate` ∈ {'true', 'false'}

▷ **`Move`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Verschieben ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: `Move` ∈ {'true', 'false'}

▷ **Scale** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Skalieren ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: Scale ∈ {'true', 'false'}

▷ **KeepRatio** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Seitenverhältnis beim Skalieren beibehalten?
Default: 'true'
Werteliste: KeepRatio ∈ {'true', 'false'}

▷ **Edit** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Editieren ermöglichen?
Default: 'true'
Werteliste: Edit ∈ {'true', 'false'}

Ergebnis

draw_xld_mod liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window

Nachfolger

reduce_domain, disp_region, set_colored, set_line_width, set_draw

Alternativen

draw_rectangle2, draw_rectangle1, draw_rectangle2, draw_region

Siehe auch

gen_rectangle2, draw_circle, draw_ellipse

Modul

Foundation

Kapitel 13

Identifizierung

13.1 Barcode

Dieses Kapitel gibt eine Einführung zum Thema Barcodes und den wichtigsten Begriffen beim Finden und Dekodieren von Barcodes in HALCON.

Aufbau von Linearen (1D) Barcodes

Ein Barcode besteht aus mehreren dunklen Balken und hellen Leerzeichen. Dabei gibt es ein kleinstmögliches Element, also der schmalst-mögliche Balken, bzw. das schmalst-mögliche Leerzeichen des Barcodes, welches Modul genannt wird. Die Breite der Balken und Leerzeichen ist im Allgemeinen unterschiedlich, aber stets ein vielfaches des Moduls. Mehrere Balken und Leerzeichen ergeben ein Muster. Dieses Muster kodiert ein Symbol, welches in einer Dekodiertabelle festgehalten ist. Die Konventionen, wie ein solches binäres Muster ein Symbol kodiert und wie die Dekodiertabelle aussieht, führen zum jeweiligen Barcode-Typen. Nebst den Mustern zum Kodieren der Symbole gibt es noch Muster mit speziellen Aufgaben. Je nach Typ gibt es weitere Muster, die vorkommen können oder müssen:

- Ruhezone (quiet-zone): Zone in der keine Kanten auftreten dürfen. Sie wird vor dem Start- und nach dem Stoppzeichen benötigt, um den Code zu finden.

Schematische Darstellung der Ruhezone (orange) anhand eines Beispiel-Barcodes des Typs Code 128.

- Start- und Stoppzeichen: Legen Start, Ende und Richtung fest. Damit kann der Code sowohl von links nach rechts als auch von rechts nach links (und somit auf dem Kopf stehend) gelesen und dekodiert werden.

Schematische Darstellung der Start- und Stoppzeichen (orange) anhand eines Beispiel-Barcodes des Typs Code 128.

- Prüfziffer: Ziffer, die als Sicherheitscheck dient. Mit ihr wird überprüft, ob der Code richtig gelesen wurde.

Schematische Darstellung der Prüfziffer (orange) anhand eines Beispiel-Barcodes des Typs Code 128.

- Guard-Pattern: Spezielle Muster, die links, rechts, in der Mitte oder als Zusatzsymbol vorkommen können.

Schematische Darstellung des Guard-Patterns (orange) anhand eines Beispiel-Barcodes des Typs UPC-A.

- Finder-Pattern: Spezielle Suchmuster zur Lokalisierung des Barcodes.

Schematische Darstellung des Finder-Patterns (orange) anhand eines Beispiel-Barcodes des Typ GS1 Databar.

- Add-on Symbol: Zusätzliche Symbole zur Kodierung ergänzender Informationen. Diese Symbole sind als Barcodes begrenzter Länge kodiert.

Schematische Darstellung zusätzlicher Symbole (orange) anhand eines Beispiel-Barcodes des Typs EAN-8 Add-On 2.

Aufbau von zusammengesetzten Barcodes

Zusammengesetzte Barcodes (composite bar codes) bestehen aus folgenden Elementen:

- Linearer Barcode: Wie oben beschrieben.
- 2D Code: Für Erklärungen zu den 2D Codes wird auf den „`Solution Guide II-C - 2D Data Codes`“ verwiesen.
- Verbindendes Muster: Verbindet die beiden vorher gelisteten Codes miteinander.

Die folgende Abbildung zeigt ein Schema eines zusammengesetzten Barcodes.

Schematische Darstellung eines zusammengesetzten Barcodes anhand eines Beispiel-Barcodes des Typs UPC-A Composite: Linearer Barcode (schwarz), 2D Code (hell-blau) und das verbindende Muster (orange).

Lesen eines Barcodes

Um auf einem Bild einen Barcode lesen zu können, muss dieser zuerst gefunden werden. Die Regionen, in welchen HALCON einen Barcode vermutet, werden Kandidaten genannt.

Zum Lesen eines Kandidaten werden verschiedene Linien durch die Region gelegt, sogenannte Scanlinien. Obwohl theoretisch eine einzelne Scanlinie reichen würde, wird entlang jeder Scanlinie versucht, den Barcode zu dekodieren. Dadurch steigt die Chance, den Code richtig zu dekodieren. Zudem ermöglichen mehrere erfolgreich dekodierte Scanlinien zusätzliche Plausibilitätschecks, d.h., werden mehrere Scanlinien gleich gelesen, so sinkt das Risiko, den Barcode falsch zu dekodieren.

Schematische Darstellung verschiedener Scanlinien eines Kandidaten. Dabei wurden gewisse Scanlinien erfolgreich gelesen (grün), während andere fehlschlugen (rot).

Der generelle Ablauf und verschiedene Beispiele, wie Barcodes in HALCON gelesen werden können, finden sich im „Solution Guide I - Basics".

clear_bar_code_model (: : BarCodeHandle :)

Löschen eines Barcode-Modells und Freigabe des verwendeten Speichers.

Der Operator clear_bar_code_model löscht ein mit create_bar_code_model angelegtes Barcode-Modell und gibt den gesamten darin referenzierten Speicherplatz wieder frei. Der Handle des zu löschenden 2D-Barcode-Modells muss in BarCodeHandle übergeben werden. Nach dem Aufruf ist dieser ungültig.

Parameter

▷ **BarCodeHandle** (input_control) ..... barcode(-array) ⇝ *handle*
Handle des zu löschenden Barcode-Modells.

Ergebnis

clear_bar_code_model liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls der übergebene Handle gültig ist, und das darüber referenzierte Modell vollständig freigegeben werden kann. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- BarCodeHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Siehe auch

find_bar_code

Modul

Bar Code

create_bar_code_model (: : GenParamName,
GenParamValue : BarCodeHandle)

Anlegen eines generischen Modells für einen Barcode-Leser.

Mit Hilfe von create_bar_code_model wird ein generisches Modell für alle unterstützen Typen von Barcodes angelegt. Als Ergebnis liefert der Operator in BarCodeHandle einen Handle zurück, der für alle weiteren Barcode-Operationen verwendet wird, beispielsweise um das Modell zu modifizieren, um im Bild nach Symbolen zu suchen und diese zu lesen, oder um später auf die Ergebnisse der Symbolsuche zuzugreifen. Welcher Typ von Barcode in einem entsprechenden Bild gelesen werden möchte, wird erst mit dem Aufruf von find_bar_code festgelegt.

Im allgemeinen werden Barcodes ohne besondere Einstellung von Parametern erfolgreich in Bildern gefunden. Die Parameter GenParamName und GenParamValue werden daher standardmäßig als leere Tupel übergeben. Für den Fall, dass der Barcode oder die verwendeten Bilder Besonderheiten aufweisen, welche eine spezielle

Einstellung der möglichen Parameter erfordern, können diese bereits beim Anlegen des Modells gesetzt werden. Alternativ dazu ist auch das spätere Verändern von Parametern mit Hilfe des Operators `set_bar_code_param` bzw. `set_bar_code_param_specific` möglich. Siehe auch dort für eine detaillierte Beschreibung zur Einstellung von Parametern.

Parameter

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die für das Barcode-Modell eingestellt werden sollen.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'check_char', 'composite_code', 'barcode_height_min', 'barcode_width_min', 'barcode_width_max', 'element_size_max', 'element_size_min', 'meas_thresh', 'meas_thresh_abs', 'min_identical_scanlines', 'num_scanlines', 'orientation', 'orientation_tol', 'persistence', 'start_stop_tolerance', 'stop_after_result_num', 'upce_encodation', 'upce1_enable', 'timeout', 'train', 'quiet_zone', 'element_size_variable', 'min_code_length', 'max_code_length'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *real* / integer / string
Werte der generischen Parameter, die für das Barcode-Modell eingestellt werden sollen.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0, 0.1, 1, 1.5, 2, 8, 32, 45, 'present', 'absent', 'none', 'CC-A/B', 'auto', 'high', 'low', 'true', 'false'}

▷ **`BarCodeHandle`** (output_control) . . . . . barcode ⇝ *handle*
Handle für den Zugriff auf das Barcode-Modell.

Ergebnis

`create_bar_code_model` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt sind und das Modell erzeugt werden kann. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`find_bar_code`

Siehe auch

`clear_bar_code_model`

Literatur

International Standard ISO/IEC 15420: „Information technology - Automatic identification and data capture techniques - Bar code symbology specification - EAN/UPC“; Reference number ISO/IEC 15420:2000 (E); ISO/IEC 2000.

International Standard ISO/IEC 16390: „Information technology - Automatic identification and data capture techniques - Bar code symbology specification - Interleaved 2 of 5“; Reference number ISO/IEC 16390:1999 (E); ISO/IEC 1999.

International Standard ISO/IEC 16388: „Information technology - Automatic identification and data capture techniques - Bar code symbology specification - Code 39“; Reference number ISO/IEC 16388:1999 (E); ISO/IEC 1999.

American National Standards Institute, Inc.(ANSI): „Uniform Symbology Specification Code 93“; ANSI/AIM-BC5-2000; AIM 2000.

International Standard ISO/IEC 15417: „Information technology - Automatic identification and data capture techniques - Bar code symbology specification - Code 128“; Reference number ISO/IEC 15417:2000 (E); ISO/IEC 2000.

American National Standards Institute, Inc.(ANSI): „Uniform Symbology Specification Codabar“; ANSI/AIM-BC3-2000; AIM 2000.

International Standard ISO/IEC 24724: „Information technology - Automatic identification and data capture techniques - Reduced Space Symbology (RSS) bar code symbology specification“; Reference number ISO/IEC 24724: 2006 (E); ISO/IEC 2006.

International Standard ISO/IEC 24723: „Information technology - Automatic identification and data capture techniques - EAN.UCC Composite bar code symbology specification“; Reference number ISO/IEC 24723:2006 (E); ISO/IEC 2006.

Modul

Bar Code

decode_bar_code_rectangle2 (Image : : BarCodeHandle, CodeType, Row, Column, Phi, Length1, Length2 : DecodedDataStrings)

Lesen von Barcode-Symbolen innerhalb eines Rechtecks.

Der Operator decode_bar_code_rectangle2 benutzt das durch BarCodeHandle angegebene Barcode-Modell um einen Barcode an einer vorgegebenen Position innerhalb des Bildes Image zu dekodieren. BarCodeHandle muss mit create_bar_code_model erstellt worden sein. Dessen Parameter können mit set_bar_code_param gesetzt werden. Die Position des Barcodes wird als beliebig orientiertes Rechteck übergeben. Im Gegensatz zu find_bar_code, wo der Dekodierung eine zeitaufwändige Suche nach Kandidatenregionen vorangeht, durchsucht decode_bar_code_rectangle2 die übergebene Region direkt nach Barcodes. Die rechteckige Region wird definiert mit den Parametern Row und Column für den Schwerpunkt, Phi für die Orientierung und Length1 und Length2 für die halbe Länge der Rechteckseiten (vergleiche gen_rectangle2). Der Winkel Phi legt auch die Leserichtung des Barcodes fest. Die Orientierung eines Barcodes ist der Winkel zwischen der Leserichtung des Barcodes und der horizontalen Bildachse. Der Winkel ist positiv bei Drehung nach links und wird wie bei gen_rectangle2 in Bogenmaß angegeben. Dies ist entgegengesetzt zu den Operatoren get_bar_code_result und set_bar_code_param bei denen Winkelangaben in Grad angegeben werden. Phi kann im Wertebereich von $[-\pi, +\pi]$ liegen. Die Leserichtung ist senkrecht zu den Kanten der einzelnen Barcodestriche. Es werden auch Barcodes mit einer Leserichtung von Phi $+ \pi$ zurückgegeben. Mehrere Regionen zur Dekodierung können als Tupel in Row, Column, Phi, Length1 und Length2 übergeben werden.

Das Rechteck sollte den Barcode und die Ruhezonen vollständig überdecken. Zu groß gewählte Regionen werden dekodiert, falls in dieser Region keine störenden Muster auftauchen und die Höhe (Length2) klein genug ist, dass die Scanlinien genügend dicht gelegt werden können. Rechtecke, die in Leserichtung (Length1) zu kurz gewählt sind, können nicht dekodiert werden.

decode_bar_code_rectangle2 kann dann verwendet werden, wenn die Position des Barcodes bereits im Voraus bekannt ist. Beispielsweise könnten durch find_bar_code und get_bar_code_object bereits Kandidatenregionen für Barcodes vorliegen (siehe folgendes Beispiel).

Für den Parameter CodeType können mehrere Barcode-Typen angegeben werden, vergleiche Abschnitt Autodiskriminierung für find_bar_code.

Die weiteren Aspekte der tatsächlichen Dekodierung werden bei dem Operator find_bar_code beschrieben.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object* : byte
  Eingabebild.
- ▷ **BarCodeHandle** (input_control) ..... barcode ⇝ *handle*
  Handle des zu verwendenden Barcode-Modells.
- ▷ **CodeType** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Typ des zu findenden Barcodes.
  Default: 'EAN-13'
  Werteliste: CodeType ∈ {'2/5 Industrial', '2/5 Interleaved', 'Codabar', 'Code 39', 'Code 93', 'Code 128', 'EAN-13', 'EAN-13 Add-On 2', 'EAN-13 Add-On 5', 'EAN-8', 'EAN-8 Add-On 2', 'EAN-8 Add-On 5', 'UPC-A', 'UPC-A Add-On 2', 'UPC-A Add-On 5', 'UPC-E', 'UPC-E Add-On 2', 'UPC-E Add-On 5', 'MSI', 'PharmaCode', 'GS1 DataBar Omnidir', 'GS1 DataBar Truncated', 'GS1 DataBar Stacked', 'GS1 DataBar Stacked Omnidir', 'GS1 DataBar Limited', 'GS1 DataBar Expanded', 'GS1 DataBar Expanded Stacked', 'GS1-128', 'auto'}

▷ **Row** (input_control) . . . . . rectangle2.center.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenindex des Schwerpunktes.
Default: 50.0

▷ **Column** (input_control) . . . . . rectangle2.center.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenindex des Schwerpunktes.
Default: 100.0

▷ **Phi** (input_control) . . . . . rectangle2.angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
Orientierung des Rechtecks in Bogenmaß.
Default: 0.0
Wertevorschläge: `Phi` ∈ {0.0, 0.785398, 1.570796, 3.1415926}

▷ **Length1** (input_control) . . . . . rectangle2.hwidth(-array) ⇝ *real* / integer
Hälfte der Seitenlänge des Rechtecks entlang der Leserichtung des Barcodes
Default: 200.0

▷ **Length2** (input_control) . . . . . rectangle2.hheight(-array) ⇝ *real* / integer
Hälfte der Seitenlänge des Rechtecks senkrecht zur Leserichtung des Barcodes.
Default: 100.0

▷ **DecodedDataStrings** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Die Datenstrings der erfolgreich dekodierten Barcodes.

Beispiel

```
read_image (Image, 'barcode/ean13/ean1301.png')
create_bar_code_model ([], [], BHandle)
find_bar_code (Image, SymReg, BHandle, '2/5 Industrial', Dec)
if (|Dec| == 0)
*     A 2/5 Industrial code wasn't found. Try decoding an EAN-13 code.
    get_bar_code_object (CandReg, BHandle, 'all', 'candidate_regions')
    smallest_rectangle2 (CandReg, R, C, Phi, L1, L2)
    decode_bar_code_rectangle2 (Image, BHandle, 'EAN-13', R, C, Phi, \
                                L1, L2, Dec)
endif
```

Ergebnis

`decode_bar_code_rectangle2` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- BarCodeHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_bar_code_model`, `set_bar_code_param`, `smallest_rectangle2`

Nachfolger

`get_bar_code_result`, `get_bar_code_object`, `clear_bar_code_model`

Alternativen

`find_bar_code`

Siehe auch

`gen_rectangle2`

Modul

Bar Code

deserialize_bar_code_model (
: : SerializedItemHandle : BarCodeHandle)

Deserialisieren eines Barcode-Modells.

deserialize_bar_code_model deserialisiert ein Barcode-Modell, welches mit serialize_bar_code_model serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte Modell wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten Barcode-Modell mit dem Handle BarCodeHandle gespeichert.

Parameter

- ▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.
- ▷ **BarCodeHandle** (output_control) . . . . . barcode ⇝ *handle*
  Handle für das deserialisierte Barcode-Modell.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_bar_code_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

fread_serialized_item, receive_serialized_item, serialize_bar_code_model

Nachfolger

find_bar_code

Alternativen

create_bar_code_model

Siehe auch

serialize_bar_code_model, clear_bar_code_model

Modul

Bar Code

find_bar_code (Image : SymbolRegions : BarCodeHandle,
CodeType : DecodedDataStrings)

Suchen und Lesen von Barcode-Symbolen im Eingabebild.

Der Operator find_bar_code sucht im Eingabebild (Image) nach Barcode-Symbolen und dekodiert die darin enthaltenen Zeichenfolgen. In einem Bild kann eine beliebige Anzahl an Barcodes eines Typs gefunden und dekodiert werden, wobei der Typ des gesuchten Barcodes mit CodeType ausgewählt wird. Die gelesenen Zeichenfolgen werden in DecodedDataStrings und die dazu korrespondierenden Barcode-Regionen in SymbolRegions zurück gegeben. Werden insgesamt n Barcodes erfolgreich gelesen, so können die Indizes von 0 bis (n-1) in den Operatoren get_bar_code_result und get_bar_code_object verwendet werden, um die gewünschte Information eines speziellen Ergebnisse zu erhalten.

Es wird angenommen, dass die Barcodes dunkel auf einem hellen Hintergrund erscheinen. Um helle Barcodes auf einem dunklen Hintergrund lesen zu können, muss das Eingabebild vorher mit dem Operator invert_image invertiert werden.

Vor dem Aufruf des Operators find_bar_code muss mit Hilfe von create_bar_code_model ein Barcode-Modell erstellt und der dabei erzeugte Handle in BarCodeHandle an find_bar_code übergeben werden.

Der Ausgabewert DecodedDataStrings gibt für jedes Ergebnis die dekodierte Zeichenfolge zurück. Der Inhalt dieser Zeichenfolge wird durch den Standard des entsprechenden Codetyps bestimmt. Typischerweise enthält DecodedDataStrings nur die Zeichen mit Dateninformation. Bei Codes mit obligatorischem Prüfzeichen wird dieses nicht mit ausgegeben. Bei Codes mit optionalem Prüfzeichen, z.B. Code 39, Codabar, 2/5 Industrial oder 2/5 Interleaved, hängt das Ergebnis von der Einstellung des Parameters *'check_char'* ab, welcher in create_bar_code_model, set_bar_code_param oder set_bar_code_param_specific einstellbar ist: Der Standardwert von *'absent'* gibt an, dass kein Prüfzeichen vorliegt. In diesem Fall wird keine Prüfung durchgeführt, und alle Zeichen werden als Daten zurückgeliefert. Ist dieser Parameter auf *'present'* gesetzt, so wird ein Prüfzeichen erwartet und benutzt um die Korrektheit des Barcodes zu prüfen. Ist die Prüfsumme fehlerhaft, so wird der Code als nicht lesbar eingestuft und dementsprechend auch nicht als Ergebnis in DecodedDataStrings und SymbolRegions zurückgeliefert. Das Prüfzeichen selbst wird aus den Nutzdaten entfernt. Falls dies nicht erwünscht ist, kann der Parameterwert *'preserved'* eingestellt werden um das Prüfzeichen trotz Prüfung zu erhalten.

Die zu Grunde liegenden Referenz-Zeichen, einschließlich möglicher Start- oder Stopzeichen sowie Prüfzeichen, können mit get_bar_code_result und *'decoded_reference'* abgefragt werden.

Folgende Barcode-Symbole werden unterstützt:

2/5 Industrial	EAN-8	GS1-128
2/5 Interleaved	EAN-8 Add-On 2	GS1 DataBar Omnidirectional
Codabar	EAN-8 Add-On 5	GS1 DataBar Truncated
Code 39	EAN-13	GS1 DataBar Stacked
Code 32 (converted from Code 39)	EAN-13 Add-On 2	GS1 DataBar Stacked Omnidirectional
Code 93	EAN-13 Add-On 5	GS1 DataBar Limited
Code 128	UPC-A	GS1 DataBar Expanded
MSI	UPC-A Add-On 2	GS1 DataBar Expanded Stacked
PharmaCode	UPC-A Add-On 5	
	UPC-E	
	UPC-E Add-On 2	
	UPC-E Add-On 5	

Anmerkung: Da die Leserichtung beim PharmaCode nicht bestimmt werden kann, werden auch die beiden Zeichenketten für jede Leserichtung zurückgegeben. Beide Zeichenketten werden in einer Zeichenkette durch ein Komma getrennt aneinandergehängt.

Barcodes vom Typ GS1 DataBar können zusätzlich eine Composite-Code-Komponente enthalten. Um diese Komponente finden und dekodieren zu können, muss mittels des Operators set_bar_code_param der Parameter *'composite_code'* auf *'CC-A/B'* gesetzt werden.

Es können auch Barcodes vom Typ 'Code 32' gelesen werden, indem der Operator find_bar_code mit CodeType *'Code 39'* in Kombination mit der externen Prozedur convert_decoded_string_code39_to_code32 verwendet wird.

Die Liste unterstützter GS1 Application Identifier kann mittels set_system aktualisiert werden (siehe den entsprechenden Eintrag zum Parameter *'gs1_syntax_dictionary'*).

Autodiskriminierung

Autodiskriminierung beschreibt das gleichzeitige Lesen mehrerer Barcode-Typen in einem Aufruf von find_bar_code. Dazu wird dem Parameter CodeType ein Tupel von möglichen Barcode-Typen übergeben. Mit dem speziellen Wert *'auto'* werden alle Barcode-Typen dekodiert, mit Ausnahme von *'PharmaCode'* und *'MSI'*, da diese zu wenige Merkmale bieten um von anderen Barcode-Typen abgegrenzt werden zu können. In dem Tupel können auch Barcode-Typen mit vorangestellter Tilde (~) angegeben werden, welche dann nicht dekodiert werden. So bezeichnet beispielsweise

['auto', '~EAN-8', '~EAN-8 Add-On 2', '~EAN-8 Add-On 5']

alle Barcode-Typen ohne *'PharmaCode'*, *'MSI'* und *'EAN-8'*-Arten. Zu beachten ist, dass jeder zusätzlich erlaubte Barcode-Typ die Laufzeit des Operators verlängert. Da eventuell nicht alle Barcodes definitiv voneinander unterschieden werden können nimmt ggf. die Zuverlässigkeit der Dekodierung mit jedem zusätzlichen Barcode-Typ ab. Um die Kompatibilität der Autodiskriminierung zu erhöhen sollten falls möglich immer Barcodes mit Prüfzeichen bzw. Prüfsumme verwendet werden.

Der Barcode-Leser versucht die Barcode-Typen in der folgenden Reihenfolge zu dekodieren:

'GS1 DataBar Omnidir', *'GS1 DataBar Truncated'*, *'GS1 DataBar Limited'*, *'GS1 DataBar Expanded'*, *'GS1 DataBar Expanded Stacked'*, *'GS1 DataBar Stacked Omnidir'*, *'GS1 DataBar Stacked'*, *'GS1-128'*, *'Code 128'*, *'EAN-13 Add-On 5'*, *'EAN-13 Add-On 2'*, *'EAN-13'*, *'UPC-A Add-On 5'*, *'UPC-A Add-On 2'*, *'UPC-A'*, *'EAN-8 Add-On 5'*, *'EAN-8 Add-On 2'*, *'EAN-8'*, *'UPC-E Add-On 5'*, *'UPC-E Add-On 2'*, *'UPC-E'*, *'Code 93'*, *'Code 39'*, *'Codabar'*, *'2/5 Interleaved'*, *'2/5 Industrial'*

Deshalb sollten mindestens alle nicht auftretenden Barcode-Typen ausgeschlossen werden die vor dem ersten der erwarteten Barcode-Typen dekodiert werden oder gleich nur die explizite Liste aller Barcode-Typen die erwartet werden.

Es ist zu beachten, dass *'UPC-A'* Codes dieselbe Struktur haben wie *'EAN-13'* Codes, nur dass sie immer mit einer Null beginnen. Will man explizit *'UPC-A'*, *'UPC-A Add-On 2'* oder *'UPC-A Add-On 5'* Codes lesen, so müssen die entsprechenden EAN-13 Barcode-Typen (*'EAN-13'* bzw. *'EAN-13 Add-On 2'* bzw. *'EAN-13 Add-On 5'*) ausgeschlossen werden. Andernfalls werden die Ergebnisse aufgrund der Dekodierreihenfolge als EAN Codes zurückgegeben. Für UPC-A Codes mit Add-On muss neben dem entsprechenden EAN-13 Typ mit Add-On auch *'EAN-13'* ausgeschlossen werden.

Insbesondere für den Fall der Autodiskriminierung existiert der Operator `set_bar_code_param_specific`. Einige Parameter des Barcode-Modells können damit spezifisch für verschiedene Barcode-Typen festgelegt werden.

Training

Falls sich der Barcode-Leser im Trainingsmodus befindet führt der Operator `find_bar_code` einen Trainingslauf durch. Der Trainingsmodus ist bei dem Operator `set_bar_code_param` beschrieben.

Timeout und Abbruch

Der Operator `find_bar_code` kann sowohl mit einem Timeout sowie auch manuell abgebrochen werden. Mit dem Operator `set_bar_code_param` kann man einen Timeout festlegen. Falls `find_bar_code` in einen Timeout läuft, werden alle bis dahin erkannten Codes zurückgegeben. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit `find_bar_code` manuell abzubrechen, indem man `set_bar_code_param` mit *'abort'* von einem anderen Thread aufruft.

In beiden Fällen, kann mit `get_bar_code_result` und dem Parameter *'aborted'* abgefragt werden, ob der Operator abgebrochen wurde.

Des Weiteren kann der Operator `find_bar_code` mittels `set_operator_timeout` oder `interrupt_operator` abgebrochen werden. Dabei werden keine Ergebnisse, aber eine Fehlermeldung zurückgegeben. Wenn `find_bar_code` mit `interrupt_operator` abgebrochen wurde, wird H_ERR_CANCEL (22) zurückgegeben. Wenn `find_bar_code` mit `set_operator_timeout` abgebrochen wurde, wird H_ERR_TIMEOUT (9400) zurückgegeben. Das Abbrechen durch einen dieser Operatoren wird nur im *'cancel'*-Modus unterstützt.

Hinweise zur Verwendung von niedrig aufgelösten Bildern

Dieser Hinweis betrifft Barcode-Anwendungen, in denen niedrig aufgelöste Bilder verwendet werden, d.h. Bilder in denen ein einzelner Strich des Barcodes nur zwischen 0.6 und 2 Pixeln breit ist.

In diesen Fällen sollte man bei der Bildaufnahme darauf achten, dass die Bilder möglichst scharf sind und gleichzeitig möglichst wenig Rauschen enthalten, da diese Fehler zu Problemen bei der Dekodierung von niedrig aufgelösten Barcodes führen können. Im Abschnitt *'small_elements_robustness'* des Operators `set_bar_code_param` finden sich weitere wichtige Hinweise.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object* : byte
  Eingabebild. Falls das Bild eine reduzierte Domäne besitzen sollte, so wird der Bereich eingeschränkt in dem nach Barcodes gesucht wird. In der Regel führt dies zu einer Verbesserung der Laufzeit. Allerdings sollte man beachten, dass ein Barcode nicht mehr gefunden wird könnte, wenn er nicht vollständig in der Domäne des Bildes liegt.
- ▷ **`SymbolRegions`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen der erfolgreich dekodierten Barcode-Symbole.
- ▷ **`BarCodeHandle`** (input_control) ..... barcode ⇝ *handle*
  Handle des zu verwendenden Barcode-Modells.

▷ **CodeType** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Typ des zu findenden Barcodes.
Default: 'auto'
Werteliste: CodeType ∈ {'auto', '2/5 Industrial', '2/5 Interleaved', 'Codabar', 'Code 39', 'Code 93', 'Code 128', 'EAN-13', 'EAN-13 Add-On 2', 'EAN-13 Add-On 5', 'EAN-8', 'EAN-8 Add-On 2', 'EAN-8 Add-On 5', 'UPC-A', 'UPC-A Add-On 2', 'UPC-A Add-On 5', 'UPC-E', 'UPC-E Add-On 2', 'UPC-E Add-On 5', 'MSI', 'PharmaCode', 'GS1 DataBar Omnidir', 'GS1 DataBar Truncated', 'GS1 DataBar Stacked', 'GS1 DataBar Stacked Omnidir', 'GS1 DataBar Limited', 'GS1 DataBar Expanded', 'GS1 DataBar Expanded Stacked', 'GS1-128'}

▷ **DecodedDataStrings** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Die Datenstrings der erfolgreich dekodierten Barcodes.

Beispiel

```
* Small example for aborting bar code search:
read_image (Image, 'barcode/ean13/tea_box_10.png')

* Decode normally:
create_bar_code_model ([], [], BarCodeHandle)
find_bar_code (Image, SymbolRegions, BarCodeHandle, 'auto', \
    DecodedDataStrings)
stop ()

* Start bar code search in separate thread.
par_start<ThreadID>: find_bar_code (Image, SymbolRegions1, BarCodeHandle, \
    'auto', DecodedDataStrings1)

* Let some time pass.
wait_seconds (0.002)

* Abort the data code search.
set_bar_code_param (BarCodeHandle, 'abort', 'true')

* Wait for the thread, it should finish very fast.
par_join(ThreadID)

* We can determine that the search in fact was aborted.
get_bar_code_result (BarCodeHandle, 'all', 'aborted', Aborted)
```

Ergebnis

find_bar_code liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- BarCodeHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_bar_code_model, set_bar_code_param

Nachfolger

get_bar_code_result, get_bar_code_object, clear_bar_code_model

Alternativen

decode_bar_code_rectangle2

Modul

Bar Code

get_bar_code_object (: BarCodeObjects : BarCodeHandle, CandidateHandle, ObjectName :)

Zugriff auf ikonische Objekte, die bei der Suche und der Dekodierung von Barcodes angelegt werden bzw. diese beschreiben.

Der Operator get_bar_code_object erlaubt den Zugriff auf ikonische Objekte, die beim letzten Aufruf von find_bar_code während der Suche nach Barcodes oder beim Lesen der gefundenen Symbole angelegt wurden. Für den Zugriff muss neben dem Namen des gewünschten Bildobjekts (ObjectName) auch das zugrundeliegende Barcode-Modell (BarCodeHandle) angegeben werden. Außerdem muss in CandidateHandle ein Index auf ein dekodiertes Symbol oder einen Symbolkandidaten, bzw. *'all'* für alle dekodierten Symbole oder Symbolkandidaten übergeben werden.

Je nachdem wie der Parameter ObjectName ausgewählt ist, werden die Ausgabeobjekten in BarCodeObjects zurückgeliefert, wie folgend:

'symbol_regions': Die Regionen von erfolgreich dekodierten Symbolen werden zurückgegeben. Die Reihenfolge der Objekte entspricht der Reihenfolge der dekodierten Zeichenfolgen im Operator get_bar_code_result.

'candidate_regions': Die potentiellen Barcode-Regionen werden ausgegeben. Gibt es insgesamt m Kandidaten und n erfolgreiche Ergebnisse, so können mit CandidateHandle gleich 0 bis (n-1) die ursprünglichen Regionen der entsprechenden Ergebnisse und mit CandidateHandle gleich n bis (m-1) die Regionen der erfolglosen Kandidaten abgerufen werden.

'scanlines_all', *'scanlines_valid'*, *'scanlines_all_plain'*, *'scanlines_valid_plain'*, *'scanlines_merged_edges'*:
Es werden XLD Konturen ausgegeben, welche die einzelnen Striche innerhalb der Scanlinien darstellen. Das Auslesen der Scanlinien kann nur erfolgen, wenn der Barcode mit find_bar_code oder decode_bar_code_rectangle2 im *'persistence'*-Modus gelesen wurde (siehe set_bar_code_param).

'scanlines_all' stellt alle Scanlinien dar, die von find_bar_code möglicherweise angelegt werden, um einen Barcode zu dekodieren.

'scanlines_valid' stellt nur diejenigen Scanlinien dar, die erfolgreich dekodiert werden können. Die Mindestanzahl an Scanlinien, die erfolgreich gelesen werden können müssen, kann mit set_bar_code_param mit dem Parameter *'min_identical_scanlines'* angepasst werden. Wenn die Dekodierung des Symbols erfolglos war, liefert *'scanlines_valid'* leere Objekte. Diese Regel ist für gestapelte Codes (wie z.B. *'GS1 DataBar Stacked'* und *'GS1 DataBar Expanded Stacked'*) ähnlich, allerdings bezieht sie sich auf die einzelnen Zeilen, anstatt auf das ganze Barcodesymbol.

'scanlines_merged_edges' zeigt die Scanlinien und Kanten, die für die Dekodierung der vereinigten Scanlinien verwendet wurden (siehe 'merge_scanlines' in set_bar_code_param).

get_bar_code_object gibt jede Scanlinie als eigene XLD Kontur zurück. Die XLD Konturen, die von *'scanlines_all'*, *'scanlines_valid'* und *'scanlines_merged_edges'* zurückgegeben werden, sind nur zur Visualisierung gedacht und bestehen deshalb aus vielen XLD Punkten. Doppelte Linien werden zwischen Kanten benutzt, die als Striche erkannt wurden, während einfache Linien für weiße Lücken benutzt werden. Zusätzliche Informationen über jede Scanlinie können mit get_bar_code_result mit dem Parameter *'status'* erhalten werden.

Die *'_plain'*-Varianten *'scanlines_all_plain'* und *'scanlines_valid_plain'* geben die o.g. Scanlinien in vereinfachter Form zurück. Jede gefundene Kante wird hier als ein Punkt einer XLD-Kontur zurückgegeben, wobei für jede Scanlinie eine neue XLD-Kontur begonnen wird. Scanlinien, für die keine Kante gefunden wurde, werden nicht zurückgegeben.

Parameter

▷ **BarCodeObjects** (output_object) . . . . . object(-array) ⇝ *object*
Ikonische Objekte, die als Zwischenergebnisse bei der Barcode-Suche oder deren Auswertung anfallen.

▷ **BarCodeHandle** (input_control) . . . . . barcode ⇝ *handle*
Handle des zu verwendenden Barcode-Modells.

▷ **CandidateHandle** (input_control) . . . . . integer ⇝ *string* / integer
Auswahl der Barcode-Ergebnisse oder Kandidaten, für die eine Information abgefragt werden soll.
Default: 'all'
Wertevorschläge: `CandidateHandle` ∈ {0, 1, 2, 'all'}

▷ **ObjectName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des ikonischen Objekts, das abgefragt werden soll.
Default: 'candidate_regions'
Werteliste: `ObjectName` ∈ {'symbol_regions', 'candidate_regions', 'scanlines_all', 'scanlines_valid', 'scanlines_merged_edges', 'scanlines_all_plain', 'scanlines_valid_plain'}

Ergebnis

`get_bar_code_object` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt und die angeforderten Objekte für die letzte Symbolsuche verfügbar sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`find_bar_code`

Siehe auch

`get_bar_code_result`

Modul

Bar Code

get_bar_code_param (: : BarCodeHandle,
GenParamName : GenParamValue)

Abfrage von einem oder mehreren Parameter, die das Barcode-Modell beschreiben.

Mit Hilfe des Operators `get_bar_code_param` lassen sich die Parameter, durch die das Barcode-Modell beschrieben wird und die für eine erfolgreiche Suche und Dekodierung eines Barcodes benötigt werden, abfragen.

Die Namen der Parameter, die abgefragt werden sollen, werden in `GenParamName` übergeben, die korrespondierenden Werte werden in `GenParamValue` zurückgeliefert. Sämtliche Parameter können mit `set_bar_code_param` gesetzt und jederzeit verändert werden. Siehe auch dort für eine detaillierte Beschreibung der Bedeutung der Parameter.

Einige Parameter können durch `set_bar_code_param_specific` oder während des automatischen Parametertrainings spezifisch für einen Barcode- Typ gesetzt werden. Diese Parameter können nicht mit `get_bar_code_param`, sondern müssen mit `get_bar_code_param_specific` ausgelesen werden. Alle Parameter, die in `get_bar_code_param_specific` aufgelistet sind, können prinzipiell spezifisch gesetzt sein. Welche Parameter zur Laufzeit tatsächlich spezifisch gesetzt sind, kann mit dem Operator `query_bar_code_params` bestimmt werden.

Im Einzelnen kann auf die folgenden Parameter – gruppiert nach verschiedenen Kategorien – zugegriffen werden:

Größe der Barcode Elemente:

'element_size_min': Die minimale Größe eines Basiselements, d.h. die minimale Dicke der schmalsten Striche und Zwischenräume des speziellen Barcodetyps.

'element_size_max': Die maximale Größe eines Basiselements, d.h. die maximale Dicke der schmalsten Striche und Zwischenräume des speziellen Barcodetyps.

'element_size_variable': Gibt an, ob die Größe eines Elements innerhalb eines Barcodes variiert.

'barcode_height_min': Die minimale Höhe des Barcodes.

'barcode_width_min': Die minimale Breite des Barcodes.

'barcode_width_max': Die maximale Breite des Barcodes.

Scannen:

'num_scanlines': Maximale Anzahl von Scanlinien per Kandidatenregion.

'min_identical_scanlines': Minimale Anzahl von Scanlinien, welche identische Ergebnisse liefern müssen, damit die Dekodierung eines Symbols akzeptiert wird.

'majority_voting': Steuert das Verhalten bei der Auswahl unterschiedlicher Dekodierergebnisse pro Scanlinie. Dieser Parameter spezifiziert ob ein Mehrheitsvotum durchgeführt werden soll.

'stop_after_result_num': Anzahl erfolgreich dekodierter Barcodes nach der die Dekodierung angehalten wird.

'orientation': Zugelassene Orientierung der dekodierten Barcodes.

'orientation_tol': Toleranz der zugelassenen Orientierung.

'quiet_zone': Verifikation der Ruhezonen.

'start_stop_tolerance': Toleranz des Matchingkriteriums zum Start-, bzw. Stoppmuster.

'min_code_length': Minimale Anzahl dekodierter Zeichen.

'max_code_length': Maximale Anzahl dekodierter Zeichen.

'merge_scanlines': Steuert, ob vereinigte Scanlinie berechnet werden sollen, wenn nicht genügend einzelne Scanlinien erfolgreich dekodiert werden konnten. Somit können verdeckte oder beschädigte Barcodes gelesen werden.

Erscheinungsbild des Barcodes:

'meas_thresh': Relativer Schwellenwert zur Detektion von Kanten in der Barcode Region.

'meas_thresh_abs': Absoluter Schwellenwert zur Detektion von Kanten in der Barcode Region.

'contrast_min': Minimaler Kontrast zwischen dem Vorder- und Hintergrund der Barcode-Elemente.

Werte, spezifisch für die Druckqualitätsprüfung:

'quality_isoiec15416_reflectance_reference': Referenzgrauwert zur Normalisierung der Reflektanzwerte zur Bestimmung der Noten für Symbol Contrast, Minimum Reflectance und Minimum Edge Contrast.

Werte, die nur für bestimmte Barcodetypen gelten:

'check_char': Berücksichtigung eines optionalen Prüfzeichens.

'composite_code': Vorhandensein und Typ eines an den Barcode angehängten 2D GS1-Composite Code.

'upce_encodation': Ausgabeformat für UPC-E-Barcodes (mit Zahlensystem 0 und 1).

'upce1_enable': Ermöglicht das Lesen von UPC-E-Barcodes mit Zahlensystem 1.

Sonstiges:

'timeout': Vorzeitiger Abbruch von `find_bar_code` bei Zeitüberschreitung.

'persistence': Steuert, ob bestimmte Zwischenergebnisse bei der Symbolsuche mit `find_bar_code` temporär oder persistent im Modell gespeichert werden sollen.

'train': Gibt die *Namen* der momentan trainierten Parameter zurück. Das zurückgelieferte Tupel kann anschließend als `GenParamName` an `get_bar_code_param` übergeben werden, um die trainierten *Werte* der trainierten Parameter zu bekommen.

Für weitere Erklärungen, siehe `set_bar_code_param`.

Parameter

▷ **BarCodeHandle** (input_control) . . . . . barcode ⇝ *handle*
Handle des zu verwendenden Barcode-Modells.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die für den Barcode abgefragt werden sollen.
Default: 'element_size_min'
Werteliste: GenParamName ∈ {'check_char', 'composite_code', 'barcode_height_min', 'barcode_width_min', 'barcode_width_max', 'element_size_max', 'element_size_min', 'contrast_min', 'meas_thresh', 'meas_thresh_abs', 'min_identical_scanlines', 'majority_voting', 'num_scanlines', 'orientation', 'orientation_tol', 'persistence', 'quality_isoiec15416_reflectance_reference', 'start_stop_tolerance', 'stop_after_result_num', 'timeout', 'train', 'upce_encodation', 'upce1_enable', 'quiet_zone', 'element_size_variable', 'min_code_length', 'max_code_length', 'merge_scanlines', 'small_elements_robustness'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *real* / integer / string
Werte der generischen Parameter.

Ergebnis

get_bar_code_param liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_bar_code_model, set_bar_code_param

Nachfolger

set_bar_code_param

Alternativen

get_bar_code_param_specific

Modul

Bar Code

get_bar_code_param_specific (: : BarCodeHandle, CodeTypes, GenParamName : GenParamValue)

Abfrage von Parametern die zum Lesen eines Barcodes benutzt werden falls ein spezifischer Barcodetyp verarbeitet wird.

Mit Hilfe des Operators get_bar_code_param_specific lassen sich die Parameter, durch die das Barcode-Modell beschrieben wird, abfragen. Im Gegensatz zu get_bar_code_param lassen sich mit get_bar_code_param_specific Parameter spezifisch für angegebene Barcodetypen auslesen. Dies ist nützlich, wenn nach unterschiedlichen Barcodetypen innerhalb eines Bildes gesucht wird.

Die Barcodetypen werden in CodeTypes übergeben. Die Namen der Parameter, die abgefragt werden sollen, werden in GenParamName übergeben, die korrespondierenden Werte werden in GenParamValue zurückgeliefert. Sämtliche Parameter können selektiv mit set_bar_code_param_specific gesetzt und verändert werden oder für alle Barcodetypen mit set_bar_code_param. Siehe set_bar_code_param für eine detaillierte Beschreibung der Bedeutung der Parameter.

Welche Parameter zur Laufzeit spezifisch gesetzt sind, kann mit dem Operator query_bar_code_params bestimmt werden. Diese Parameter können nicht mit get_bar_code_param, sondern müssen mit get_bar_code_param_specific ausgelesen werden.

Im Einzelnen kann auf die folgenden Parameter zugegriffen werden:

'element_size_variable': Gibt an, ob die Größe eines Elements innerhalb eines Barcodes variiert.

'num_scanlines': Maximale Anzahl von Scanlinien per Kandidatenregion.

'min_identical_scanlines': Minimale Anzahl von Scanlinien, welche identische Ergebnisse liefern müssen, damit die Dekodierung eines Symbols akzeptiert wird.

'stop_after_result_num': Anzahl erfolgreich dekodierter Barcodes nach der die Dekodierung angehalten wird.

'orientation': Zugelassene Orientierung der dekodierten Barcodes.

'orientation_tol': Toleranz der zugelassenen Orientierung.

'quiet_zone': Verifikation der Ruhezonen des Barcodesymbols.

'start_stop_tolerance': Toleranz des Matchingkriteriums zum Start-, bzw. Stoppmuster.

'check_char': Berücksichtigung eines optionalen Prüfzeichens.

'composite_code': Vorhandensein und Typ eines an den Barcode angehängten 2D GS1-Composite Code.

'min_code_length': Minimale Anzahl dekodierter Zeichen.

'max_code_length': Maximale Anzahl dekodierter Zeichen.

Für weitere Erklärungen, siehe `set_bar_code_param`.

Parameter

▷ **`BarCodeHandle`** (input_control) . . . . . barcode ⇝ *handle*
Handle des zu verwendenden Barcode-Modells.

▷ **`CodeTypes`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Namen der Barcodetypen für die Parameter abgefragt werden sollen.
Default: 'EAN-13'
Werteliste: `CodeTypes` ∈ {'2/5 Industrial', '2/5 Interleaved', 'Codabar', 'Code 39', 'Code 93', 'Code 128', 'EAN-13', 'EAN-13 Add-On 2', 'EAN-13 Add-On 5', 'EAN-8', 'EAN-8 Add-On 2', 'EAN-8 Add-On 5', 'UPC-A', 'UPC-A Add-On 2', 'UPC-A Add-On 5', 'UPC-E', 'UPC-E Add-On 2', 'UPC-E Add-On 5', 'MSI', 'PharmaCode', 'GS1 DataBar Omnidir', 'GS1 DataBar Truncated', 'GS1 DataBar Stacked', 'GS1 DataBar Stacked Omnidir', 'GS1 DataBar Limited', 'GS1 DataBar Expanded', 'GS1 DataBar Expanded Stacked', 'GS1-128'}

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die für den Barcode abgefragt werden sollen.
Default: 'check_char'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'check_char', 'composite_code', 'element_size_variable', 'min_identical_scanlines', 'num_scanlines', 'orientation', 'orientation_tol', 'start_stop_tolerance', 'stop_after_result_num', 'quiet_zone', 'min_code_length', 'max_code_length'}

▷ **`GenParamValue`** (output_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *real* / integer / string
Werte der generischen Parameter.

Ergebnis

`get_bar_code_param_specific` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_bar_code_model`, `set_bar_code_param`, `set_bar_code_param_specific`

Alternativen

`get_bar_code_param`

Modul

Bar Code

```
get_bar_code_result ( : : BarCodeHandle, CandidateHandle,
    ResultName : BarCodeResults )
```

Abfrage von alphanumerischen Ergebnissen, die bei der Dekodierung von Barcode-Symbolen angefallen sind.

Der Operator `get_bar_code_result` gibt alphanumerische Ergebnisse des Lesevorgangs in `BarCodeResults` zurück. Um ein bestimmtes Ergebnis zu erhalten, sind das Barcode-Modell (`BarCodeHandle`) und der Index des gelesenen Symbols oder Kandidaten (`CandidateHandle`) notwendig. `ResultName` bestimmt welche Art von Ergebnis zurückgegeben werden soll.

`CandidateHandle` bezieht sich auf die gelesenen Kandidaten in der Anordnung wie sie vom Operator `find_bar_code` zurückgegeben werden. Die möglichen Werte für `CandidateHandle` hängen daher vom abgefragten Ergebnis ab:

- Bezieht es sich auf gelesene Symbole, sind Werte von 0 bis (n-1) möglich (wobei n die Gesamtzahl an erfolgreich gelesenen Barcodes ist).
- Bezieht es sich auf Kandidaten, sind Werte von 0 bis (m-1) möglich (wobei m die Gesamtzahl an Kandidaten ist).

Ist das gewünschte Ergebnis ein Einzelwert, kann `CandidateHandle` auch auf *'all'* gesetzt werden, um die Ergebnisse aller Symbole oder Kandidaten zurückzugeben.

`ResultName` kann folgende Werte annehmen:

'decoded_strings': Die dekodierte Zeichenfolge des Symbols wird als String in von Menschen lesbarem Format zurückgegeben. Es werden nur die reinen Datenzeichen zurückgegeben. Start-, Stopp- und Prüfzeichen werden entfernt. Für optionale Prüfzeichen hängt das Verhalten vom Wert des Parameters *'check_char'* (siehe `set_bar_code_param` für Details) ab.

Das zurückgegebene Ergebnis ist ein Einzelwert.

'decoded_types': Der Typ des gefundenen Barcodes wird als String zurückgegeben. Dies ist insbesondere im Zusammenhang mit der Autodiskriminierung (siehe `find_bar_code`) interessant.

Das zurückgegebene Ergebnis ist ein Einzelwert.

'decoded_data': Die dekodierte Zeichenfolge des Symbols wird als Tupel von Bytewerten zurückgegeben. Im Gegensatz zu *'decoded_reference'* handelt es sich hier um dieselben aufbereiteten Daten wie sie auch von *'decoded_strings'* geliefert werden. Falls die erwarteten Daten binäre, nicht druckbare Zeichen enthalten, ist es sinnvoll diesen Parameter zu nutzen. Insbesondere können Code 128 oder Code 93 auch NULL-Zeichen kodieren. In diesem Fall können die vollständigen Daten nur über diesen Parameter abgefragt werden, da das NULL-Zeichen ansonsten die Zeichenkette terminiert.

'decoded_reference': Die zu Grunde liegenden Referenz-Zeichen werden ausgegeben. Diese enthalten alle ursprünglichen Zeichen des Barcodes, einschließlich möglicher Start- oder Stopzeichen sowie Prüfzeichen. Das bestimmte Ergebnis hängt vom Typ des Barcodes ab:

- Für Barcodes, welche nur numerische Werte kodieren, wie z.B. die EAN/UPC Codes, die GS1 DataBar Codes (außer der GS1 DataBar Expanded Varianten), sowie die 2/5 Codes, stehen in den Referenz-Zeichen identische Werte wie in der dekodierten Zeichenfolge.
- Für alphanumerische Codes, wie z.B. Code 39 oder Code 128, sind die Referenz-Zeichen die Indizes in der entsprechenden Dekodiertabelle.
- Für GS1-128 Codes sind die Referenz-Zeichen die Indizes in der entsprechenden Dekodiertabelle. Dabei ist das Sonderzeichen FNC1 als 102 dekodiert.
- Für GS1 DataBar Expanded und GS1 DataBar Expanded Stacked Codes stellen die Referenz-Zeichen die ASCII-Werte der dekodierten Daten dar (siehe auch Tupel / String-Operationen). Dabei ist das Sonderzeichen FNC1 als 29 dekodiert.
- Für alle Codes der GS1-DataBar-Familie repräsentiert das erste Referenz-Zeichen das Linkage-Flag. Dieses hat einen Wert von 1, falls das Flag gesetzt ist, bzw. 0 falls es nicht gesetzt ist.

Das Ergebnis wird als Tupel zurückgegeben.

'composite_strings': Die dekodierte Zeichenfolge eines am GS1 DataBar Barcode angehängten Composite-Symbols werden ausgegeben. Für weitere Erklärungen siehe die Beschreibung des *'composite_code'* Parameters von `set_bar_code_param`.

Das zurückgegebene Ergebnis ist ein Einzelwert.

'composite_reference': Die dekodierte Zeichenfolge des GS1 Composite-Symbols wird als Tupel von Bytewerten zurückgegeben. Falls die erwarteten Daten binäre, nicht druckbare Zeichen enthalten, ist es sinnvoll diesen Parameter an Stelle von *'composite_strings'* zu nutzen.

'orientation': Die Orientierung des gelesenen Symbols wird ausgegeben. Die Orientierung eines Barcodes ist der Winkel zwischen der Leserichtung des Barcodes und der horizontalen Bildachse. Der Winkel ist positiv bei Drehung nach links und hat die Einheit Grad. Die Leserichtung ist senkrecht zu den einzelnen Barcodestrichen. Falls die Orientierung der Barcodestriche nicht eindeutig bestimmt werden kann, wie z.B. für verzerrte Codes, wird die Orientierung der Scanlinien zurückgegeben.

Das zurückgegebene Ergebnis ist ein Einzelwert.

Wertebereich: *-180.0 ... 180.0*.

'element_size': Die Elementgröße eines gelesenen Symbols wird ausgegeben.

Das zurückgegebene Ergebnis ist ein Einzelwert.

'aborted': Es wird ausgegeben, ob `find_bar_code` im vorangegangenen Durchlauf vorzeitig abgebrochen wurde oder nicht:

0 - *abgeschlossen* `find_bar_code` wurde vollständig abgeschlossen.

1 - *abgebrochen* `find_bar_code` wurde durch ein Timeout abgebrochen, siehe `set_bar_code_param`.

2 - *abgebrochen* `find_bar_code` wurde durch `set_bar_code_param` mit *'abort'* abgebrochen.

Das zurückgegebene Ergebnis ist ein Einzelwert.

'quality_isoiec15416': Ein Tupel mit der Bewertung der Druckqualität gemäß dem internationalen Standard ISO/IEC 15416:2016 wird zurückgegeben. Es ist zu beachten, dass diese Bewertung nur erfolgt, wenn der Barcode mit `find_bar_code` im *'persistence'*-Modus gelesen wurde (siehe `set_bar_code_param`).

Das erste Element des Bewertungstupels enthält immer die Gesamtqualität des Symbols. Die Länge des Tupels und die Bedeutung der restlichen Elemente hängen davon ab, ob ein *einfaches 1D* Barcodesymbol (z.B. EAN-13, Code 128, GS1 DataBar Omnidirectional usw.) oder ein *zusammengesetztes (composite)* Barcodesymbol (z.B. GS1 DataBar Omnidirectional CC-A, GS1 DataBar Limited CC-B usw.) bewertet wird. Die Namen der einzelnen Grade können abgefragt werden, indem `ResultName` auf *'quality_isoiec15416_labels'* gesetzt wird, siehe weiter unten.

Für die Bewertung der Druckqualität werden *Scanlinien* (scan reflectance profiles) durch das Symbol gelegt. Bei jeder dieser Scanlinien wird für jeden der evaluierten Parameter ein (Qualitäts)-Grad zugewiesen.

Aus Kompatibilitätsgründen werden die Grade mit einem Wert von 0 bis 4 bewertet, wobei 0 für den schlechtesten und 4 für den besten Grad steht. Mit *'quality_isoiec15416_float_grades'* werden die einzelnen Grade dem Standard gemäß mit einer Genauigkeit von einer Dezimalstelle zurückgegeben. Der niedrigste Grad von allen zuvor bestimmten Parametergraden einer Scanlinie ist als *Scanlinien-Gütegrad (scan reflectance profile grade)* definiert. Somit besitzt am Ende jede Scanlinie einen Grad, der den minimalen Grad aller Parametergrade der jeweiligen Scanlinie repräsentiert. Der arithmetische Mittelwert dieser Grade wird schließlich als die *Gesamtqualität des Symbols (overall symbol grade)* zurückgegeben.

Wenn ein Grad für den Barcode-Typen des gelesenen Symbols nicht definiert ist, wird *'N/A'* zurückgegeben. In diesem Fall ist die *Gesamtqualität des Symbols (overall symbol grade)* ebenfalls *'N/A'*.

Es ist zu beachten, dass, obwohl sich diese Implementierung streng an den Standard hält, die Bewertung der Grade von der Barcode-Dekodierungsprozedur abhängt. Dadurch können die Bewertungsergebnisse leicht von den Ergebnissen anderer Barcodeleser (von anderen Anbietern) abweichen.

Das Tupel mit der Bewertung der Druckqualität hängt davon ab, ob es sich um einen einfachen 1D Barcode handelt oder einen zusammengesetzten Barcode:

Einfache 1D Barcodes:

Die Bewertung Druckqualität wird in einem Tupel mit den folgenden neun Elementen zusammengefasst:

0 - *Gesamtwert (overall quality)*: Das arithmetische Mittel der Scanlinien-Gütegrade (scan reflectance profile grades) aller Scanlinien. Man beachte, dass dieser Wert in den meisten Fällen nicht das Minimum der anderen Gradwerte ist, da er von den jeweiligen Scanlinien-Gütegraden abhängt.

1 - *Decode (decode)*: Auf *4* gesetzt, wenn das untersuchte Barcodesymbol entsprechend des Referenzdekodieralgorithmus für das jeweilige Symbol gelesen werden konnte. Andernfalls ist er *0*. Es ist zu beachten, dass HALCONs Dekodieralgorithmus von dem des Referenzdekodieralgorithmus abweicht. So kann es oft sein, dass HALCON ein Symbol lesen kann, obwohl der Wert für *Decode* entsprechend dem Standard *0* ist.

2 - *Symbolkontrast (symbol contrast)*: Die Differenz zwischen maximalem und minimalem Reflexionswert des Grauwertprofils. Ein stärkerer Kontrast ergibt einen besseren Grad.

3 - *Kleinster Reflexionswert (minimum reflectance)*: Auf *4* gesetzt, wenn der minimale Reflexionswert des Grauwertprofils kleiner oder gleich 0.5 des maximalen Reflexionswertes ist, andernfalls auf *0*.

4 - *Kleinster Kantenkontrast (minimum edge contrast)*: Bewertet den minimalen Kontrast zwischen zwei benachbarten Symbolelementen (helles zu dunkles oder dunkles zu helles Element) im Grauwertprofil.

5 - *Modulation (modulation)*: Bewertet die Amplitude zwischen den Symbolelementen. Höhere Amplituden machen die Zuordnung der Elemente zu Strich oder Lücke zuverlässiger und resultiert in besserem Grad.

6 - *Defekte (defects)*: Reflektiert Unregelmäßigkeiten im Grauwertprofil innerhalb der Symbolelemente oder Ruhezonen.

7 - *Dekodierbarkeit (decodability)*: Bezeichnet Abweichungen der Symbolelementbreiten von ihrem Nominalwert, der im entsprechenden Symbologiestandard festgelegt ist.

8 - *Zusätzlichen Anforderungen (additional requirements)*: Ein Grad bezüglich weiterer symbologiespezifischen Anforderungen. Dies betrifft meist die Ruhezonen-Breiten (quiet zone widths), kann aber auch anderes betreffen, wie z.B. das Breit-Schmal-Verhältnis (wide/narrow ratio), die Zwischenzeichen-Lücken (inter character gaps), die umschließenden Muster (guarding patterns). Für die folgenden Codetypen kann es zu Abweichungen zu den Spezifikationen im dazugehörigen ISO/IEC Standard kommen. Dies liegt in der Regel daran, dass zur Berechnung der *Zusätzlichen Anforderungen (additional requirements)* metrische Informationen benötigt werden.

Code-39: der Grad für die *Zwischenzeichen-Lücken (inter character gaps)* hängt von der, im metrischen Maß gegebenen, *schmalsten Elementbreite (narrow element width)* ab. Da in `find_bar_code` weder metrische Information eingehen noch berechnet werden können, gibt der Operator `get_bar_code_result` nur den Grad zurück in der Annahme die schmalste Elementbreite sei kleiner als 0,287 mm.

EAN-13, EAN-8, UPC-A, UPC-E (inklusive Add-On-Varianten): ISO/IEC 15420:2009 spezifiziert als zusätzliches Kriterium den Vergrößerungsfaktor (magnification factors). Die Berechnung dieses Kriteriums ist nicht möglich, da Wissen über die metrische Größe des Barcodes vorhanden sein müsste.

Während *Gesamtwert* den endgültigen Symbolgrad angibt, weisen die restlichen Grade auf mögliche qualitätsverringernde Ursachen hin. Eine Liste mit häufig vorkommenden Defekten und deren Effekt auf die einzelnen Qualitätsgrade kann man im Standard ISO/IEC 15416:2016 finden.

Zusammengesetzten Barcodes (composite bar codes):

Die Druckqualitätsbewertung eines zusammengesetzten Barcodes wird in einem Tupel gegeben, welches 24 Grade umfasst. Zur besseren Übersicht sind die Grade in drei Gruppen eingeteilt: `GESAMTWERT (OVERALL)`, `LINEAR (LINEAR)` und `ZUSAMMENGESETZT (COMPOSITE)`, wobei letztere eine Untergruppe enthält.
Die Gesamtgrade sind in der Gruppe `GESAMTWERT (OVERALL)` aufgeführt. Die Grade in den Gruppen `LINEAR (LINEAR)` und `ZUSAMMENGESETZT (COMPOSITE)` geben Auskunft über mögliche Ursachen für schlechte Qualitätsbewertungen eines Symbols.
Im folgenden werden gruppenweise die einzelnen Tupelelemente mit jeweiligem Index sowie der Definition aufgelistet.

- Die Gruppe `GESAMTWERT (OVERALL)`:
  Diese Grade geben das Minimum aller Grade der entsprechenden Gruppe.

  0 - *Gesamtwert (overall quality)*: Der endgültige Symbolgrad. Er gibt den schlechtesten aller Grade zurück.

  1 - *Gesamtwert Linear (overall linear)*: Der Gesamtgrad der Gruppe `LINEAR`, den linearen 1D Symbolen. Dieser Grad gibt den schlechtesten Grad der Gruppe zurück.

  2 - *Gesamtwert Zusammengesetzt (overall composite)*: Der Gesamtgrad der Gruppe `ZUSAMMENGESETZT`, den zusammengesetzten 2D Symbolen. Dieser Grad gibt den schlechtesten Grad der Gruppe zurück.

- Die Gruppe `LINEAR (LINEAR)`:
  Die Interpretation der Grade dieser Gruppe entspricht jenen für einfache 1D Barcodes weiter oben.

  3 - *Decode (decode)*

4 - *Symbolkontrast (symbol contrast)*
5 - *Kleinster Reflexionswert (minimum reflectance)*
6 - *Kleinster Kantenkontrast (minimum edge contrast)*
7 - *Modulation (modulation)*
8 - *Defekte (defects)*
9 - *Dekodierbarkeit (decodability)*
10 - *Zusätzliche Anforderungen (additional requirements)*

- Die Gruppe `ZUSAMMENGESETZT (COMPOSITE)`:
  Diese Grade entsprechen den Qualitätsgraden des PDF 417 Datacodes, den Qualitätsgraden zweidimensionaler Datacodes nach ISO/IEC 15415:2024 (siehe *'quality_isoiec15415'* in `get_data_code_2d_results`). Dabei besteht jedoch folgender Unterschied: Für PDF 417 Datacodes wird ein für die Bewertung der Reflexionseigenschaften ein Start-/Stoppmusters verwendet. Für zusammengesetzte Barcodes werden statt des Start-/Stoppmusters so genannte Raw Address Patterns (RAP) verwendet. Die Grade dieser RAP Elemente sind in der Untergruppe `ZUSAMMENGESETZTE RAP (COMPOSITE RAP)` aufgeführt und stimmen mit den Qualitätsgraden für einfache 1D Barcodes überein.

  11 - *Decode (decode)*: Grad zur Dekodierbarkeit des zusammengesetzten Symbols. Seine Bedeutung und Festlegung entspricht demjenigen für einfache 1D Barcodes, der oben beschrieben ist.
  12 - *Gesamt-RAP (RAP overall)*: Minimum der Qualitätsgrade in der Untergruppe `ZUSAMMENGESETZTE RAP Elemente (COMPOSITE RAP elements)`.
  13 - *RAP Kontrast (RAP contrast)*: Grad der Untergruppe `ZUSAMMENGESETZTE RAP Elemente (COMPOSITE RAP elements)`, entspricht jenem für einfache 1D Barcodes.
  14 - *RAP Kleinster Reflexionswert (RAP minimum reflectance)*: Grad der Untergruppe `ZUSAMMENGESETZTE RAP Elemente (COMPOSITE RAP elements)`, entspricht jenem für einfache 1D Barcodes.
  15 - *RAP Kleinster Kantenkontrast (RAP minimum edge contrast)*: Grad der Untergruppe `ZUSAMMENGESETZTE RAP Elemente (COMPOSITE RAP elements)`, entspricht jenem für einfache 1D Barcodes.
  16 - *RAP Modulation (RAP modulation)*: Grad der Untergruppe `ZUSAMMENGESETZTE RAP Elemente (COMPOSITE RAP elements)`, entspricht jenem für einfache 1D Barcodes.
  17 - *RAP Defekte (RAP defects)*: Grad der Untergruppe `ZUSAMMENGESETZTE RAP Elemente (COMPOSITE RAP elements)`, entspricht jenem für einfache 1D Barcodes.
  18 - *RAP Dekodierbarkeit (RAP decodability)*: Grad der Untergruppe `ZUSAMMENGESETZTE RAP Elemente (COMPOSITE RAP elements)`, entspricht jenem für einfache 1D Barcodes.
  19 - *Codewort-Ergebnis (codeword yield)*: zählt und berechnet den relativen Anteil der richtig dekodierten Codewörter, die unter den Scans liegen.
  20 - *Nicht verwendete Fehlerkorrektur (unused error correction)*: zählt und berechnet den relativen Anteil der falsch dekodierten Codewörter, die innerhalb der Fehlerkorrekturkapazität liegen.
  21: *Modulation (modulation)*: bewertet die Gleichmäßigkeit der Reflexion der dunklen und hellen Module.
  22 - *Dekodierbarkeit (decodability)*: misst die Abweichung der Strich- und Lückenlängen von ihrem im Symbologiestandard vorgegebenen Werten.
  23 - *Defekte (defects)*: bezeichnet Unregelmäßigkeiten im Scanprofil innerhalb einzelner Striche und Lücke.

'quality_isoiec15416_float_grades': Ein Tupel mit der gleichen Bewertung der Druckqualität wie *'quality_isoiec15416'*. Gemäß dem internationalen Standard ISO/IEC 15416:2016 werden die Qualitätsgrade mit einer Dezimalstelle Genauigkeit zurückgegeben. Die Namen der einzelnen Grade können abgefragt werden, indem `ResultName` auf *'quality_isoiec15416_labels'* gesetzt wird, siehe weiter unten.

Es ist zu beachten, dass diese Bewertung nur erfolgt, wenn der Barcode mit `find_bar_code` im *'persistence'*-Modus gelesen wurde (siehe `set_bar_code_param`).

'quality_isoiec15416_values': Ein Tupel aus Rohmesswerten für alle Grade, die *'direkt messbar'* sind. Das sind Grade, deren Definition im Standard ISO/IEC 15416:2016 einer *'direkten Ableitung'* der Reflexionseigenschaften des abgebildeten Symbols entsprechen, oder Grade, welche das Ergebnis eines *'direkten Zählens'*

sind. Es ist zu beachten, dass diese Bewertung nur erfolgt, wenn der Barcode mit `find_bar_code` im *'persistence'*-Modus gelesen wurde (siehe `set_bar_code_param`).

Die Namen der einzelnen Tupel-Elemente können abgefragt werden, indem `ResultName` auf *'quality_isoiec15416_labels'* gesetzt wird, siehe weiter unten.

Alle Werte (nicht Grade) sind zwischen *0.0* und *1.0* normiert. Somit entspricht z.B. ein Wert von *0.75* für den Grad *Symbolkontrast* einem Grauwert von *191.25* (für byte Bilder).

Aus welchen Werten sich das Tupel zusammensetzt hängt davon ab, ob es sich um einen einfachen 1D Barcode handelt oder einen zusammengesetzten Barcode:

Einfache 1D Barcodes:

Die folgenden Werte werden unter dem entsprechenden Index zurückgegeben:

0 - *Gesamtwert (overall quality)*

2 - *Symbolkontrast (symbol contrast)*

3 - *Kleinster Reflexionswert (minimum reflectance)*

4 - *Kleinster Kantenkontrast (minimum edge contrast)*

5 - *Modulation (modulation)*

6 - *Defekte (defects)*

7 - *Dekodierbarkeit (decodability)*

Zusammengesetzten Barcodes (composite bar codes):

Die folgenden Werte werden unter dem entsprechenden Index zurückgegeben:

0 - *Gesamtwert (overall quality)*

1 - *Gesamtwert Linear (overall linear)*

2 - *Gesamtwert Zusammengesetzt (overall composite)*

4 - *Symbolkontrast (symbol contrast)*

5 - *Kleinster Reflexionswert (minimum reflectance)*

6 - *Kleinster Kantenkontrast (minimum edge contrast)*

7 - *Modulation (modulation)*

8 - *Defekte (defects)*

9 - *Dekodierbarkeit (decodability)*

13 - *RAP Kontrast (RAP contrast)*

14 - *RAP Kleinster Reflexionswert (RAP minimum reflectance)*

15 - *RAP Kleinster Kantenkontrast (RAP minimum edge contrast)*

16 - *RAP Modulation (RAP modulation)*

17 - *RAP Defekte (RAP defects)*

18 - *RAP Dekodierbarkeit (RAP decodability)*

19 - *Codewort-Ergebnis (codeword yield)*

20 - *Nicht verwendete Fehlerkorrektur) (unused error correction)*

Diese Tupel haben die selbe Länge wie die Grade, die zurückgegeben werden, setzt man `ResultName` auf *'quality_isoiec15416'*, respektive *'quality_isoiec15416_float_grades'*. Für alle nicht aufgelisteten Elemente liefert der Operator den Wert *'N/A'* zurück. Bei einfachen 1D Barcodes haben die Einträge *Decode (decode)* und *Zusätzliche Anforderungen (additional requirements)* keine entsprechenden darunterliegenden Rohmesswerte und der Operator liefert dementsprechend *'N/A'* zurück. Bei zusammengesetzten Barcodes gilt dies für die Grade *Decode (decode)* (`LINEAR (LINEAR)`), *Zusätzliche Anforderungen (additional requirements)* (`LINEAR (LINEAR)`), *Decode (decode)* (`ZUSAMMENGESETZT (COMPOSITE)`) und *Gesamt-RAP (RAP overall)* (`ZUSAMMENGESETZT (COMPOSITE)`). Darüber hinaus ist zu beachten, dass, obwohl die Grade *Modulation (modulation)* (`ZUSAMMENGESETZT (COMPOSITE)`), *Dekodierbarkeit (decodability)* (`ZUSAMMENGESETZT (COMPOSITE)`) und *Defekte (defects)* (`ZUSAMMENGESETZT (COMPOSITE)`) auch das Grauwert-Profil des zusammengesetzten Symbols bewerten, auch für sie *'N/A'* zurückliefert wird. Das liegt daran, dass diese Grade durch ein komplexes Schema, welches die Dekodierungsroutine und den Fehlerkorrekturmechanismus der Symbologie einbezieht, berechnet werden. Demzufolge haben diese Grade keine direkten darunterliegenden Rohmesswerte.

Wenn ein Grad für den Barcode-Typen des gelesenen Symbols nicht definiert ist, wird als Wert *'N/A'* zurückgegeben. In diesem Fall ist der Wert der *Gesamtqualität des Symbols (overall symbol grade)* ebenfalls *'N/A'*.

'quality_isoiec15416_labels': Gibt die Namen für die Elemente eines Bewertungstupels nach ISO/IEC 15416: 2016 zurück. Das Bewertungstupel wird von `get_bar_code_result` z.B. mit dem Parameter *'quality_isoiec15416'* ausgegeben.

Es ist zu beachten, dass der Operator den `CandidateHandle` eines erfolgreich gefundenen Ergebnisses braucht, um den *einfachen 1D Barcode* von dem *composite Barcode* Fall unterscheiden zu können.

'gs1_lint_passed': Falls das Symbol einen GS1 formatierten String enthält, können zusätzliche Tests auf dem String durchgeführt werden. *'gs1_lint_passed'* gibt *'true'* zurück, wenn diese erfolgreich sind. Sonst wird *'false'* zurückgegeben. Es wird überprüft, dass

- ein AI (Application Identifier) nicht mehrmals mit unterschiedlichem Inhalt vorkommt,
- AIs die von anderen AIs benötigt werden, vorhanden sind,
- AIs die von anderen AIs ausgeschlossen werden, nicht vorhanden sind, und dass
- spezielle Formatierungsregeln für AIs berücksichtigt wurden.

'gs1_lint_result': *'gs1_lint_result'* führt die bei *'gs1_lint_passed'* genannten Tests durch und gibt eine Liste von menschenlesbaren Fehlermeldungen zurück falls der Test scheitert. Ansonsten wird *'ok'* zurückgegeben.

'status': Berechnet zusätzliche Informationen über Scanlinien einer Kandidatenregion und gibt diese im von Menschen lesbaren Format zurück. Der Status kann nur berechnet werden, wenn zuvor `find_bar_code` oder `decode_bar_code_rectangle2` aufgerufen wurde, während der Barcode-Leser im *'persistence'*-Modus war (siehe `set_bar_code_param`). Zwischen dem Aufruf von `find_bar_code` und dieser Statusabfrage dürfen keine Änderungen an Parametern des Barcode-Lesers durchgeführt werden.

Zur Berechnung der zusätzlichen Informationen wird die angegebene Kandidatenregion nochmals gescannt. Dabei beendet sich der Barcode-Leser erst nach Auswertung aller Scanlinien und nicht wie normalerweise nach erfolgreicher Dekodierung. Dies ist rechenintensiv und sollte nur abgefragt werden, falls diese zusätzlichen Informationen benötigt werden. Für weitere Informationen zum Setzen von Scanparametern, welche die Scanlinien betreffen, siehe `set_bar_code_param`.

Der Operator gibt für jede Scanlinie der Kandidatenregion eine Statusmeldung und möglicherweise eine Warnung zurück, welche an dem String der Statusmeldung hinzugefügt wird. Diese Meldungen sind in der gleichen Reihenfolge wie die Scanlinien selbst vom Operator `get_bar_code_object` mit dem Parameter *'scanlines_all'* zurückgegeben werden. Die möglichen Meldungen dieser Kategorien werden unten gelistet.

- Statusmeldungen:
  Die folgende Liste zeigt die möglichen Statusmeldungen, gruppiert nach Arbeitsphasen in denen die Meldung auftreten kann. Die Zahlen sind die zugehörigen Statuscodes die mit *'status_id'* zurückgegeben werden (siehe unten).

  0: *'unknown status.'* Der Status der Scanlinie ist unbekannt. Die Scanlinie wird in diesem Fall ignoriert.

  1 - *'success.'* Die Scanlinie konnte erfolgreich dekodiert werden.

  2 - *'edges: not enough edges detected.'* Die Anzahl der Kanten in dieser Scanlinie ist zu gering für diesen Barcode-Typ.

  3 - *'edges: not enough edges for a start, a stop and at least one data character.'* Die Anzahl der Kanten in dieser Scanlinie ist zu gering um mindestens das Start-, Stopp- und ein Zeichenmuster zu finden.

  4 - *'edges: too many edges detected.'* Die Anzahl der Kanten in dieser Scanlinie ist zu hoch für diesen Barcode-Typ.

  5 - *'edges: center of scanline not within image domain.'* Das Zentrum der Scanlinie liegt nicht innerhalb der Bilddomäne.

  6 - *'decoding: could not find stop character.'* Das Stopp-Zeichen konnte nicht gefunden werden.

  7 - *'decoding: could not find start and stop characters.'* Die Start- und Stopp-Zeichen konnten nicht gefunden werden.

  8 - *'decoding: internal error when estimating the maximum string length.'* Interner Fehler.

  9 - *'decoding: internal error when decoding a single character.'* Interner Fehler.

  10 - *'decoding: number of wide bars of a single character is not equal to 2.'* Für Barcode-Typen *'2/5 Industrial'* und *'2/5 Interleaved'* muss die Anzahl breiter Striche in einem Zeichen zwei sein.

  11 - *'decoding: invalid encoding pattern.'* Das Kodiermuster entspricht keinem Zeichen in der symbolspezifischen Look-Up-Tabelle.

  12 - *'decoding: invalid mix of character sets.'* Für die Barcode-Typen *'EAN-13'* und *'UPC-A'*: Die linke Hälfte des Symbols enthält eine ungültige Kombination der Sets A und B.

13 - *'decoding: error decoding the reference to a human readable string.'* Fehler bei der Dekodierung der Referenzdaten in einen lesbaren String. Dies kann beispielsweise auftreten, wenn (abhängig davon ob ein Prüfzeichen erwartet wird) nicht genügend Zeichen gefunden wurden.

14 - *'decoding: could not detect center guard pattern.'* Für die Barcode-Typen *'EAN-13'*, *'EAN-8'* und *'UPC-A'* (inklusive Add-on-Varianten) konnte das obligatorische Center Guard-Pattern nicht gefunden werden.

15 - *'decoding: could not detect left and/or right guard patterns.'* Für die Barcode-Typen *'EAN-13'*, *'EAN-8'* und *'UPC-A'* (inklusive Add-on-Varianten) konnte entweder das obligatorische linke oder rechte Normal Guard-Pattern nicht gefunden werden. Für die Barcode-Typen *'UPC-E'* (inklusive Add-on-Varianten) konnte entweder das linke Normal Guard-Pattern oder das rechte Special Guard-Pattern nicht gefunden werden.

16 - *'decoding: could not detect add-on guard pattern.'* Für die Barcode-Typen *'EAN-13'*, *'EAN-8'*, *'UPC-A'* und *'UPC-E'* mit Add-on-Symbolen konnte das obligatorische Add-On Guard-Pattern nicht gefunden werden.

17 - *'decoding: could not detect enough finder patterns.'* Für die Barcode-Typen der GS1-DataBar-Familie konnten nicht genug Finder-Pattern gefunden werden.

18 - *'decoding: no segment found.'* Für Stacked Barcode-Typen konnte kein Segment gefunden werden.

19 - *'check: checksum test failed.'* Die Überprüfung des Prüfzeichens ist fehlgeschlagen. Für Barcodes mit einem nicht-verpflichtenden Prüfzeichen kann die Überprüfung mit dem Parameter *'check_char'* im Operator `set_bar_code_param` ausgeschaltet werden.

20 - *'check: check of add-on symbol failed.'* Für die Barcode-Typen *'EAN-13'*, *'EAN-8'*, *'UPC-A'* und *'UPC-E'* mit Add-On-Symbolen entspricht die Kombination der Sets A und B nicht dem impliziten Prüfzeichen.

21 - *'check: detected EAN-13 bar code type instead of specified type.'* Für die Barcode-Typen *'UPC-A'* und dessen Add-on-Varianten muss die linke Hälfte des Symbols aus sechs Zeichen des Sets A bestehen, aber eine *'EAN-13'*-kompatible Kombination der Sets A und B wurde gefunden. Der Barcode sollte als *'EAN-13'* dekodiert werden.

22 - *'check: symbol region overlaps with another symbol region'* Der Barcode konnte dekodiert werden, aber die Symbolregion schneidet sich mit der Symbolregion eines bereits erfolgreich dekodierten Barcodes.

23 - *'decoding: could not detect the bar code type.'* Der Barcodeleser könnte das Barcodetyp nicht bestimmen. Dieser Zustand kann passieren nur wenn `find_bar_code` mit `CodeType`=*'auto'*) oder mit einer Liste von unterschiedlichen Barcodetypen ausgeführt wurde.

24 - *'decoding: quiet zone is disturbed.'* Die Überprüfung der Ruhezone ist fehlgeschlagen. Siehe den Abschnitt zu *'quiet_zone'* in `set_bar_code_param` für weitere Informationen.

25 - *'check: symbol region detected outside of the candidate region.'* Ein Barcode wurde detektiert aber ganz am Rand von oder sogar weit außerhalb der Kandidatenregion. Das ist eine Indikation dafür, dass die Scanlinien zufällig Strichsequenzen gelesen haben, welche eher zu einem anderen und nicht zu dem aktuellen Kandidat gehören.

26 - *'decoding: minimum code length not reached (see min_code_length).'* Die Anzahl dekodierter Zeichen im gefundenen Barcode ist kleiner als die erforderliche Anzahl. Siehe den Abschnitt zu *'min_code_length'* in `set_bar_code_param` für weitere Informationen zur minimalen Anzahl dekodierten Zeichen.

27 - *'decoding: maximum code length exceeded (see max_code_length).'* Die Anzahl dekodierter Zeichen im gefundenen Barcode überschreitet die maximal erlaubte Anzahl. Siehe den Abschnitt zu *'max_code_length'* in `set_bar_code_param` für weitere Informationen zur maximalen Anzahl dekodierten Zeichen.

28 - *'decoding: could not estimate bar width threshold.'* Betrifft nur Pharmacode. Es war nicht möglich eine Schwelle zu bestimmen um zwischen schmalen und breiten Balken zu unterscheiden.

- Warnungen:
  Die unten gelisteten Meldungen sind nur Warnungen, keine Fehler. Sie können in Kombination mit einer Statusmeldung auftreten und werden dann an die Statusmeldung angehängt. Diese Meldungen werden zurückgegeben, falls der Barcode-Leser mögliche Qualitätsprobleme im Eingabebild feststellt. Die Meldungen 1000 bis 1003 können nur bei erfolgreich dekodierten Scanlinien auftreten und nur für folgende Barcode-Typen: *'Codabar'*, *'2/5 Industrial'*, *'2/5 Interleaved'*, *'Code 39'*, *'Code 93'*, *'GS1-128'*, *'Code 128'*, *'MSI'*, alle *'EAN'*-, *'UPC-A'*- und *'UPC-E'*-Varianten. Zu beachten ist, dass diese

Warnungen in Fällen in denen die Scanlinie bereits inkorrekt dekodiert wurde, aber vom Barcode-Leser nicht als ungültig erkannt wurde, falsch sind und ignoriert werden müssen.

1000 - *'White spaces too wide.'* Die gemessene Breite der weißen Lücken ist größer als intern erwartet. Dies ist kein Dekodierfehler, sondern eine Warnung, dass es zu Dekodierfehlern kommen könnte, wenn die Breite der weißen Lücken noch mehr zunimmt.

1001 - *'White spaces too narrow.'* Die gemessene Breite der weißen Lücken ist kleiner als intern erwartet. Dies ist kein Dekodierfehler, sondern eine Warnung, dass es zu Dekodierfehlern kommen könnte, wenn die Breite der weißen Lücken noch mehr abnimmt.

1002 - *'Bars too wide.'* Die gemessene Breite der Striche ist größer als intern erwartet. Dies ist kein Dekodierfehler, sondern eine Warnung, dass es zu Dekodierfehlern kommen könnte, wenn die Breite der Striche noch mehr zunimmt.

1003 - *'Bars too narrow.'* Die gemessene Breite der Striche ist kleiner als intern erwartet. Dies ist kein Dekodierfehler, sondern eine Warnung, dass es zu Dekodierfehlern kommen könnte, wenn die Breite der Striche noch mehr abnimmt.

1004 - *'Possible saturation of gray values.'* Ein interner Algorithmus zeigt, dass die weißen Pixel in der Symbolregion in Sättigung sein könnten. Diese Warnung ist nicht spezifisch für einen Barcode-Typ. Diese Warnung wird für jede Scanlinie ausgegeben. Beispielsweise ist die Kombination der Statusmeldungen 1001/1004 oder 1003/1004 ein Hinweis darauf, dass die Eingabebilder überbelichtet sein könnten.

1005 - *'No composite component found.'* Das Linkage-Flag in der linearen Barcode-Komponente zeigt an, dass eine Composite-Komponente existiert, aber die Composite-Komponente konnte nicht gefunden werden. Der Dekodierer gab nur die lineare Komponente zurück. Diese Warnung wird für jede Scanlinie in der entsprechenden Kandidatenregion ausgegeben.

1006 - *'Used for merging.'* Diese Information zeigt an, dass die Kanten der aktuellen Scanlinie benutzt wurden um die vereinigte Scanline zu berechnen.

'status_id': Berechnet zusätzliche Informationen über Scanlinien und gibt diese in einem numerischen Format zurück, das leicht weiterverarbeitet werden kann. Die Beschreibung dieser Funktionalität und die Zahlen der Nachrichten werden bei dem Parameter *'status'* (s.o.) beschrieben. Die Zahlen der Warnungen können zusammen mit anderen Status-Zahlen zurückgegeben werden. Die einzelnen Zahlen der Statusmeldungen und Warnungen werden als String, getrennt durch ein Semikolon, zurückgegeben, beispielsweise als `'1;1000;1004'`.

'status_small_elements_robustness': Bestimmt zusätzliche Informationen über einen optionalen Dekodierversuch, der im Abschnitt über *'small_elements_robustness'* des Operators `set_bar_code_param` beschrieben wird. Zusätzlich zu den Statusmeldungen, die im Abschnitt *'status'* beschrieben sind, wird hier die Meldung *'small_elements_robustness: no scan.'* zurückgegeben falls der Algorithmus nicht ausgeführt wurde oder fehlschlug.

'decode_feature': Liefert das zur Dekodierung erfolgreich verwendete Verfahren zurück.

Das zurückgegebene Ergebnis ist ein Einzelwert.

Wertevorschläge: *'standard'*, *'merge_scanlines'*, *'small_elements_robustness'*.

Parameter

▷ **BarCodeHandle** (input_control) . . . . . barcode ⇝ *handle*
Handle des zu verwendenden Barcode-Modells.

▷ **CandidateHandle** (input_control) . . . . . integer ⇝ *string* / integer
Auswahl der Barcode-Ergebnisse oder Kandidaten, für die eine Information abgefragt werden soll.
Default: 'all'
Wertevorschläge: `CandidateHandle` ∈ {0, 1, 2, 'all'}

▷ **ResultName** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Namen der Ergebnisse, die vom Barcode-Leser abgefragt werden sollen.
Default: 'decoded_types'
Wertevorschläge: `ResultName` ∈ {'decoded_types', 'decoded_strings', 'decoded_data', 'decoded_reference', 'element_size', 'orientation', 'composite_strings', 'composite_reference', 'aborted', 'gs1_lint_result', 'gs1_lint_passed', 'quality_isoiec15416', 'quality_isoiec15416_labels', 'quality_isoiec15416_values', 'quality_isoiec15416_float_grades', 'status', 'status_id', 'status_small_elements_robustness', 'decode_feature'}

▷ **BarCodeResults** (output_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Liste mit den Ergebnissen.

Ergebnis

`get_bar_code_result` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt und die angeforderten Ergebnisse für die letzte Symbolsuche verfügbar sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`find_bar_code`

Siehe auch

`get_bar_code_object`

Modul

Bar Code

```
query_bar_code_params ( : : BarCodeHandle,
    Properties : GenParamName )
```

Liefert für das übergebene Barcode-Modell die Namen der Parameter, die in den set_bar_code- und get_bar_code*-Operatoren benutzt werden können.*

Mit Hilfe des Operators `query_bar_code_params` lassen sich die Namen der Parameter des Barcode-Modells finden, die die Eigenschaften erfüllen, die in `Properties` angegeben sind. Um das zu erklären, hier einige Hintergrundinformationen. Nach Erstellen eines Barcode-Modells sind zuerst alle Parameter *'general'*, d.h. sie haben die selben Werte für alle unterstützten Barcode-Typen gesetzt. Während des automatischen Parametertrainings oder nach Aufruf des Operators `set_bar_code_param_specific` können einige Parameter zur Laufzeit Barcodetyp-spezifisch werden. Diese Parameter können nicht mit dem allgemeinen Operator `get_bar_code_param` ausgelesen werden, sondern nur mit `get_bar_code_param_specific`. Um dieses Auslesen einfach und generisch zu machen, kann die Ausgabe `GenParamName` von `query_bar_code_params` als Eingabeparameter `GenParamName` in `get_bar_code_param` oder `get_bar_code_param_specific` verwendet werden, abhängig davon, ob `Properties`=*'*general'* oder `Properties`=*'*specific'*.

Bitte beachten Sie, dass Sie alternativ ein statisches Tupel von Parameternamen in `get_bar_code_param` oder `get_bar_code_param_specific` verwenden könnten, z.B. die in der Beschreibung angegebenen. Dieses Vorgehen ist jedoch unflexibel und wird nicht empfohlen.

Mögliche Werte für `Properties` sind:

'all': Alle vom Barcode-Leser unterstützten Parameternamen werden zurückgegeben. Die Namen sind unabhängig vom, durch `BarCodeHandle` angegebenen, Barcode-Modell.

'general': Rückgabe der Namen derjenigen Parameter, die für alle unterstützten Barcode-Typen gleiche Werte gesetzt haben. Nur diese Parameter können mit `get_bar_code_param` ausgelesen werden.
Der Parametername *'train'* wird ausgeschlossen, weil dieser nicht zusammen mit anderen möglichen Parameternamen an `get_bar_code_param` übergeben werden kann, da durch *'train'* als Parameter für `get_bar_code_param` mehrwertige Tupel zurückgegeben werden können.

'specific': Rückgabe der Namen derjenigen Parameter, die spezifisch für bestimmte Barcode-Typen gesetzt sind. Die Werte dieser Parameter müssen über `get_bar_code_param_specific` statt `get_bar_code_param` ausgelesen werden. Barcodetyp-spezifische Werte können in Zusammenhang mit der Barcode-Autodiskriminierung auftreten die bei dem Operator `find_bar_code` erklärt wird oder beim automatischen Parametertraining.

'trained_general': Rückgabe der Namen derjenigen Parameter die bereits trainiert wurden und die für alle unterstützten Barcode-Typen gleiche Werte gesetzt haben. Der Trainingsmodus ist bei dem Operator `set_bar_code_param` beschrieben.

'trained_specific': Rückgabe der Namen derjenigen Parameter die bereits trainiert wurden und die spezifisch für bestimmte Barcode-Typen gesetzt sind. Der Trainingsmodus ist bei dem Operator set_bar_code_param beschrieben.

Parameter

▷ **BarCodeHandle** (input_control) ..... barcode ⇝ *handle*
Handle des zu verwendenden Barcode-Modells.

▷ **Properties** (input_control) ..... attribute.name ⇝ *string*
Eigenschaften der Parameter.
Default: 'trained_general'
Werteliste: Properties ∈ {'general', 'specific', 'trained_general', 'trained_specific', 'all'}

▷ **GenParamName** (output_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.

Beispiel

```
TrainParams := ['element_size_min', 'element_size_max', 'orientation']
Train3times := gen_tuple_const(|TrainParams|,'train')
create_bar_code_model (Train3times, TrainParams, BarCodeHandle)
find_bar_code (Image, SymbolRegions, BarCodeHandle, 'EAN-13', \
               DecodedDataStrings)
query_bar_code_params (BarCodeHandle, 'trained_general', NamesGen)
* returns NamesGen = ['element_size_max', 'element_size_min']
get_bar_code_param (BarCodeHandle, NamesGen, ValGen)
* returns e.g., ValGen = [4.0, 1.5]
query_bar_code_params (BarCodeHandle, 'trained_specific', NamesSpec)
* returns NamesSpec = ['orientation', 'orientation_tol']
get_bar_code_param_specific (BarCodeHandle, 'EAN-13', NamesSpec, ValSpec)
* returns e.g., ValSpec = [89.9127, 0.5]
```

Ergebnis

query_bar_code_params liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

find_bar_code, decode_bar_code_rectangle2

Nachfolger

get_bar_code_param, get_bar_code_param_specific

Modul

Bar Code

read_bar_code_model (: : FileName : BarCodeHandle)

Liest ein Barcode-Modell aus einer Datei und legt ein neues Modell an.

Der Operator read_bar_code_model liest aus der Datei FileName ein Barcode-Modell ein und erzeugt aus den eingelesenen Daten ein neues Modell. In BarCodeHandle wird ein Handle auf das neue Modell zurückgeliefert. Die Datei FileName wird mit dem Operator write_bar_code_model erzeugt. Die Dateiendung für das Barcode-Modell ist in HALCON 'bcm'.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der einzulesenden Barcode-Datei.
Default: 'bar_code_model.bcm'
Dateiendung: .bcm

▷ **BarCodeHandle** (output_control) . . . . . barcode ⇝ *handle*
Handle für das neu eingelesene Barcode-Modell.

Ergebnis

read_bar_code_model liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls eine Barcode-Datei mit dem angegebenen Namen gefunden wurde und korrekt eingelesen werden konnte. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

find_bar_code

Alternativen

create_bar_code_model

Siehe auch

write_bar_code_model, clear_bar_code_model

Modul

Bar Code

serialize_bar_code_model (: : BarCodeHandle : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines Barcode-Modells.

serialize_bar_code_model serialisiert die Daten eines Barcode-Modells (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von write_bar_code_model in eine Datei geschrieben werden. Das Barcode-Modell wird in dem Handle BarCodeHandle übergeben. Das serialisierte Modell wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_bar_code_model wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **BarCodeHandle** (input_control) . . . . . barcode ⇝ *handle*
Handle des zu serialisierenden Barcode-Modells.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert serialize_bar_code_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

fwrite_serialized_item, send_serialized_item, deserialize_bar_code_model

Siehe auch

create_bar_code_model, set_bar_code_param, find_bar_code

Modul

Bar Code

set_bar_code_param (: : BarCodeHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen ausgewählter Parameter des Barcode-Modells.

Der Operator set_bar_code_param erlaubt es, Parameter, welche Eigenschaften des Barcodes beschreiben oder das Verhalten des Modells bei der Symbolsuche steuern, zu verändern. Damit kann auf Besonderheiten des Barcodes oder dessen Abbildung durch den Bildsensor eingegangen werden. Alle Parameter können auch direkt beim Anlegen des Modells mit create_bar_code_model übergeben werden. Die aktuelle Konfiguration kann mit Hilfe von get_bar_code_param ausgelesen werden.

Es folgt eine Übersicht über die verschiedenen generischen Parameter mit den jeweiligen Wertebereichen und Defaultwerten:

Größe der Barcode Elemente:

Die beiden ersten Parameter, *'element_size_min'* und *'element_size_max'*, beeinflussen die Suche nach Kandidatenregionen und die Dekodierung der Barcodes. Sie werden aber nicht strikt als Grenzen für die Größe der Elemente gefundener Barcodes verwendet. D.h. es können auch Barcodes gefunden werden, deren Elemente schmaler als *'element_size_min'* oder breiter als *'element_size_max'* sind.

Achtung: Beim Ändern der Größe über den Operator set_bar_code_param, werden die Parameterwerte *'element_size_min'* und *'element_size_max'* auf Konsistenz überprüft. Die beiden Parameter sollten im gleichen Aufruf gesetzt werden.

'element_size_min': Die minimale Größe eines Basiselements (auch als 'Modul' oder 'narrow bar' bezeichnet, je nach Barcodetyp), d.h. die minimale Dicke der schmalsten Striche und Zwischenräume des speziellen Barcodetyps. Der Wert dieses Parameters ist in Pixel definiert. Für Barcodes mit niedriger Auflösung sollte der Wert auf *1.5* reduziert werden, ggf. sogar auf bis zu *0.6*. Falls der Wert unter *2.0* gesetzt wird, wird ein zusätzlicher Dekodierversuch unternommen, der im Abschnitt über *'small_elements_robustness'* des Operators set_bar_code_param beschrieben wird. Für sehr große Barcodes kann der Wert entsprechend vergrößert werden, was kürzere Laufzeiten mit sich bringt.

Wertevorschläge: [*1.2*, ..., *10.0*]

Wertebereich: [*0.6*, ..., *64*]

Default: *2.0*

'element_size_max': Die maximale Größe eines Basiselements (auch als 'Modul' oder 'narrow bar' bezeichnet, je nach Barcodetyp), d.h. die maximale Dicke der schmalsten Striche und Zwischenräume des speziellen Barcodetyps. Der Wert dieses Parameters ist in Pixel definiert. Er sollte groß genug sein, damit für das komplette Symbol die Kandidatenregion gefunden wird. Anderseits darf er nicht so groß gewählt werden, dass zwei benachbarte Barcodes zu einem einzelnen Kandidaten verschmelzen.

Wertevorschläge: [*4.0*, ..., *60.0*]

Wertebereich: [*1*, ..., *256*]

Default: *8.0*

'element_size_variable': In manchen Barcodeaufnahmen variiert die Breite des kleinsten Elements über den Bereich des Barcodes. Diese Veränderungen entstehen durch Druckfehler, perspektivische Projektion oder durch Deformation der Oberfläche, auf welcher der Barcode gedruckt ist (z.B. eine Tonnenverzerrung auf einer Flasche). Standardmäßig kann der Barcodeleser solche Verzerrungen nicht ausgleichen. Sollte die Einstellung *'element_size_variable'* auf *'true'* gesetzt sein, wird versucht, solche Deformationen lokal bei der Dekodierung auszugleichen. Dies kann dazu führen, dass Barcodes auch unter solchen Bedingungen gelesen werden können. Man beachte, dass nicht alle Deformationen ausgeglichen werden können.

Der Parameter *'element_size_variable'* ist nur für folgende Barcodetypen implementiert:

- Code 128
- GS1-128
- GS1 DataBar Limited
- GS1 DataBar Expanded
- GS1 DataBar Expanded Stacked

Bei anderen Barcodetypen hat dieser Parameter keinen Effekt.

Dieser Parameter kann mit dem Operator `set_bar_code_param_specific` spezifisch für unterschiedliche Barcodetypen gesetzt werden.

Werteliste: *'false'*, *'true'*

Default: *'false'*

'barcode_height_min': Die minimale Höhe des Barcodes. Der Wert dieses Parameters ist in Pixel definiert. Die Voreinstellung mit *-1* bedeutet, dass intern die Höhe des Barcodes automatisch entsprechend den anderen Einstellung gewählt wird. Bei sehr flachen Barcodes mit einer Höhe von weniger als 16 Pixeln ist es sinnvoll die Höhe manuell einzustellen, damit der Barcode gefunden und gelesen werden kann. Die minimale Höhe beträgt 8 Pixel. Bei sehr hohen Barcodes, z.B. mit 70 Pixeln und mehr, kann das manuelle Setzen auf die entsprechende Höhe zu einer Beschleunigung beim Lesen führen.

Wertevorschläge: *-1*, *8*, *64*

Default: *-1*

'barcode_width_min': Die minimale Breite des Barcodes im Bild. Der Wert dieses Parameters ist in Pixel definiert. Die Breite eines Barcodes hängt von mehreren Faktoren ab:

- Auflösung der Kamera
- Entfernung zwischen Barcode und Kamera
- Barcode-Typ
- Anzahl kodierter Zeichen

Falls diese Eigenschaften in einer Anwendung nahezu unverändert bleiben, sollte dieser Parameter gesetzt werden, um die Geschwindigkeit und Robustheit des Barcode-Lesers zu erhöhen. Der Standardwert von *-1* bedeutet, dass der Barcode-Leser einen geeigneten Minimalwert anhand der gesuchten Barcode-Typen und des Parameters *'element_size_min'* schätzt.

Wertevorschläge: *-1*, *40*, *50*, *60*

Default: *-1*

'barcode_width_max': Die maximale Breite des Barcodes im Bild. Der Wert dieses Parameters ist in Pixel definiert. Die Breite eines Barcodes hängt von mehreren Faktoren ab:

- Auflösung der Kamera
- Entfernung zwischen Barcode und Kamera
- Barcode-Typ
- Anzahl kodierter Zeichen

Dieser Parameter kann die Robustheit bei bekannter maximaler Breite der zu lesenden Barcodes erhöhen. Insbesondere kann das Verschmelzen von nahe beieinanderliegenden Barcodes zuverlässig vermieden werden. Im Allgemeinen sollte das Setzen dieses Parameters nur in Ausnahmefällen notwendig sein. Für den Standardwert von *-1* wird die maximale Barcode Breite nicht eingeschränkt.

Wertevorschläge: *-1*, *300*, *400*, *500*

Default: *-1*

Scanparameter:

'num_scanlines': Die maximale Anzahl von Scanlinien, die während des Scannens eines (Kandidat-)Symbols benutzt werden. Wenn *'num_scanlines'* nicht gesetzt ist (der Parameter hat einen Wert von *0*), wird die Anzahl der Scanlinien nach einer internen Regel bestimmt: *10* für alle einzeiligen Barcodes, *20* für GS1 DataBar Stacked beziehungsweise GS1 DataBar Stacked Omnidirectional und *55* für GS1 DataBar Expanded Stacked. Durch diesen Parameter kann die Geschwindigkeit in zwei Fällen gesteigert werden. Im ersten Fall beinhaltet das Bild viele falsche Kandidaten. Während der Barcode selbst normalerweise nach ein oder zwei Scanvorgängen dekodiert werden kann (außer gestapelte Barcodes, siehe unten), wird ein falscher Kandidat mit dem Defaultwert von 10 Scanlinien gescannt, was die Laufzeit unnötig verlängert. Folglich kann die Geschwindigkeit durch eine reduzierte Anzahl der Scanlinien erhöht werden. Generell lässt sich

sagen, dass Bilder höherer Qualität weniger Scanlinien benötigen als Bilder von niedrigerer Qualität. Für ein durchschnittliches Bild sollte ein Wert zwischen 2 und 5 ausreichend sein. Sollte ein Barcode jedoch nach Verringerung der Scanlinien nicht mehr gefunden werden, so muss die Anzahl der Scanlinien wieder erhöht werden. Der zweite Fall betrifft gestapelte Barcodes (derzeit GS1 DataBar Stacked, GS1 DataBar Stacked Omnidirectional und GS1 DataBar Expanded Stacked). Hier werden alle Scanlinien bewertet - im Gegensatz zu einzeiligen Barcodes (z.B. Code 128, EAN 13 oder GS1 DataBar Limited), wo das Scannen nach erfolgreicher Dekodierung des Codes beendet wird. Der Scanvorgang ist eine der zeitaufwändigsten Phasen des Operators `find_bar_code`. Deswegen kann die Anpassung des Parameters *'num_scanlines'* große Geschwindigkeitsvorteile bringen. Das gilt insbesondere für GS1 DataBar Expanded Stacked. Ein GS1 DataBar Expanded Stacked Symbol kann in der Regel aus bis zu 11 Zeilen bestehen. Damit jede Zeile robust von jeweils 5 Scanlinien gelesen wird, sind im Operator 55 Scanlinien für den allgemeinen Fall vorgesehen. Wenn nur Symbole mit geringer Zeilenanzahl zu erwarten sind, sollte *'num_scanlines'* auf 1.5 bis 5 Scanlinien pro erwartete Zeile reduziert werden.

Falls dieser Parameter auf einen Wert gesetzt wird, der kleiner ist als die Einstellung für den Parameter *'min_identical_scanlines'*, so wird der Wert für *'min_identical_scanlines'* automatisch auf den Wert von *'num_scanlines'* reduziert.

Dieser Parameter kann mit dem Operator `set_bar_code_param_specific` spezifisch für unterschiedliche Barcodetypen gesetzt werden.

Wertevorschläge: *0*, *5*, *10*, *20*

Default: *0*

'min_identical_scanlines': Mit diesem Parameter lässt sich die Wahrscheinlichkeit verringern, dass Barcodes falsch gelesen werden oder an Stellen gefunden werden, die keine Barcodes darstellen. Der Parameter legt die minimale Anzahl von Scanlinien fest, welche identische Ergebnisse liefern müssen, damit die Dekodierung eines Symbols akzeptiert wird.

Wenn *'min_identical_scanlines'* auf den Wert 0 gesetzt ist (welches der Standardwert für alle Barcodetypen außer '2/5 Industrial' und '2/5 Interleaved' ist), wird der Barcode dekodiert, sobald eine Scanlinie erfolgreich dekodiert wurde. Falls die Einstellung *'majority_voting'* aktiviert ist, wird ein anderes Verfahren angewandt (siehe Abschnitt über *'majority_voting'*). Analog hierzu reicht bei gestapelten Barcodes eine erfolgreich dekodierte Scanlinie pro Barcodezeile. Dieser Parameter kann auf 2 oder höher gesetzt werden, um zu verhindern, dass Barcodes unbeabsichtigt gefunden werden. Dies kann insbesondere dann hilfreich sein, wenn schlechte Bildqualität oder verrauschte Bildregionen dazu führen, dass eine Scanlinie falsche Strichkanten findet. Dieser Parameter kann auch die Anzahl falsch gefundener Barcodes in Bildern verringern, in welchen Symbole unterschiedlichen Barcodetyps gleichzeitig erscheinen.

Man beachte, dass der Standardwert für diesen Parameter für die meisten Barcodetypen *0* ist. Lediglich ist der Standardwert *2* für die Barcodetypen '2/5 Industrial' und '2/5 Interleaved'. Der Grund dafür ist, dass diese Barcodetypen leicht fälschlicher Weise in Text und anderen Störmustern erkannt werden, wenn der Parameter *'min_identical_scanlines'* auf *0* oder *1* gesetzt ist.

Dieser Parameter kann mit dem Operator `set_bar_code_param_specific` spezifisch für unterschiedliche Barcodetypen gesetzt werden.

Wenn vereinigte Scanlinien (siehe *'merge_scanlines'*) verwendet werden, drückt *'min_identical_scanlines'* aus, in wie vielen Scanlinien eine Kante erfolgreich erkannt werden muss (siehe `get_bar_code_object`, *'scanlines_merged_edges'*).

Für *'GS1 DataBar Expanded Stacked'* drückt *'min_identical_scanlines'* aus, in wie vielen Scanlinien jedes Segment erfolgreich erkannt werden muss.

Wertevorschläge: *0*, *2*, *3*

Default:

Barcodetyp	min_identical_scanlines
2/5 Industrial	2
2/5 Interleaved	2
alle Anderen	0

'majority_voting': Dieser Parameter steuert das Verhalten bei der Auswahl unterschiedlicher Dekodierergebnisse pro Scanlinie. Falls der Parameter auf *'false'* gesetzt ist, wird ein erfolgreiches Dekodierergebnis zurückgegeben, sobald eine minimale Anzahl an identisch dekodierten Scanlinien gefunden wurde (siehe Abschnitt

über *'min_identical_scanlines'* für weitere Details). Setzt man diesen Parameter auf *'true'*, so wird ein Mehrheitsvotum unter Einbeziehung aller Scanlinien durchgeführt. Das zurückgegebene Endergebnis wird dann jenes sein, welches von den meisten Scanlinien dekodiert wurde. Man beachte, dass die Einstellung *'true'* zu leicht erhöhten Laufzeiten führt, denn es müssen fast alle Scanlinien ausgewertet werden anstatt nur die minimal identischen Scanlinien.

Um die Robustheit gegenüber falschen Dekodierungen zu erhöhen, sollte dieser Parameter auf *'true'* gesetzt werden.

Dieser Parameter wird nur für Barcodetypen unterstützt, die nicht gestapelt sind.

Werteliste: *'false'*, *'true'*

Default: *'false'*

'stop_after_result_num': Anzahl erfolgreich dekodierter Barcodes nach der die Dekodierung angehalten wird. Falls dieser Parameter nicht gesetzt ist (der Parameter hat einen Wert von *0*), wird versucht alle Kandidaten zu dekodieren. Dieser Parameter wird typischerweise gesetzt, wenn die erwartete Anzahl von Barcodes im Voraus bekannt ist. Dann kann der Barcode-Leser die weitere Dekodierung von Kandidaten abbrechen und die Gesamtdekodierzeit wird reduziert.

Dieser Parameter kann mit dem Operator `set_bar_code_param_specific` spezifisch für unterschiedliche Barcodetypen gesetzt werden.

Wertevorschläge: *0*, *1*, *2*

Default: *0*

'orientation': Erwarteter Barcode Orientierungswinkel. Ein potentieller (Kandidat-) Barcode hat Striche ähnlicher Orientierung. Man kann die Parameter *'orientation'* und *'orientation_tol'* anpassen, um den Wertebereich [*'orientation'*-*'orientation_tol'*, *'orientation'*+*'orientation_tol'*] zu definieren. `find_bar_code` bearbeitet nur Kandidatenregionen, deren Striche einen durchschnittlichen Orientierungswinkel haben, der in dem obigen Wertebereich liegt. Falls die Barcodes nur mit einer bestimmter Orientierung in den bearbeiteten Bildern erscheinen, so kann man den Wertebereich entsprechend reduzieren, sodass falsche Kandidaten früher erkannt werden und sich so die Ausführungszeit des Operator verkürzt. Diese Strategie bringt vor allem dann Vorteile, wenn die bearbeiteten Bilder viel Hintergrundtextur mit falsch orientierten Kandidaten enthalten.

Ausführlichere Informationen zu dem Orientierungswinkel können beim Operator `get_bar_code_result`(...,*'orientation'*,...) nachgelesen werden. Im Gegensatz zu `get_bar_code_result`, wird hier die eigentliche Leserichtung nicht berücksichtigt, und es sind deswegen nur Winkel in dem Wertebereich [*-90.0 ... 90.0*] von Interesse. Die einzige Ausnahme dazu sind Barcodes vom Typ PharmaCode, welche keine eindeutige Leserichtung haben und somit auch in der Regel zwei dekodierte Ergebnisse zurückliefern: mit einem Wertebereich von [*-180.0 ... 180.0*] kann eine spezielle Leserichtung und damit auch ein einzelnes Ergebnis gewählt werden.

Dieser Parameter kann mit dem Operator `set_bar_code_param_specific` spezifisch für unterschiedliche Barcodetypen gesetzt werden.

Wertevorschläge: [*-90.0*, ..., *90.0*]

Default: *0.0*

'orientation_tol': Toleranz der Orientierung. Siehe *'orientation'* für weitere Erklärungen. Wie bereits erklärt wurde, ist nur der Wertebereich [*-90.0 ... 90.0*] berücksichtigt, was mit einem *'orientation_tol'* von *90.0* ganz abgedeckt wird. Deswegen sind die Werte von *'orientation_tol'* auf den Wertebereich [*0.0 ... 90.0*] eingeschränkt. Dabei stellt ein Wert von *90.0* die Orientierungsbeschränkung grundsätzlich aus.

Dieser Parameter kann mit dem Operator `set_bar_code_param_specific` spezifisch für unterschiedliche Barcodetypen gesetzt werden.

Wertevorschläge: [*0.0*, ..., *90.0*]

Default: *90.0*

'quiet_zone': Steuert die Verifikation der Ruhezonen eines Barcodesymbols. Wenn diese eingeschaltet ist, werden Scanlinien verworfen, falls unerwartete Striche in den Ruhezonen gefunden werden.

Mögliche Werte:

- *'false'*: Die Verifikation ist ausgeschaltet.
- *'true'*: Die Ruhezonen müssen mindestens so breit sein, wie in der entsprechenden Barcode-Norm festgesetzt ist. Diese Werte (in X-Einheiten, wobei X eine "Modulbreite"bezeichnet, d.h. die Breite des schmalsten Striches aus der Strichsequenz des Barcodes) können von der folgenden Tabelle entnommen werden:
- Ganzzahl (>= *1*): Die Ruhezonen müssen mindestens *'quiet_zone'*×X breit sein.

Barcodetyp	Linke RZ	Rechte RZ	Barcodetyp	Linke RZ	Rechte RZ
2/5 Industrial	10	10	UPC-A	9	9
2/5 Interleaved	10	10	UPC-A Add-On 2	9	5
Codabar	10	10	UPC-A Add-On 5	9	5
Code 39	10	10	UPC-E	9	7
Code 93	10	10	UPC-E Add-On 2	9	5
Code 128	10	10	UPC-E Add-On 5	9	5
MSI	10	10	GS1-128	10	10
PharmaCode	5	5	GS1 DataBar Omnidir	1	1
EAN-8	7	7	GS1 DataBar Truncated	1	1
EAN-8 Add-On 2	7	5	GS1 DataBar Stacked	1	1
EAN-8 Add-On 5	7	5	GS1 DataBar Stacked Omnidir	1	1
EAN-13	11	7	GS1 DataBar Limited	1	5
EAN-13 Add-On 2	11	5	GS1 DataBar Expanded	1	1
EAN-13 Add-On 5	11	5	GS1 DataBar Expanded Stacked	1	1

- *'tolerant'*: Eine beschränkte Anzahl an Kanten in der Ruhezone ist erlaubt, aber höchstens eine pro vier Modulbreiten. Das Ziel ist zu verhindern, nur einen Teil von einem Barcode zu erkennen, aber dennoch Codes mit einer einfachen Verletzung der Ruhezone noch lesen zu können.
  Zu beachten: Auch für Codetypen mit einer vorgeschriebenen Ruhezone von weniger als vier Modulbreiten werden die Kanten innerhalb eines Bereichs von vier Modulbreiten um den Code überprüft. In diesem Fall kann dieses Kriterium also strenger sein als die Überprüfung mit *'quiet_zone'='true'*.

Die Verifikation der Ruhezonen ist insbesondere für das Lesen von Barcodes im 'auto'-Modus wichtig. Sie verhindert, dass einfache Barcodes innerhalb einer Strichsequenz eines längeren und/oder komplexeren Barcodes gefunden werden. Normalerweise liefern Werte zwischen *2* und *4* optimale Ergebnisse, weil dadurch falsche Barcodes unterdrückt werden, während kleine Störungen wie Text, Etikettenkanten, etc. immer noch toleriert werden.

Dieser Parameter kann mit dem Operator `set_bar_code_param_specific` spezifisch für unterschiedliche Barcodetypen gesetzt werden.

Zu beachten: Die Ruhezonen dienen zur Überprüfung, dass innerhalb dieser Zone keine anderen Striche findbar sind, es ist jedoch nicht notwendig, dass sie als Ganzes auf dem Bild gefunden werden müssen. Dies bedeutet, falls eine gesetzte Ruhezone nicht als Ganzes auf dem Bild enthalten ist, wird nur der Teil im Bild überprüft während der Teil außerhalb des Bildes als störungsfrei angenommen wird.

Wertevorschläge: *'false'*, *'true'*, *'tolerant'*, *1*, *...*, *100*

Default: *'false'*

'start_stop_tolerance': Fordert ein tolerantes (*'high'*) oder ein strenges (*'low'*) Matchingkriterium bei der Suche nach Start-, bzw. Stoppmuster in einer Scanlinie. Ein tolerantes Kriterium erhöht die allgemeine Leserate, insbesondere in Bildern mit schlechtem Kontrast. Anderseits kann diese Einstellung zu ungültigen Dekodierungen in verrauschten Bildern, oder in Bildern mit Symbolen anderer Barcodetyps führen. Ein strenges Kriterium erhöht die Robustheit gegenüber falscher Dekodierung, kann aber auch die allgemeine Leserate mindern. Es ist zu beachten, dass momentan zwei unterschiedliche Kriterien nur für Code 128 und GS1-128 implementiert sind.

Dieser Parameter kann mit dem Operator `set_bar_code_param_specific` spezifisch für unterschiedliche Barcodetypen gesetzt werden. Obwohl man diesen Parameter für alle Barcodetypen setzen kann, hat er derzeit, wie bereits erwähnt, nur Wirkung auf Code 128 und GS1-128.

Werteliste: *'high'*, *'low'*

Default: *'high'*

'min_code_length': Minimale Anzahl dekodierter Zeichen. Falls ein Barcode gefunden wird, dessen Länge geringer ist als der Wert der für den Parameter *'min_code_length'* angegeben ist, so wird das Resultat verworfen und nicht von `find_bar_code` oder `decode_bar_code_rectangle2` zurückgegeben. Dieser Parameter ist hilfreich um falsches Dekodieren in Anwendungen zu vermeiden in denen die minimale Anzahl zu dekodierender Zeichen im Voraus bekannt ist.

Man beachte, dass der Standardwert für diesen Parameter für die meisten Barcodetypen *0* ist. Lediglich für die Barcodetypen '2/5 Industrial' und '2/5 Interleaved' ist der Standardwert *3*. Der Grund dafür ist, dass

diese Barcodetypen leicht fälschlicher Weise in Text und anderen Störmustern mit einer Länge von *2* Zeichen erkannt werden.

Wertevorschläge: *0*, *1*, *2*

Default:

Barcodetyp	*'min_code_length'*
2/5 Industrial	3
2/5 Interleaved	3
alle Anderen	0

'max_code_length': Maximale Anzahl dekodierter Zeichen. Falls ein Barcode gefunden wird, dessen Länge den Wert des Parameter *'max_code_length'* überschreitet, so wird das Resultat verworfen und nicht von `find_bar_code` oder `decode_bar_code_rectangle2` zurückgegeben. Dieser Parameter ist hilfreich um falsches Dekodieren in Anwendungen zu vermeiden in denen die maximale Anzahl zu dekodierender Zeichen im Voraus bekannt ist.

Wertebereich: *1* ... *2147483647*

Default: *2147483647*

'merge_scanlines': Wenn nicht genug Scanlinien (siehe *'min_identical_scanlines'*) erfolgreich dekodiert werden können, beispielsweise weil der Barcode teilweise verdeckt oder beschädigt ist, wird versucht, die vorhandenen Scanlinien zu vereinigen. Anschließend wird versucht, die vereinigten Scanlinien zu dekodieren. Dieser zusätzliche Dekodierschritt wird nur für Barcodetypen durchgeführt, die nicht gestapelt sind und kann für eine verbesserte Geschwindigkeit ausgeschaltet werden.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

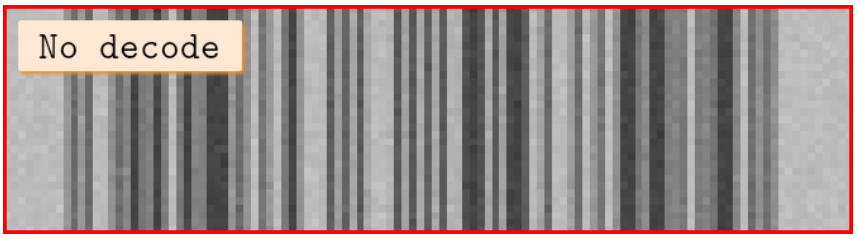
Default: *'true'*

'small_elements_robustness': Wenn nicht genug Scanlinien (siehe *'min_identical_scanlines'*) erfolgreich dekodiert werden können, beispielsweise weil der Barcode eine geringe Auflösung hat (kleiner als *2.0* Pixel Elementgröße) wird ein zusätzlicher Dekodierversuch unternommen.

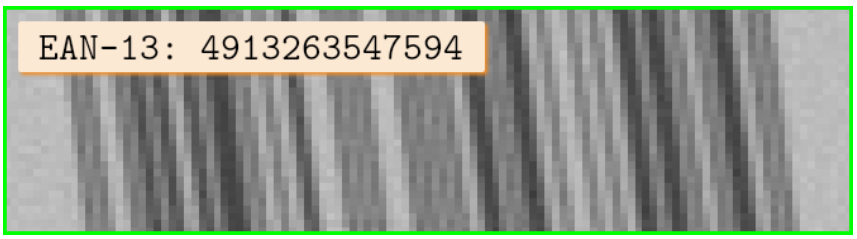
Dieser zusätzliche Dekodierschritt wird nur für Barcodetypen durchgeführt, die nicht gestapelt sind und falls der Parameter *'element_size_min'* kleiner als *2.0* Pixel gesetzt ist.

Zusätzliche Informationen zu diesem Dekodierversuch können über den Operator `get_bar_code_result` abgefragt werden, indem *'status_small_elements_robustness'* für den Parameter `ResultName` gesetzt wird.

Für Anwendungsfälle mit sehr kleinen Elementen (kleiner als *1.3* Pixel) ist es von Vorteil, wenn der Kamerasensor in Bezug auf den Barcode leicht rotiert ist (z.B. um 7 Grad). In dieser niedrigen Auflösung sind wichtige Informationen über den Barcode nur dann über die Zeilen oder Spalten des Sensors verteilt, wenn er rotiert ist. Die beiden folgenden Abbildungen zeigen diesen Zusammenhang.



Ein Barcode mit *0.9* Elementgröße ohne Rotation des Sensors. Die relevanten Informationen des Barcodes sind nicht mehr im Bild vorhanden.



Der gleiche Barcode wie in der vorherigen Abbildung mit Rotation des Sensors. Die Zeilen des Bildes beinhalten mehr Informationen über den Barcode und dieser kann erfolgreich dekodiert werden.

Ein weiterer wichtiger Hinweis ist, dass die Unschärfe durch das optische System möglichst gering gehalten werden muss.

Das Eingabebild sollte nicht vorverarbeitet werden (z.B. über Operatoren wie `emphasize`, `zoom_image_size` oder `mean_image`), da sonst wichtige Informationen verloren gehen würden.

Man beachte, dass es unter optimalen Bedingungen (wenig Unschärfe und leichte Rotation des Sensors) möglich ist, Barcodes mit bis zu *0.6* Pixel Elementgröße zu dekodieren.

Der zusätzliche Dekodierversuch ist nur kompatibel mit Byte-Bildern als Eingabe und kann für eine verbesserte Geschwindigkeit ausgeschaltet werden.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: *'true'*

Erscheinungsbild der Module im Bild:

'meas_thresh': Innerhalb einer Scanlinie werden Kanten mit Hilfe eines Schwellenwerts gefunden. *'meas_thresh'* bestimmt, wie dieser Schwellenwert relativ zum Dynamikbereich der Grauwerte entlang der Scanlinie berechnet wird. Liegen in dem Barcode Störungen vor oder ist das Rauschen groß, so sollte *'meas_thresh'* auf größere Werte gesetzt werden.

Wertevorschläge: [*0.05* . . . *0.2*]

Wertebereich: (*0.0*, . . . , *1.0*] - ohne *0.0*

Default: *0.05*

'meas_thresh_abs': Der Parameter *'meas_thresh_abs'* wird benutzt, um die falsche Kantendetektion zu verhindern. Sollte eine Scanlinie in eine Bildregion mit zu kleinem Dynamikbereich geraten (z.B. eine überwiegend weiße Region mit Grauwerten nahe 255), wird der Schwellenwert zum Kantendetektion unangemessen klein berechnet. Das führt des Öfteren zur Detektion großer Mengen falscher Kanten. Falls der Schwellenwert, der auf dem Parameter *'meas_thresh'* basiert, kleiner als der Wert des Parameters *'meas_thresh_abs'* wird, wird der letztere Wert als Schwellenwert genommen. Standardmäßig ist *'meas_thresh_abs'* auf *5.0* gesetzt. Sollten Bilder mit höherem Rauschpegel behandelt werden, könnte ein Erhöhen des Parameterwertes nützlich sein. Anderseits, wenn rauschfreie Bilder mit niedrigem Kontrast behandelt werden, könnte dieser Parameter die Detektion richtiger Kanten stören. In solchen Fällen ist es empfehlenswert, den Parameterwert zu mindern oder den Parameter sogar zu deaktivieren (auf *0.0* setzen).

Wertevorschläge: [*0.0*, . . . , *10.0*]

Wertebereich: [*0.0*, . . . , *65535*]

Default: *5.0*

'contrast_min': Minimaler Kontrast zwischen dem Vorder- und Hintergrund der Barcode-Elemente. Wird dieser Parameter auf Werte über 5 gesetzt, optimiert der Operator `find_bar_code` die Kandidatensuche auf den Kontrastbereich oberhalb des *'contrast_min'* Wertes. `find_bar_code` wird dann alle Kandidaten verwerfen, die einen Kontrast unterhalb des Schwellenwertes *'contrast_min'* besitzen. Hohe *'contrast_min'* Werte führen daher in der Regel zu einer verbesserten Laufzeit des Operators `find_bar_code`. Es ist zu beachten, dass Barcodes mit einem geringeren Kontrast als dem Schwellenwert *'contrast_min'* nicht gefunden werden. Aus Effizienzgründen ist der berechnete Kontrast eines Kandidaten nur eine Approximation. Es sollte ein niedrigeren Schwellenwert verwendet werden, falls ein Barcode verworfen wird und dieser einen Kontrast besitzt, der nahe an dem gewählten Schwellenwert *'contrast_min'* liegt.

Wertevorschläge: *0*, *40*, *90*, *120*

Default: *0*

Werte, spezifisch für die Druckqualitätsprüfung:

'quality_isoiec15416_reflectance_reference': Die Reflektanzwerte, die zur Berechnung der Qualitätswerte Symbol Contrast, Minimum Reflectance und Minimum Edge Contrast verwendet werden, werden mit einem Referenzgrauwert für die Reflektanz normiert. Dieser kann unter anderem durch die Aufnahme eines Bariumsulfat oder Magnesiumoxid Musters bestimmt werden, siehe ISO/IEC 15416:2016 Abschnitt 5.2. **Wertebereich:** [*1* . . . *255*]

Default: *255*

Werte, die nur für bestimmte Barcodetypen gelten:

'check_char': Barcodes mit optionalem Prüfzeichen werden anhand dieses Parameters interpretiert. Darunter fallen z.B. Code 39, Codabar, 2/5 Industrial und 2/5 Interleaved. Der Standardwert von *'absent'* gibt an, dass kein Prüfzeichen vorliegt. In diesem Fall wird keine Prüfung durchgeführt, und alle Zeichen werden als Daten zurückgeliefert.

Ist dieser Parameter auf *'present'* gesetzt, so wird ein Prüfzeichen erwartet und benutzt um die Korrektheit des Barcodes zu prüfen. Ist die Prüfsumme korrekt, so wird das Prüfzeichen aus den Nutzdaten entfernt. Falls dieses Entfernen nicht erwünscht ist, kann der Parameterwert *'preserved'* eingestellt werden um das Prüfzeichen trotz Prüfung zu erhalten. Ist die Prüfsumme jedoch fehlerhaft, so wird der entsprechende Barcode nicht als Ergebnis zurückgeliefert.

Barcodetypen mit obligatorischem Prüfzeichen haben den Parameter *'check_char'* stets auf *'present'* gesetzt. Ob das Prüfzeichen aus den Nutzdaten entfernt wird oder erhalten bleibt, hängt jedoch vom Standard des jeweiligen Codetypen ab. Beispiele für solche Codetypen sind Code 128, EAN-8, EAN-13 und UPC-A.

Dieser Parameter kann mit dem Operator `set_bar_code_param_specific` spezifisch für unterschiedliche Barcodetypen gesetzt werden.

Werteliste: *'absent'*, *'present'*, *'preserved'*

Default: *'absent'*

'composite_code': An den meisten GS1-tauglichen Barcodes kann eine 2D GS1-Composite Code Komponente angehängt sein. Wenn *'composite_code'* auf *'CC-A/B'* gesetzt ist, wird die Composite-Komponente lokalisiert und dekodiert. Standardmäßig, ist *'composite_code'* auf *'none'* gesetzt und so wird der Composite-Komponente neben dem Barcode ignoriert. Besitzt ein Barcode des gesuchten Typs keine Composite Komponente, so wird beim Aufruf von `find_bar_code` nur das Ergebnis des Barcodes zurückgeliefert. Zur Zeit werden GS1 Composite Codes nur zusammen mit einem Barcode der Familie GS1 DataBar unterstützt.

Dieser Parameter kann mit dem Operator `set_bar_code_param_specific` spezifisch für unterschiedliche Barcodetypen gesetzt werden.

Werteliste: *'none'*, *'CC-A/B'*

Default: *'none'*

'upce_encodation': UPC-E-Barcodes können in verschiedenen Ausgabeformaten zurückgegeben werden. Standardmäßig ist *'upce_encodation'* auf *'ucc-12'* gesetzt und der dekodierte String wird im UCC-12-Format (bestehend aus 12 Ziffern) zurückgegeben. Wird *'upce_encodation'* auf *'zero-suppressed'* gesetzt, so wird das Ergebnis im Zero-Suppressed-Format (also mit unterdrückten Nullen an definierten Stellen) zurückgegeben. Dieses Format besteht aus führender Null (oder führender Eins, siehe *'upce1_enable'*), sechs kodierten Ziffern und einem implizit kodiertem Prüfzeichen. Dies entspricht dem Format, das von ISO/IEC 15420:2009 gefordert wird.

Werteliste: *'ucc-12'*, *'zero-suppressed'*

Default: *'ucc-12'*

'upce1_enable': Der Parameter *'upce1_enable'* ermöglicht das Lesen von UPC-E-Barcodes mit Zahlensystem 1. UPC-E-Barcodes mit Zahlensystem 1 sind eine Erweiterung der UPC-E-Barcodes mit Zahlensystem 0 und sind nicht im zugehörigen Standard ISO/IEC 15420:2009 enthalten. UPC-E Barcodes mit Zahlensystem 1 unterstützen die verschiedenen Ausgabeformate, die in *'upce_encodation'* beschrieben sind, wobei die Formate mit einer Eins statt mit einer Null (siehe UPC-E-Barcode mit Zahlensystem 0) beginnen.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: *'false'*

Training:

Neben dem manuellen Setzen der Modellparameter mit dem Operator `set_bar_code_param` ist es auch möglich, das Modell mit Hilfe von `find_bar_code` anhand eines oder mehrerer Beispielbilder zu trainieren. Dazu muss zuerst ein Barcode-Modell im Trainings-Modus erstellt werden, oder ein bestehendes Barcode-Modell muss in den Trainings-Modus versetzt werden, indem man in `set_bar_code_param` als generischen Parameter `GenParamName` *'train'* übergibt. Der entsprechende Wert bei `GenParamValue` bestimmt, welche Parameter gelernt werden sollen. Im einzelnen können die folgenden Werte gesetzt werden:

'all': Es werden alle trainierbaren Parameter gelernt.

'element_size_min': Minimale Größe eines Basiselements. Diese Einstellung trainiert den Parameter *'element_size_min'*.

'element_size_max': Maximale Größe eines Basiselements. Diese Einstellung trainiert den Parameter *'element_size_max'*.

'barcode_width_min': Minimale Barcode Breite. Diese Einstellung trainiert den Parameter *'barcode_width_min'*.

'barcode_width_max': Maximale Barcode Breite. Diese Einstellung trainiert den Parameter *'barcode_width_max'*.

'meas_thresh': Relativer Schwellenwert zur Kantenbestimmung in Scanlinien. Diese Einstellung trainiert den Parameter *'meas_thresh'*.

'meas_thresh_abs': Absoluter Schwellenwert zur Kantenbestimmung in Scanlinien. Diese Einstellung trainiert den Parameter *'meas_thresh_abs'*.

'orientation': Orientierung des Barcodes. Diese Einstellung trainiert die Parameter *'orientation'* und *'orientation_tol'*. Nach Abschluss des Trainings sollte der Wert für *'orientation_tol'* noch um einen Toleranzwert erhöht werden um auch Barcodes zu finden deren Orientierung sich leicht außerhalb des trainierten Bereichs befindet.

Es können mehrere Parameter in einem Aufruf von `find_bar_code` gemeinsam trainiert werden, indem *'train'* in `set_bar_code_param` in einem Tupel mehrfach mit den entsprechenden Werten übergeben wird: z.B. `GenParamName` = *['train','train']* und `GenParamValue` = *['element_size_min','element_size_max']*. Weiterhin können - im Zusammenhang mit *'train'* = *'all'* - einzelne Parameter explizit vom Training ausgeschlossen werden, indem zusätzlich *'train'* mit den entsprechenden Parametern und einem vorangestellten *'~'* gesetzt wird: z.B. `GenParamName` = *['train','train']* und `GenParamValue` =

['all','~orientation'] trainiert alle Parameter außer *'orientation'*.

Anschließend muss für jedes zu trainierende Bild der Operator `find_bar_code` aufgerufen werden.

Die folgenden Hinweise sollten im Zusammenhang mit dem Training beachtet werden:

- Zusätzlich nötige, nicht zu trainierende Parameter (beispielsweise *'check_char'*) müssen vor dem Training manuell festgelegt werden.
- Soll über mehrere Bilder trainiert werden, ist der Operator `find_bar_code` mehrfach nacheinander aufzurufen.
- Pro Bild können mehrere Barcodes des gewählten Typs sichtbar sein. Alle dekodierten Barcodes werden als Trainings-Beispiele behandelt.
- Bitte prüfen Sie die Ausgabe von `find_bar_code` im Trainings-Modus. Während des Trainings sollten nur tatsächlich korrekte Dekodierungen auftreten. Stellen Sie fest, dass eine falsche Dekodierung erfolgt ist, sollten Sie dieses Trainingsbild entweder verwerfen oder entsprechende Parameter zuvor setzen (z.B. können Sie in einem solchen Fall versuchen, den Wert des Parameters *'min_identical_scanlines'* zu erhöhen).
- Befinden sich im Trainingsbild mehrere Barcodes und soll aber nur über einen bestimmten Barcode trainiert werden, ist der Definitionsbereich des Bildes mit `reduce_domain` entsprechend einzuschränken.
- Sind in einer Anwendung alle Bilder sehr ähnlich, reicht i.d.R. *ein* Trainingsbild für die Parameter *'element_size_min'*, *'element_size_max'*, *'meas_thresh'* und *'meas_thresh_abs'*.
- Kann die Elementgröße variieren, sollten nach Möglichkeit im Training auch Bilder mit den kleinsten und den größten vorkommenden Elementen verwendet werden. Sollte dies nicht sichergestellt werden können, müssen die Grenzen für die Elementgröße nach dem Training von Hand gesetzt bzw. entsprechend modifiziert werden, oder die Elementgrößen werden vom Training ganz ausgenommen.
- Die Modellparameter werden beim ersten Training auf die Modelleigenschaften des im Bild gefundenen Barcodes eingeschränkt. Bei jedem weiteren Training werden sie, falls notwendig, so erweitert, dass neben den bisher trainierten Barcodes auch der neue Barcode vom Modell abgedeckt wird.
- Wurden genügend Bilder trainiert, so kann das Training beendet werden. Zuvor sollten jedoch die trainierten Parameter ausgelesen werden. Mit `query_bar_code_params` können die Namen der trainierten Parameter - aufgeteilt in spezifische und allgemeine Parameter - bestimmt werden und anschließend entsprechend mit `get_bar_code_param_specific` und `get_bar_code_param` ausgelesen werden.

  Zum Beenden des Trainings werden alle trainierten Parameter durch einen Aufruf des Operators `set_bar_code_param` mit den Parametern `GenParamName` = *'train'* und `GenParamValue` = *'~all'* aus dem Training genommen.

  Alternativ kann auch einfach das existierende Barcode-Modell durch den Operator `clear_bar_code_model` geschlossen werden.
- Während des Trainings sollte der Wert eines Trainingsparameters nicht durch einen Aufruf von `set_bar_code_param` oder `set_bar_code_param_specific` explizit gesetzt werden. Falls das gemacht wird, werden die gesamten internen Trainingsdaten zurückgesetzt und das Training startet mit dem nächsten Aufruf von `find_bar_code` von vorne.

- Kann der zu trainierende Barcode nicht gelesen werden, erzeugt dies keine gesonderte Fehlermeldung, sondern es sind lediglich die Ergebnislisten (DecodedDataStrings, SymbolRegions) leer. Die Modellparameter (insbesondere die trainierten Parameter) werden in diesem Fall nicht modifiziert.
- Timeouts sind während des Trainings deaktiviert.

Sonstiges:

'timeout': Mit Hilfe dieses Parameters ist es möglich, dass `find_bar_code` nach einer definierten Zeit (in ms) abbricht. Dies ist vor allem dann nützlich, wenn maximale Zykluszeiten eingehalten werden müssen. Alle bis zu diesem Abbruch gewonnenen Ergebnisse sind anschließend verfügbar und können mit `get_bar_code_result` abgerufen werden. Werden Werte kleiner oder gleich Null übergeben, wird der Timeout deaktiviert (Default).

Die zeitliche Genauigkeit des Timeouts liegt bei ca. 10 ms. Sie hängt von vielen Faktoren ab, u.a. von der Geschwindigkeit des Rechners und dem *'timer_mode'*, der über `set_system` gesetzt wurde.

`find_bar_code` wirft keinen Fehler, falls ein Timeout auftritt. Um zu prüfen, ob `find_bar_code` abgebrochen wurde, kann der Parameter *'aborted'* mit `get_bar_code_result` abgefragt werden.

Im Trainingsmodus von `find_bar_code` wird der Timeout ignoriert.

Wertevorschläge: *'false'*, *-1*, *20*, *100*

Default: *'false'*

'abort': Mit dieser Option ist es möglich `find_bar_code` von einem anderen Thread aus abzubrechen. Wenn `set_bar_code_param` mit *'abort'* aufgerufen wird, wird einer Instanz von `find_bar_code` mit dem Model `BarCodeHandle` in einem anderen Thread signalisiert abzubrechen. Falls es keine solche `find_bar_code` Instanz mit diesem Model gibt, passiert nichts.

Es ist möglich, dass der Operator `find_bar_code` nicht sofort abbricht. Er muss zunächst einen interner Abbruchpunkt erreichen, an dem ein sauberes Verlassen des Operators möglich ist. Dies hängt von Rahmenbedingungen wie Rechnerleistung ab und kann ungefähr bis zu 10ms benötigen. Im Trainingsmodus von `find_bar_code` wird der Parameter ignoriert.

Hinweis: Dies ist die einzige Aktion mit Barcode Handles, die von unterschiedlichen Threads genutzt werden kann, ohne dass zusätzliche Synchronisierung nötig ist.

Default: *'true'* (Der Wert wird nicht ausgewertet.)

'persistence': Steuert, ob bestimmte Zwischenergebnisse bei der Symbolsuche mit `find_bar_code` temporär oder persistent im Modell gespeichert werden sollen. Zur Zeit ist es erforderlich *'persistence'* einzuschalten (*'persistence' = 1*), wenn die Barcode Druckqualität bewertet werden muss (`get_bar_code_result` mit Parameter *'quality_isoiec15416'*) oder die Dekodierungs- Scanlinien inspiziert werden müssen (`get_bar_code_object` mit Parameter *'scanlines_all'* oder *'scanlines_valid'*). Mit Einschalten von *'persistence'* steigt der Speicherbedarf für den Barcode-Leser allerdings auch.

Werteliste: *0*, *1*

Default: *0*

Parameter

▷ **`BarCodeHandle`** (input_control) . . . . . barcode ⇝ *handle*
Handle des zu verwendenden Barcode-Modells.

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die für den Barcode eingestellt werden sollen.
Default: 'element_size_min'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'check_char', 'composite_code', 'barcode_height_min', 'barcode_width_min', 'barcode_width_max', 'element_size_max', 'element_size_min', 'contrast_min', 'meas_thresh', 'meas_thresh_abs', 'min_identical_scanlines', 'majority_voting', 'num_scanlines', 'orientation', 'orientation_tol', 'persistence', 'quality_isoiec15416_reflectance_reference', 'start_stop_tolerance', 'stop_after_result_num', 'upce_encodation', 'upce1_enable', 'timeout', 'train', 'quiet_zone', 'element_size_variable', 'min_code_length', 'max_code_length', 'merge_scanlines', 'small_elements_robustness', 'abort'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *real* / integer / string
Werte der generischen Parameter, die für den Barcode eingestellt werden sollen.
Default: 8
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0, 0.1, 1, 1.5, 2, 8, 32, 45, 'true', 'false', 'present', 'absent', 'none', 'CC-A/B', 'auto', 'high', 'low', 'ucc-12', 'zero-suppressed'}

Ergebnis

`set_bar_code_param` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- BarCodeHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_bar_code_model`

Nachfolger

`find_bar_code`

Alternativen

`set_bar_code_param_specific`

Modul

Bar Code

set_bar_code_param_specific (: : BarCodeHandle, CodeTypes, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen ausgewählter Parameter des Barcode-Modells für gewählte Barcodetypen

Der Operator `set_bar_code_param_specific` erlaubt es, Parameter, welche Eigenschaften eines spezifisches Barcodetypen beschreiben, zu verändern. Im Gegensatz zu `set_bar_code_param` können mit `set_bar_code_param_specific` spezifische Parameter für angegebene Barcodetypen geändert werden. Dies ist nützlich, wenn nach unterschiedlichen Barcodetypen innerhalb eines Bildes gesucht wird (siehe Abschnitt Autodiskriminierung in `find_bar_code`).

Die aktuelle Konfiguration für einen spezifischen Barcodetyp kann mit Hilfe von `get_bar_code_param_specific` ausgelesen werden.

Folgende generische Parameter können typspezifisch gesetzt werden:

'element_size_variable': Gibt an, ob die Größe eines Elements innerhalb eines Barcodes variiert.
Werteliste: *'false'*, *'true'*
Default: *'false'*

'num_scanlines': Maximale Anzahl von Scanlinien per Kandidatenregion.
Wertevorschläge: [*0*, *5*, *10*, *20*, ...]
Default: *0*

'min_identical_scanlines': Minimale Anzahl von Scanlinien, welche identische Ergebnisse liefern müssen, damit die Dekodierung eines Symbols akzeptiert wird.
Wertevorschläge: [*0*, *2*, *3*, ...]
Default:

'stop_after_result_num': Anzahl erfolgreich dekodierter Barcodes nach der die Dekodierung angehalten wird.
Wertevorschläge: [*0*, *1*, *2*, ...]
Default: *0*

'orientation': Erwarteter Barcode Orientierungswinkel.
Wertevorschläge: [*-90.0* ... *90.0*]
Default: *0.0*

Barcodetyp	*'min_identical_scanlines'*
2/5 Industrial	2
2/5 Interleaved	2
alle Anderen	0

'orientation_tol': Toleranz der Orientierung.
Wertevorschläge: [*0.0* ... *90.0*]
Default: *90.0*

'quiet_zone': Verifikation der Ruhezonen des Barcodesymbols.
Wertevorschläge: *'false'*, *'true'*, *1*, *2*, *3*, *4*, *5*
Default: *'false'*

'start_stop_tolerance': Toleranz des Matchingkriteriums zum Start-, bzw. Stoppmuster. Momentan nur für Code 128 und GS1-128 implementiert.
Werteliste: *'high'*, *'low'*
Default: *'high'*

'check_char': Berücksichtigung eines optionalen Prüfzeichens.
Werteliste: *'absent'*, *'present'*, *'preserved'*
Default: *'absent'*

'composite_code': GS1-Composite-Komponente finden und dekodieren.
Werteliste: *'none'*, *'CC-A/B'*
Default: *'none'*

'min_code_length': Minimale Anzahl dekodierter Zeichen.
Default:

Barcodetyp	*'min_code_length'*
2/5 Industrial	3
2/5 Interleaved	3
alle Anderen	0

'max_code_length': Maximale Anzahl dekodierter Zeichen.
Wertebereich: [*1* ... *2147483647*]
Default: *2147483647*

Für weitere Erklärungen, siehe `set_bar_code_param`.

Es ist möglich mehrwertige Tupel für `CodeTypes`, `GenParamName` und `GenParamValue` zu verwenden. Der n-te Eintrag in einem Tupel entspricht dem n-ten Eintrag des anderen mehrwertigen Tupels. Die folgenden Kombinationen sind erlaubt:

CodeTypes	**GenParamName**	**GenParamValue**
einzelwertig	einzelwertig	einzelwertig
einzelwertig	mehrwertig	mehrwertig
mehrwertig	einzelwertig	mehrwertig
mehrwertig	einzelwertig	einzelwertig

Parameter

▷ **BarCodeHandle** (input_control) ..... barcode ⇝ *handle*
Handle des zu verwendenden Barcode-Modells.

▷ **CodeTypes** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Namen der Barcodetypen für die Parameter gesetzt werden sollen.
Default: 'EAN-13'
Werteliste: CodeTypes ∈ {'2/5 Industrial', '2/5 Interleaved', 'Codabar', 'Code 39', 'Code 93', 'Code 128', 'EAN-13', 'EAN-13 Add-On 2', 'EAN-13 Add-On 5', 'EAN-8', 'EAN-8 Add-On 2', 'EAN-8 Add-On 5', 'UPC-A', 'UPC-A Add-On 2', 'UPC-A Add-On 5', 'UPC-E', 'UPC-E Add-On 2', 'UPC-E Add-On 5', 'MSI', 'PharmaCode', 'GS1 DataBar Omnidir', 'GS1 DataBar Truncated', 'GS1 DataBar Stacked', 'GS1 DataBar Stacked Omnidir', 'GS1 DataBar Limited', 'GS1 DataBar Expanded', 'GS1 DataBar Expanded Stacked', 'GS1-128'}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die für den Barcode eingestellt werden sollen.
Default: 'check_char'
Werteliste: GenParamName ∈ {'check_char', 'composite_code', 'element_size_variable', 'min_identical_scanlines', 'num_scanlines', 'orientation', 'orientation_tol', 'start_stop_tolerance', 'stop_after_result_num', 'quiet_zone', 'min_code_length', 'max_code_length'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *real* / integer / string
Werte der generischen Parameter, die für den Barcode eingestellt werden sollen.
Default: 'absent'
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {0, 1, 2, 4, 45, 90, 'true', 'false', 'present', 'absent', 'none', 'CC-A/B', 'high', 'low'}

Ergebnis

set_bar_code_param_specific liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- BarCodeHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_bar_code_model

Nachfolger

find_bar_code

Alternativen

set_bar_code_param

Modul

Bar Code

write_bar_code_model (: : BarCodeHandle, FileName :)

Schreibt ein Barcode-Modell in eine Datei.

Der Operator write_bar_code_model schreibt ein Barcode-Modell in eine Datei mit dem Namen FileName. Das so gesicherte Modell kann mit read_bar_code_model später wieder eingelesen und wiederverwendet werden. Gespeichert werden alle generischen und spezifischen Parameter des Modells (siehe set_bar_code_param, bzw. set_bar_code_param_specific). Wenn das Modell im Training-Modus läuft (siehe set_bar_code_param mit Parameter *'train'*), wird der Training-Stand des Modells mitgespeichert. Dadurch kann das Training nach dem Einlesen des Modells fortgesetzt werden (siehe Beispiel). Außer dem Training-Stand werden keine weiteren Ergebnisse des Operators find_bar_code in die Datei gespeichert.

Die Dateiendung für das Barcode-Modell ist in HALCON 'bcm'. Der Handle des zu schreibenden Barcode-Modells ist in `BarCodeHandle` zu übergeben.

Parameter

▷ **`BarCodeHandle`** (input_control) ..... barcode ⇝ *handle*
Handle des zu schreibenden Barcode-Modells.

▷ **`FileName`** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Name der zu schreibenden Barcode-Datei.
Default: 'bar_code_model.bcm'
Dateiendung: `.bcm`

Beispiel

```
*
* Create the bar code model in the training mode
create_bar_code_model ('train', 'all', BarCodeHandle)
*
* Set all additional, non-trained parameters in advance:
* Here, we specify that the training images have check characters
set_bar_code_param (BarCodeHandle, 'check_char', 'present')
*
* Train the model with several images
for I := 1 to 7 by 1
    FileName := 'barcode/25interleaved/25interleaved' + I$'.02'
    read_image (Image, FileName)
    *
    * Apply the training
    find_bar_code (Image, SymbolRegion, BarCodeHandle, '2/5 Interleaved', \
                   DecodedDataStrings)
endfor
*
* The training may be interrupted and the intermediate state
* of the model can be stored in a file
write_bar_code_model (BarCodeHandle, 'bar_code_model.bcm')
*
* RESTORE TRAINING:
* Later, when, e.g., new images are available, the training
* may be restored
read_bar_code_model ('bar_code_model.bcm', BarCodeHandle)
FileName := 'barcode/25interleaved/25interleaved08'
read_image (Image, FileName)
*
* Apply the training to the new image
find_bar_code (Image, SymbolRegion, BarCodeHandle, '2/5 Interleaved', \
               DecodedDataStrings)
*
* Finally, the training can be completed
set_bar_code_param (BarCodeHandle, 'train', '~all')
*
* The trained model can be stored for ONLINE use
write_bar_code_model (BarCodeHandle, 'trained_bar_code_model.bcm')
*
* ONLINE USE:
read_bar_code_model ('trained_bar_code_model.bcm', BarCodeHandle)
* ...
```

Ergebnis

`write_bar_code_model` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls der übergebene Handle gültig ist und das Modell in die Datei mit dem angegebenen Namen geschrieben werden kann. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_bar_code_model`, `set_bar_code_param`

Siehe auch

`create_bar_code_model`, `set_bar_code_param`, `find_bar_code`

Modul

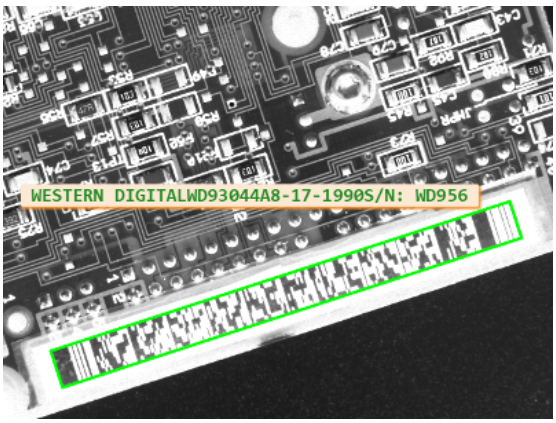
Bar Code

13.2 Datacode

Dieses Kapitel beschreibt Operatoren für das Lesen von 2D-Datacodes.

Konzept des 2D-Datacode-Lesers

2D-Datacode-Symbole stellen eine spezielle Form von zweidimensionalen Mustern dar, die der Kodierung von Text und Zahlen dient. HALCON kann die gängigsten 2D-Datacodes lesen: Data Matrix ECC 200, QR Code, Micro QR Code, Aztec Code, PDF417 und DotCode. Mit Ausnahme des DotCodes enthalten alle diese Codes ein sogenanntes Finder-Pattern und ein Muster für die eigentlichen Daten des Codes. Das Finder-Pattern wird dafür gebraucht, das Muster im Bild zu finden und grundlegende Information über geometrische Eigenschaften, z.B. die Orientierung des Symbols im Bild, zu erhalten. Das Muster für die Daten, also der eigentliche Code, besteht aus vielen punktförmigen, balkenförmigen oder quadratischen Modulen. Durch das spezielle Design der Codes können sie auch dann dekodiert werden, wenn Teile des Symbols Störungen aufweisen.



Lesen eines 2D-Datacodes vom Typ PDF417. Dieses Bild stammt aus dem Beispielprogramm 2d_data_codes_default_settings.hdev.

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte, die zum Lesen von 2D-Datacodes benötigt werden, kurz beschrieben.

Anlegen eines 2D-Datacode-Modells: Zuerst muss ein 2D-Datacode-Modell erstellt werden. Dies erfolgt mit dem Operator

- `create_data_code_2d_model`.

Dieses Modell versorgt den 2D-Datacode-Leser mit allen nötigen Informationen bezüglich der Struktur des zu lesenden Codes. Für normal gedruckte Codes reicht es, den Namen des Codes anzugeben. Die passenden Standardparameter wählt HALCON dann automatisch. Für speziellere Fälle können die Modellparameter an ein bestimmtes Symbolerscheinungsbild angepasst werden. Die Parameter können bereits im Rahmen der Erstellung des Modells gesetzt werden oder in einem späteren Schritt angepasst werden.

Ändern der Modellparameter für Nicht-Standard-Codes: Mit den Standardparametern kann der 2D-Datacode-Leser eine große Bandbreite von Codes lesen. Für Nicht-Standard-Codes können die Parameter mit dem folgenden Operator verändert werden:

- set_data_code_2d_param.

Hierbei kann entweder ein erweiterter Satz von Standardparametern ausgewählt werden, indem der generische Parameter *'default_parameters'* z.B. auf den Wert *'enhanced_recognition'* gesetzt wird, oder die Parameter werden einzeln gesetzt, um das Modell optimal an die Eigenschaften des genutzten Drucktyps anzupassen. Mit query_data_code_2d_params können alle Parameter abgefragt werden, die für einen bestimmten 2D-Datacode-Symbol-Typen verfügbar sind. Die aktuell gesetzten Werte von Parametern können mit get_data_code_2d_param abgefragt werden.

Statt die Parameter manuell zu modifizieren, kann das Modell auch automatisch von HALCON trainiert werden. Dazu nutzt man den Operator

- find_data_code_2d

mit dem generischen Parameter *'train'*. HALCON sucht dann automatisch nach den Parameterwerten, die am besten geeignet sind, den gegebenen Code zu lesen. Es wird empfohlen, das Training mit vielen Bildern auszuführen, damit alle auftretenden Variationen im Erscheinungsbild der Symbole abgedeckt werden können.

Lesen des 2D-Datacodes: Der 2D-Datacode wird mit dem folgenden Operator gefunden und dekodiert:

- find_data_code_2d.

Für jedes erfolgreich dekodierte Symbol liefert der Operator die umgebende XLD- Kontur, einen Kandidaten-Handle, der auf eine Ergebnisstruktur verweist, in der zusätzliche Informationen über das Symbol und den Such- und Leseprozess abgespeichert wurden, sowie den String, der in dem 2D-Datacode-Symbol kodiert ist. Mit den Ergebnis-Handles und den Operatoren get_data_code_2d_results und get_data_code_2d_objects kann auf zusätzliche Information über den Extraktionsprozess zugegriffen werden. Diese kann sowohl für die Prozessanalyse also auch für Visualisierungszwecke hilfreich sein. Insbesondere erlaubt es get_data_code_2d_results, auf verschiedene alphanumerische Ergebnisse zuzugreifen, die während der Suche und dem Lesen des Codes berechnet wurden, und get_data_code_2d_objects, auf ikonische Objekte zuzugreifen, die während dem letzten Aufruf von find_data_code_2d erzeugt wurden.

Weitere Operatoren

Zusätzlich zu den oben genannten Operatoren erlaubt es write_data_code_2d_model, das 2D-Datacode-Modell in eine Datei zu schreiben. Diese kann später z.B. in einer anderen Applikation dazu genutzt werden, eine identische Kopie des Modells zu erzeugen. Solch eine Kopie wird dann direkt über read_data_code_2d_model angelegt, also ohne create_data_code_2d_model aufrufen zu müssen. Außerdem kann das Modell mit serialize_data_code_2d_model und deserialize_data_code_2d_model serialisiert bzw. deserialisiert werden.

Glossar

2D-Datacode-Symbol Zweidimensionales grafisches Symbol, das Text und Zahlen kodiert. Es besteht aus dunklen und hellen Punkten, Balken oder Quadraten, die als Module bezeichnet werden. Es gibt verschiedene Arten von 2D-Datacodes. Zwei gebräuchliche Arten sind die Stapelcodes und die Matrixcodes.

Stapelcode 2D-Datacode-Symbol, das einen Stapel aus 1D-Barcodes enthält, die in Zeilen und Spalten angeordnet sind. Um zu gewährleisten, dass der komplette Stapel verarbeitet wird, enthält das Symbol außerdem ein Start- und ein Stoppmuster. Zusätzlich wird das Symbol durch eine Ruhezone umrahmt.

Matrixcode 2D-Datacode-Symbol, das ein zweidimensionales grafisches Muster nutzt, das aus dunklen und hellen Modulen besteht. Das Symbol besteht aus drei Komponenten: dem Finder-Pattern, einem Muster, das die eigentlichen Daten enthält, und einer Ruhezone.

Module Dunkle und helle Punkte, Balken oder Quadrate, aus denen ein 2D-Datacode-Symbol gebildet wird.

Ruhezone Homogener Rahmen um den Rand eines Symbols, das dazu dient, das Symbol im Bild besser von seiner Umgebung abzuheben.

Finder-Pattern Muster, das dazu benutzt wird, das Symbol und seine Orientierung im Bild zu finden. Die Art des Musters hängt vom gewählten 2D-Datacode-Typ ab.

Weiterführende Information

Weitere Details zum Lesen von 2D-Datacodes finden sich im „Solution Guide Basics" und „Solution Guide on 2D Data Codes".

clear_data_code_2d_model (: : DataCodeHandle :)

Löschen eines 2D-Datacode-Modells und Freigabe des verwendeten Speichers.

Der Operator clear_data_code_2d_model löscht ein mit create_data_code_2d_model oder read_data_code_2d_model angelegtes 2D-Datacode-Modell und gibt den gesamten darin referenzierten Speicherplatz wieder frei. Das Handle des zu löschenden 2D-Datacode-Modells muss in DataCodeHandle übergeben werden. Nach dem Aufruf ist es ungültig.

Das Konzept des 2D-Datacode-Lesers ist bei der Einleitung zu Kapitel Identifizierung / Datacode beschrieben.

Parameter

▷ **DataCodeHandle** (input_control) ..... datacode_2d ⇝ *handle*
Handle des zu löschenden 2D-Datacode-Modells.

Ergebnis

clear_data_code_2d_model liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das übergebene Handle gültig ist, und das darüber referenzierte Modell vollständig freigegeben werden kann. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DataCodeHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Siehe auch

create_data_code_2d_model, read_data_code_2d_model

Modul

Data Code

create_data_code_2d_model (: : SymbolType, GenParamName, GenParamValue : DataCodeHandle)

Anlegen eines generischen Modells für eine Klasse von 2D-Datacodes.

Mit Hilfe von create_data_code_2d_model wird ein generisches Modell für eine Klasse von 2D-Datacodes angelegt. Als Ergebnis liefert der Operator in DataCodeHandle ein Handle zurück, das für alle weiteren Datacode-Operationen verwendet wird, beispielsweise um das Modell zu modifizieren, um im Bild nach Symbolen zu suchen und diese zu lesen, oder um später auf die Ergebnisse der Symbolsuche zuzugreifen.

Das Konzept des 2D-Datacode-Lesers ist bei der Einleitung zu Kapitel Identifizierung / Datacode beschrieben.

Unterstützte Symboltypen

Der Parameter SymbolType legt den Typ der zu lesenden 2D-Datacode-Symbole fest. Derzeit werden sechs 2D-Datacode-Typen unterstützt: *'Data Matrix ECC 200'*, *'QR Code'*, *'Micro QR Code'*, *'PDF417'*, *'Aztec Code'* und *'DotCode'*. Zusätzlich werden vier weitere GS1 Typen unterstützt: *'GS1 DataMatrix'*, *'GS1 QR Code'*, *'GS1 Aztec Code'* und *'GS1 DotCode'*. Die Data Matrix-Codes ECC 000-140 werden nicht unterstützt, der QR Code hingegen kann sowohl in der älteren Model-1-Version als auch in der neuen Model-2-Version gelesen werden. Der PDF417 kann sowohl in seiner herkömmlichen als auch in seiner kompakten Form ('Compact/Truncated PDF417') gelesen werden. Der Aztec Code kann im 'compact', 'full_range' und 'rune' (siehe ISO/IEC 24778:2008 (E) Annex E) Format gelesen werden. Die Symbolstruktur der vier GS1 Symbologien ist identisch mit der Struktur ihrer nicht-GS1-Varianten - Data Matrix ECC 200, QR Code, Aztec Code bzw. DotCode. Deswegen gelten alle typspezifischen Parameter, Einstellungen und Vorgaben, die Data Matrix ECC 200, QR Code, Aztec Code oder DotCode betreffen, auch für ihre entsprechende GS1-Variante. Die GS1 Symbologien haben lediglich zusätzliche Vorgabe bezüglich des Formats der im jeweiligen Symbol kodierten Daten. Die Daten müssen in sogenannten "GS1 Application Element Strings"organisiert werden, welche in den allgemeinen GS1 Spezifikationen definiert sind. Mittels set_system kann die Liste unterstützter GS1 Application Identifier über den Parameter *'gs1_syntax_dictionary'* aktualisiert werden.

Alle Datacode-Leser unterstützen das Extended Channel Interpretation (ECI) Protokoll. Wenn das Symbol einen ECI-Code enthält, werden dem Standard entsprechend alle Backslashs ('\', ASCII-Code 92), die im normalen Datenstrom vorkommen, in den Ausgabedaten verdoppelt ('\\'), damit diese von der ECI-Sequenz *'\nnnnnn'* unterschieden werden können.

Ob ein Symbol einen ECI-Code enthält und damit, ob Backslashs verdoppelt wurden oder nicht, kann der Symbology Identifier Kennung entnommen werden. Diese kann mit dem Operator get_data_code_2d_results, mit dem Parameter *'symbology_ident'* für jedes erfolgreich gelesene Symbol abgefragt werden. Wie in der so zurückgelieferten Zahl kodiert ist, ob das Symbol ECI-Codes enthält oder nicht, kann den jeweiligen Symbol-Standards oder der Operatorbeschreibung get_data_code_2d_results entnommen werden.

Der Datacode-Leser stellt den Ausgabedaten in keinem Fall, also auch dann nicht, wenn das Symbol ECI-Codes enthält, automatisch die Symbology Identifier Kennung voran. Wenn ein solcher Datenstrom für die weitere Verarbeitung notwendig sein sollte, muss die Sequenz bestehend aus Identifierflag und Symbolkennung (']d' für Data Matrix ECC 200 Codes, ']Q' für QR Codes, ']L' für PDF417 Codes, ']z' für Aztec Codes bzw. ']J' für DotCodes) sowie der als *'symbology_ident'* zurückgelieferten Optionsnummer in der Anwendung vor dem Datenstrom manuell ausgegeben werden. Dementsprechend liefert der Parameter *'symbology_ident'* für die GS1 Symbologien die folgenden Werte zurück: 2 für GS1 DataMatrix, 3 für GS1 QR Code und 1 für GS1 Aztec Code und GS1 DotCode, welche den Identifiern ']d2', ']Q3', bzw. ']z1' und ']J1' entsprechen.

Standardeinstellung des Datacode-Modells

In der Grundeinstellung sind die Modellparameter so gewählt, dass eine relativ große Gruppe von Symbolen in vertretbarer Zeit erkannt wird, wobei in dieser Einstellung aus Laufzeitgründen nur Symbole gelesen werden können, die gewissen Einschränkungen unterliegen (vgl. dazu die folgende Tabelle). Wurde das Modell wie weiter unten beschrieben modifiziert, kann es durch Setzen des generischen Parameters *'default_parameters'* auf *'standard_recognition'* (Operator set_data_code_2d_param) jederzeit wieder in diese Grundeinstellung zurückgesetzt werden.

Für manche Modellparameter ist der Standardwert abhängig vom gewählten Modus (*'standard_recognition'*, *'enhanced_recognition'* oder *'maximum_recognition'*). Diese Parameter sind in der nachfolgenden Tabelle gelistet. Detailliertere Parameterbeschreibungen, sowie die restlichen verfügbaren Modellparameter sind in der Operatorreferenz von set_data_code_2d_param zu finden.

Modellparameter	*'standard_recognition'*	*'enhanced_recognition'*	*'maximum_recognition'*
'polarity'	'dark_on_light' (Dunkle Symbole auf hellem Hintergrund)	'any' (Dunkle Symbole auf hellem Hintergrund und andersherum)	'any' (Dunkle Symbole auf hellem Hintergrund und andersherum)
'contrast_min' (Aztec Code, Micro QR Code, QR Code, PDF417)	30	10	10
'symbol_cols_min', *'symbol_cols_max'* (PDF417)	1 ... 20	1 ... 30	1 ... 30
'symbol_rows_min', *'symbol_rows_max'* (PDF417)	5 ... 45	3 ... 90	3 ... 90
'module_size_min', *'module_size_max'* (Aztec Code, Data Matrix ECC 200, Micro QR Code, QR Code)	6 ... 20 Pixel	4 (2 bei guter Schärfe) ... 100 Pixel	4 (1 bei guter Schärfe) ... 100 Pixel
'module_size_min', *'module_size_max'* (DotCode)	4 ... 100 Pixel	2 ... 100 Pixel	2 ... 100 Pixel
'module_width_min', *'module_width_max'* (PDF417)	3 ... 15 Pixel	3 (2 bei guter Schärfe) ... 100 Pixel	3 (1 bei guter Schärfe) ... 100 Pixel
'module_aspect_min', *'module_aspect_max'* (PDF417)	1 ... 4	1 ... 10	1 ... 10
'small_modules_robustness' (Alle Codetypen außer DotCode)	'low' (niedrig)	'low' (niedrig)	'high' (hoch)
'module_gap_max' (Aztec Code)	'small' (< 10% der Modulgröße)	'big' (< 50% der Modulgröße)	'big' (< 50% der Modulgröße)
'module_gap_max' (Data Matrix ECC 200, Micro QR Code, QR Code)	'no'	'small' (< 10% der Modulgröße)	'big' (< 50% der Modulgröße)
'module_gap_max' (DotCode)	'no'	'small' (< 10% der Modulgröße)	'small' (< 10% der Modulgröße)
'slant_max' (Data Matrix ECC 200)	0.1745 (10°)	0.5235 (30°)	0.5235 (30°)
'module_grid' (Data Matrix ECC 200)	'fixed' (fest)	'any' (fest oder variabel)	'any' (fest oder variabel)
'finder_pattern_tolerance' (Aztec Code)	'low' (niedrig)	'high' (hoch)	'high' (hoch)
'finder_pattern_tolerance' (Data Matrix ECC 200)	'low' (niedrig)	'low' (niedrig)	'any' (niedrig oder hoch)
'alternating_pattern_tolerance' (Data Matrix ECC 200)	'low' (niedrig)	'medium' (mittel)	'high' (hoch)
'contrast_tolerance' (Data Matrix ECC 200, Micro QR Code, QR Code)	'low' (niedrig)	'low' (niedrig)	'any' (niedrig oder hoch)
'candidate_selection' (Data Matrix ECC 200)	'default' (Standard)	'extensive' (umfangreich)	'extensive' (umfangreich)
'candidate_selection' (DotCode, Micro QR Code, QR Code)	'default' (Standard)	'extensive' (umfangreich)	'all' (alle)
'position_pattern_min' (QR Code)	3	2	2
'model_type' (QR Code)	2	2	'any'
'deformation_tolerance' (QR Code)	'low' (niedrig)	'low' (niedrig)	'curved' (gekrümmt)

Ändern der Modelleinstellung

Ist bekannt, dass einzelne Parameter der zu lesenden Symbole diesen Vorgaben (möglicherweise) nicht entsprechen (erscheinen im Bild beispielsweise die Symbole hell vor dunklem Hintergrund oder ist mit einem sehr geringen Kontrast zu rechnen), oder ergeben erste Tests, dass einzelne Symbole in der Grundeinstellung nicht lesbar sind, können entweder die entsprechenden Werte – wenn sie bekannt sind – einzeln angepasst werden, wobei alle anderen Einstellungen unverändert bleiben, oder aber das gesamte Modell wird durch Setzen des generischen Parameters *'default_parameters'* auf den Wert *'enhanced_recognition'* in einem Schritt stark erweitert, so dass eine deutlich größere Gruppe von 2D-Datacode-Symbolen erkannt werden kann. Da die Suche mit einem derart allgemeinen Modell allerdings deutlich aufwendiger ist, kann sich die Rechenzeit des Operators `find_data_code_2d` bei der Symbolsuche z.T. erheblich erhöhen. Dies ist insbesondere dann zu erwarten, wenn in einem Bild *kein* lesbarer Datacode gefunden werden kann, wenn das Symbol heller als der Hintergrund ist oder wenn die Module sehr klein sind.

Durch Setzen des generischen Parameters *'default_parameters'* auf den Wert *'maximum_recognition'* wird das Modell im Vergleich zu *'enhanced_recognition'* nochmals erweitert, so dass Datacodes mit sehr kleiner Modulgröße robuster gelesen werden können (siehe *'small_modules_robustness'*). Für den Fall des Data Matrix ECC 200 unterscheidet sich der Modus *'maximum_recognition'* vom Modus *'enhanced_recognition'* insofern, dass auch Symbole mit einem gestörten oder teilweise fehlenden Finder-Pattern gefunden werden können (siehe *'finder_pattern_tolerance'*). Die Verwendung dieses Modus kann zu einer erhöhten Rechenzeit und einem erhöhten Speicherbedarf des Operators `find_data_code_2d` bei der Symbolsuche und der Dekodierung führen.

Aus diesen Gründen sollte das Modell immer durch Setzen der bekannten Symbolparameter soweit wie möglich eingeschränkt werden. Dies kann hier direkt beim Erzeugen des Modells oder aber später mit dem Operator `set_data_code_2d_param` erfolgen, wofür bei beiden Operatoren die generischen Parameter `GenParamName` und `GenParamValue` zur Verfügung stehen. So sollte z.B. im Falle des Data Matrix ECC 200 bei der Verwendung des Modus *'maximum_recognition'* die Symbolgröße soweit wie möglich eingeschränkt werden. Eine detaillierte Beschreibung der Parameter findet sich beim Operator `set_data_code_2d_param`.

Schließlich steht als eine weitere Möglichkeit, das Modell an eine bestimmte Symbolform anzupassen, auch ein Trainingsmodus zur Verfügung. Der Operator `find_data_code_2d` erlaubt es, mit der Parametereinstellung *'train'* die Symbolparameter aus einem oder mehreren Beispielbildern zu trainieren.

In jedem Fall können die aktuell eingestellten Modellparameter mit `get_data_code_2d_param` ausgelesen werden. Die Namen der Parameter, die für das konkrete Modell gesetzt bzw. abgefragt werden können, liefert `query_data_code_2d_params`.

Parameter

▷ **`SymbolType`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Typ des 2D-Datacodes.
Default: 'Data Matrix ECC 200'
Werteliste: `SymbolType` ∈ {'Data Matrix ECC 200', 'QR Code', 'Micro QR Code', 'PDF417', 'Aztec Code', 'DotCode', 'GS1 DataMatrix', 'GS1 QR Code', 'GS1 Aztec Code', 'GS1 DotCode'}

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die für das 2D-Datacode-Modell eingestellt werden sollen.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'default_parameters', 'strict_model', 'persistence', 'polarity', 'mirrored', 'contrast_min', 'candidate_selection', 'model_type', 'version', 'version_min', 'version_max', 'symbol_size', 'symbol_size_min', 'symbol_size_max', 'symbol_cols', 'symbol_cols_min', 'symbol_cols_max', 'symbol_rows', 'symbol_rows_min', 'symbol_rows_max', 'symbol_shape', 'module_size', 'module_size_min', 'module_size_max', 'small_modules_robustness', 'module_width', 'module_width_min', 'module_width_max', 'module_aspect', 'module_aspect_min', 'module_aspect_max', 'module_gap', 'module_gap_min', 'module_gap_max', 'slant_max', 'module_grid', 'position_pattern_min', 'strict_quiet_zone', 'strict_fp_and_qz', 'timeout', 'finder_pattern_tolerance', 'contrast_tolerance', 'additional_levels', 'deformation_tolerance'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Parameter, die für das 2D-Datacode-Modell eingestellt werden sollen.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'standard_recognition', 'enhanced_recognition', 'maximum_recognition', 'yes', 'no', 'any', 'dark_on_light', 'light_on_dark', 'square', 'rectangle', 'small', 'big', 'fixed', 'variable', 'low', 'high', 'default', 'extensive', 'curved', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 30, 50, 70, 90, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 64, 72, 80, 88, 96, 104, 120, 132, 144}

▷ **DataCodeHandle** (output_control) . . . . . datacode_2d ⇝ *handle*
Handle für den Zugriff auf das 2D-Datacode-Modell

Beispiel

```
* Two simple examples that show the use of create_data_code_2d_model
* to detect a Data matrix ECC 200 code and a QR Code.

* (1) Create a model for reading simple QR Codes
*     (only dark symbols on a light background will be read)
create_data_code_2d_model ('QR Code', [], [], DataCodeHandle)
* Read an image
read_image (Image, 'datacode/qrcode/qr_workpiece_01')
* Read the symbol in the image
find_data_code_2d (Image, SymbolXLDs, DataCodeHandle, [], [], \
                   ResultHandles, DecodedDataStrings)
* Clear the model
clear_data_code_2d_model (DataCodeHandle)

* (2) Create a model for reading a wide range of Data matrix ECC 200 codes
*     (this model will also read light symbols on dark background)
create_data_code_2d_model ('Data Matrix ECC 200', 'default_parameters', \
                           'enhanced_recognition', DataCodeHandle)
* Read an image
read_image (Image, 'datacode/ecc200/ecc200_cpu_010')
* Read the symbol in the image
find_data_code_2d (Image, SymbolXLDs, DataCodeHandle, [], [], \
                   ResultHandles, DecodedDataStrings)
* Clear the model
clear_data_code_2d_model (DataCodeHandle)
```

Ergebnis

`create_data_code_2d_model` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt sind und das Modell erzeugt werden kann. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`set_data_code_2d_param`, `find_data_code_2d`

Alternativen

`read_data_code_2d_model`

Siehe auch

`clear_data_code_2d_model`

Literatur

International Standard ISO/IEC 16022: „Information technology - Automatic identification and data capture techniques - Data Matrix bar code symbology specification“; Reference number ISO/IEC 16022:2006 (E); ISO/IEC 2006.

International Standard ISO/IEC 15438: „Information technology - Automatic identification and data capture techniques - PDF417 bar code symbology specification“; Reference number ISO/IEC 15438:2006 (E); ISO/IEC 2006.

International Standard ISO/IEC 18004: „Information technology - Automatic identification and data capture techniques - QR Code 2005 bar code symbology specification“; Reference number ISO/IEC 18004:2006 (E); ISO/IEC 2006.

International Standard ISO/IEC 24778: „Information technology - Automatic identification and data capture techniques - Aztec Code bar code symbology specification“; Reference number ISO/IEC 24778:2008 (E); ISO/IEC 2008.

GS1 General Specifications; Version 12; Issue 1, Jan-2012; GS1.

Modul

Data Code

deserialize_data_code_2d_model (
: : SerializedItemHandle : DataCodeHandle)

Deserialisieren eines serialisierten 2D-Datacode-Modells.

deserialize_data_code_2d_model deserialisiert ein 2D-Datacode-Modell, welches mit serialize_data_code_2d_model serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte 2D-Datacode-Modells wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten 2D-Datacode-Modell mit dem Handle DataCodeHandle gespeichert.

Das Konzept des 2D-Datacode-Lesers ist bei der Einleitung zu Kapitel Identifizierung / Datacode beschrieben.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **DataCodeHandle** (output_control) ..... datacode_2d ⇝ *handle*
Handle des 2D-Datacode-Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_data_code_2d_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

fread_serialized_item, receive_serialized_item, serialize_data_code_2d_model

Nachfolger

find_data_code_2d

Alternativen

create_data_code_2d_model

Siehe auch

serialize_data_code_2d_model, clear_data_code_2d_model

Modul

Data Code

find_data_code_2d (Image : SymbolXLDs : DataCodeHandle, GenParamName,
GenParamValue : ResultHandles, DecodedDataStrings)

Suchen und Lesen von 2D-Datacode-Symbolen im Eingabebild sowie Training des 2D-Datacode-Modells.

Der Operator find_data_code_2d sucht im Eingabebild (Image) nach 2D-Datacode-Symbolen und liest den darin kodierten String aus. Dafür muss zuvor mit Hilfe von create_data_code_2d_model oder

read_data_code_2d_model ein Modell für eine Klasse von 2D-Datacodes erstellt und der dabei erzeugte Handle in DataCodeHandle an find_data_code_2d übergeben werden. Um in einem Bild gezielt nach mehr als einem Symbol zu suchen, kann in dem generischen Parameter GenParamName = *'stop_after_result_num'* die Anzahl der gesuchten Datacodes übergeben werden (GenParamValue).

Als Ergebnis liefert der Operator für jedes erfolgreich detektierte Symbol eine XLD-Kontur mit dem umschließenden Viereck (SymbolXLDs), einen Kandidaten-Handle, der auf eine Ergebnisstruktur verweist, in der zusätzliche Informationen über das Symbol und den Such- und Leseprozess abgespeichert wurden (ResultHandles), sowie den String, der in dem Datacode-Symbol kodiert ist (DecodedDataStrings). Der Zugriff auf den kompletten String kann in diesem Fall nur mit Hilfe des ResultHandles und dem Operator get_data_code_2d_results mit dem Parameter *'decoded_data'* erfolgen, wobei die einzelnen Zeichen des Strings in einem Tupel zurückgegeben werden.

Das Konzept des 2D-Datacode-Lesers ist bei der Einleitung zu Kapitel Identifizierung / Datacode beschrieben.

Die Symbolstruktur von GS1 DataMatrix, GS1 QR Code, GS1 Aztec Code und GS1 DotCode ist identisch der Struktur von Data Matrix ECC 200, QR Code, Aztec Code, bzw. DotCode. Deswegen gelten alle typspezifischen Parameter, Einstellungen und Regel, die Data Matrix ECC 200, QR Code, Aztec Code oder DotCode betreffen, auch für ihre entsprechende GS1-Variante. Die GS1 Symbologien haben lediglich zusätzliche Vorgaben bezüglich des Formats der im jeweiligen Symbol kodierten Daten. Die Daten müssen in sogenannten "GS1 Application Element Strings"organisiert werden, welche in den allgemeinen GS1 Spezifikationen definiert sind. Wenn zum Beispiel DataCodeHandle als GS1 DataMatrix erstellt wurde, dann liest find_data_code_2d ein Symbol nur wenn das Symbol ein gültiges Data Matrix ECC 200 Symbol ist und nur wenn seine Daten nach den GS1 Regeln formatiert sind. Von den "GS1 Application Element Strings"wird nur überprüft, ob die gelesenen Application Identifier im Standard "GS1 General Specifications"existieren. Wenn stattdessen ein Data Matrix ECC 200 Symbol nur allgemeine Daten enthält, wird er vom Operator find_data_code_2d nicht gelesen. Dasselbe stimmt auch für GS1 QR Code, GS1 Aztec Code und GS1 DotCode.

Anpassen des Modells

Sollte ein im Bild sichtbarer 2D-Datacode nicht erkannt werden, ist zu überprüfen, ob das Symbol die im Modell beschriebenen Eigenschaften besitzt. Dabei ist insbesondere auf

- die richtige Polarität (*'polarity'*, hell auf dunkel oder dunkel auf hell),
- die Symbolgröße (*'symbol_size'* beim Data Matrix ECC 200, Aztec Code und DotCode),
- *'version'* beim QR Code,
- *'format'* beim Aztec Code,
- die Modulgröße (*'module_size'* beim Data Matrix ECC 200, QR Code, Micro QR Code, Aztec Code und DotCode, *'module_width'* und *'module_aspect'* beim PDF417),
- eine mögliche Spiegelung des Symbols (*'mirrored'*),
- sowie den eingestellten Mindestkontrast (*'contrast_min'* beim Aztec Code, QR Code und PDF417)

zu achten. Weitere relevante Größen sind beim Data Matrix ECC 200, beim QR Code und beim Aztec Code der Zwischenraum zwischen benachbarten Vordergrundmodulen (*'module_gap'*) und beim Data Matrix ECC 200 der maximal erlaubte Winkel des Finder-Patterns (*'slant_max'*). Die aktuellen Einstellungen für diese Werte lassen sich mit dem Operator get_data_code_2d_param abfragen. Gegebenenfalls können die entsprechenden Parameter mit Hilfe des Operators set_data_code_2d_param an das 2D-Datacode-Symbol im Bild angepasst werden.

Eine möglichst genaue Anpassung des Modells an die gesuchte Datacode-Klasse empfiehlt sich darüber hinaus auch aus Laufzeitgründen. Im Allgemeinen gilt, dass die Laufzeit von find_data_code_2d umso höher ist, je allgemeiner das Modell definiert wurde. Zu beachten ist dabei, dass sich das ungünstige Laufzeitverhalten auf Grund eines zu allgemeinen Modells vor allem dann negativ auswirkt, wenn im Bild *kein* gültiger 2D-Datacode gefunden werden kann.

Trainieren des Modells

Neben dem manuellen Setzen der Modellparameter mit dem Operator set_data_code_2d_param ist es auch möglich, das Modell mit Hilfe von find_data_code_2d anhand eines oder mehrerer Beispielbilder zu trainieren. Dazu muss als generischer Parameter GenParamName *'train'* übergeben werden. Der entsprechende Wert bei GenParamValue bestimmt, welche Parameter aus dem aktuellen Bild gelernt werden sollen. Im einzelnen können die folgenden Werte gesetzt werden:

- Alle 2D-Datacode-Modelle:

'all': Es werden alle trainierbaren Parameter gelernt.

'symbol_size': Größe (und Form) des Datacode-Symbols.
Für Data Matrix ECC 200 , PDF417 und DotCode werden die Modellparameter *'symbol_cols_min'*, *'symbol_cols_max'*, *'symbol_rows_min'* und *'symbol_rows_max'* trainiert. Zusätzlich dazu wird für Data Matrix ECC 200 der Modellparameter *'symbol_shape'*, welcher die Form des Symbols (Rechteck oder Quadrat) angibt, trainiert.
Bei QR Codes und Micro QR Codes kann alternativ als Wert auch *'version'* übergeben werden. Dabei werden die Modellparameter *'symbol_size_min'*, *'symbol_size_max'*, *'version_min'* und *'version_max'* trainiert.
Für Aztec Codes werden die Modellparameter *'symbol_size_min'* und *'symbol_size_max'* trainiert.

'module_size': Größe der Module. Die Modellparameter, die hierbei trainiert werden, sind *'module_size_min'* und *'module_size_max'*.
Bei PDF417-Codes umfasst die Modulgröße die Modulbreite sowie das Seitenverhältnis der Module. Durch das Training werden dadurch die Modellparameter *'module_width_min'*, *'module_width_max'*, *'module_aspect_min'* und *'module_aspect_max'* beeinflusst.

'polarity': Polarität der Symbole, d.h. sind die Symbole heller oder dunkler als der Hintergrund. Hierbei wird der Modellparameter *'polarity'* trainiert.

'mirrored': Sind die Symbole im Bild gespiegelt oder nicht. Hierbei wird der Modellparameter *'mirrored'* trainiert.

- nur Data Matrix ECC 200, Aztec Code, PDF417, QR Code, und Micro QR Code:

  'small_modules_robustness': Robustheit der Dekodierung gegenüber Datacodes mit sehr kleiner Modulgröße. Hierbei wird der Modellparameter *'small_modules_robustness'* trainiert. Dabei ist zu beachten, dass ein Training des Parameters intern deaktiviert wird, falls das Trainingsbild die maximal erlaubte Bildgröße (siehe `get_system` *'halcon_xl'*) übersteigt.

- nur Aztec Code, PDF417, QR Code und Micro QR Code:

  'contrast': Minimaler Kontrast, der eingestellt werden muss, um die Symbole detektieren zu können. Hierbei wird der Modellparameter *'contrast_min'* trainiert.

- nur Data Matrix ECC 200, Micro QR Code und QR Code:

  'contrast_tolerance': Die verwendete Toleranz bezüglich lokaler Kontrastvariationen. Hierbei wird der Modellparameter *'contrast_tolerance'* trainiert.

- Alle 2D-Datacode-Modelle bis auf PDF417:

  'module_shape': Vorhandensein von Lücken zwischen benachbarten Vordergrundmodulen. Hierbei werden die Modellparameter *'module_gap_min'* und *'module_gap_max'* trainiert.

- nur Aztec Code und Data Matrix ECC 200:

  'finder_pattern_tolerance': Die verwendete Toleranz der Suche gegenüber einem gestörten oder teilweise fehlenden Finder-Pattern. Hierbei wird der Modellparameter *'finder_pattern_tolerance'* trainiert.

- nur Data Matrix ECC 200, DotCode, Micro QR Code und QR Code:

  'candidate_selection': Auswahl der zu verarbeitenden Kandidatenregionen. Hierbei wird der Modellparameter *'candidate_selection'* trainiert.

- nur Data Matrix ECC 200:

  'alternating_pattern_tolerance': Die verwendete Toleranz bezüglich Veränderungen der Modulbreiten entlang der beiden Seiten des alternierenden Finder-Patterns. Hierbei wird der Modellparameter *'alternating_pattern_tolerance'* trainiert.

  'module_grid': Algorithmus zur Berechnung der Modulpositionen (festes oder variables Gitter). Hierbei wird der Modellparameter *'module_grid'* trainiert.

  'image_proc': Anpassen verschiedener Bildverarbeitungsparameter. Im Moment wird hier lediglich der maximale Slant beim ECC 200 eingestellt, in Zukunft können aber weitere Parameter folgen. Hierbei wird der Modellparameter *'slant_max'* trainiert.

- nur QR Code:

  'model_type': Spezifikation des QR Code-Symbols nach Modelltyp 1 oder 2. Hierbei wird der Modellparameter *'model_type'* trainiert.

'position_pattern_min': Anzahl von Position-Detection-Patterns, die im Bild gut sichtbar sein müssen, damit ein Symbolkandidat generiert wird. Hierbei wird der Modellparameter *'position_pattern_min'* trainiert.

- nur Aztec Code:

  'additional_levels': Die Anzahl zusätzlich zu untersuchender Pyramidenebenen bei der Suche. Hierbei wird der Modellparameter *'additional_levels'* trainiert.

Es können mehrere zu trainierende Parameter kombiniert und gemeinsam übergeben werden, indem *'train'* in einem Tupel mehrfach mit den entsprechenden Werten übergeben wird: z.B. `GenParamName` = *['train','train']* und `GenParamValue` = *['polarity','module_size']*. Weiterhin können - im Zusammenhang mit *'train'* = *'all'* einzelne Parameter explizit vom Training ausgeschlossen werden, indem zusätzlich *'train'* mit den entsprechenden Parametern und einem vorangestellten *'~'* gesetzt wird: z.B. `GenParamName` = *['train','train']* und `GenParamValue` = *['all','~contrast']*.

Die folgenden Hinweise sollten im Zusammenhang mit dem Training beachtet werden:

- Soll über mehrere Bilder trainiert werden, ist der Operator `find_data_code_2d` mehrfach nacheinander mit dem gesetzten *'train'*-Parameter und den verschiedenen Trainingsbildern aufzurufen.
- Es kann auch über mehrere Symbole in einem Bild trainiert werden. Dazu ist in `GenParamName` zusätzlich zu *'train'* der generische Parameter *'stop_after_result_num'* zu übergeben. In `GenParamValue` wird neben den zu trainierenden Parametern die Anzahl der Symbole, die sich im Bild befinden, übergeben.
- Befinden sich im Trainingsbild mehrere Symbole und soll aber nur über ein bestimmtes Symbol trainiert werden, ist der Definitionsbereich des Bildes mit `reduce_domain` entsprechend einzuschränken.
- Sind in einer Anwendung alle Bilder sehr ähnlich, reicht i.d.R. *ein* Trainingsbild, wenn die Symbolgröße (in Modulen) bei allen Bildern identisch ist, die Vorder- und Hintergrundmodule gleich groß sind (d.h. auch keine Lücken zwischen benachbarten Vordergrundmodulen auftreten), der Hintergrund keine signifikante Textur aufweist und der Kontrast in allen Bildern etwa gleich groß ist. In allen anderen Fällen sollten mehrere Bilder zum Training herangezogen werden.
- Kann die Symbolgröße variieren, sollten nach Möglichkeit im Training auch Bilder mit den kleinsten und den größten vorkommenden Symbolen verwendet werden. Sollte dies nicht sichergestellt werden können, müssen die Grenzen für die Symbolgröße nach dem Training von Hand gesetzt bzw. entsprechend modifiziert werden, oder die Symbolgröße wird vom Training ganz ausgenommen.
- Die Modellparameter werden beim ersten Training auf die Modelleigenschaften des im Bild gefundenen Symbols eingeschränkt. Bei jedem weiteren Training werden sie, falls notwendig, so erweitert, dass neben den bisher trainierten Symbolen auch der neue Datacode vom Modell abgedeckt wird. Durch ein Zurücksetzen des Modells mit `set_data_code_2d_param` auf eine der Standardeinstellung (*'default_parameters'* = *'standard_recognition'*, *'enhanced_recognition'* oder *'maximum_recognition'*) wird neben den Modellparametern auch der Trainingsstatus des Modells in den Grundzustand zurückgesetzt. Mit `set_data_code_2d_param` und *'trained'* kann der Trainingsstatus einzelner Parameter auf trainiert gesetzt werden. Diese gesetzten Parameter werden beim Training nicht mehr überschrieben. Falls nötig wird nur der Parameterraum durch das Training erweitert.
- Kann das zu trainierende Symbol nicht gelesen werden, erzeugt dies keine gesonderte Fehlermeldung, sondern es sind lediglich die Ergebnislisten (`SymbolXLDs`, `ResultHandles`, `DecodedDataStrings`) leer. Das Modell wird in diesem Fall nicht modifiziert.

Es ist zu beachten, dass möglicherweise gesetzte Zeitschranken im Trainingsmodus nicht beachtet werden (siehe *'timeout'* in `set_data_code_2d_param`).

Übersicht über die Funktionsweise der Symbolsuche

- Alle 2D-Datacode-Modelle:

  Abhängig von den Einstellungen im 2D-Datacode-Modell (vgl. `set_data_code_2d_param`) absolviert `find_data_code_2d` intern i.d.R. mehrere Durchläufe bei der Suche nach 2D-Datacode-Symbolen. Begonnen wird die Suche auf der höchsten Pyramidenstufe, auf der die einzelnen Module (entsprechend der vorgegebenen maximalen Modulgröße) noch zu unterscheiden sein müssten. Außerdem kann in jeder Pyramidenstufe die Vorverarbeitung entsprechend der eingestellten Modulform variiert werden. Erlaubt das Modell sowohl helle Symbole vor dunklem Hintergrund als auch dunkle Symbole vor hellem Hintergrund (*'polarity'* = *'any'*), werden in der jeweiligen Pyramidenstufe zuerst die Durchläufe zum Finden von dunklen Symbolen abgearbeitet, danach wird nach hellen Symbolen gesucht. Ein solcher Durchlauf besteht immer

aus zwei Phasen: der Suche, bei der i.d.R. eine Reihe von Symbolkandidaten anhand des Finder-Patterns detektiert werden, und der Auswertephase, in der in einer niedrigeren Pyramidenstufe der Reihe nach alle neu gefundenen Kandidaten auf ihre Lesbarkeit hin untersucht werden. In der Suchphase können in einem entsprechend strukturierten Bild auch eine Reihe von Kandidaten an Stellen generiert werden, die keine Symbole enthalten. Die Bearbeitung dieser Kandidaten wird allerdings in der anschließenden Auswertephase i.d.R. sehr früh abgebrochen.

Der gesamte Operatoraufruf wird schließlich beendet, wenn entweder die geforderte Anzahl an 2D-Datacode-Symbolen gefunden wurde, alle Suchdurchläufe abgearbeitet wurden oder eine Zeitüberschreitung (siehe `set_data_code_2d_param`) eingetreten ist. Die Anzahl der zu lesenden Symbole, kann mit dem generischen Parameter `GenParamName` = *'stop_after_result_num'* gesteuert werden. Der entsprechende Wert ist in `GenParamValue` zu übergeben. Wird nichts übergeben, wird gestoppt, sobald ein Symbol erfolgreich dekodiert werden konnte.

- Data Matrix ECC 200, QR Code und Micro QR Code:

  Die Komplexität der Symbolsuche kann über den generischen Parameter `GenParamName` = *'symbol_search'* gesteuert werden. Standardmäßig ist *'symbol_search'* auf `GenParamValue` = *'default'* gesetzt.

  – Für einfache Bilder, d.h. Bilder, die:
    * nur Symbole enthalten, die einen hohen Kontrast und eine großzügige Ruhezone aufweisen und
    * einen homogenen Hintergrund haben,

    kann eine weniger komplexe und (in einfachen Fällen) schnellere Methode zur Symbolsuche verwendet werden. Hierfür muss *'symbol_search'* auf *'rudimental'* gesetzt werden. Es ist zu beachten, dass in diesem Fall folgende Parameter keine Auswirkung mehr haben: *'module_gap_min'*, *'module_gap_max'*, *'module_gap'*, *'finder_pattern_tolerance'*, *'contrast_tolerance'* und *'candidate_selection'*. Außerdem können mit dieser Methode keine Parameter trainiert werden.

  – Bei großen Bildern mit vielen Codes und einem stark strukturierten Hintergrund kann es für bestimmte Parametereinstellungen (z.B. *'maximum_recognition'*) sehr viele Codekandidaten geben. Für eine optimale Laufzeit stoppen der ECC 200 Leser, der QR Code Leser und der Micro QR Code Leser standardmäßig nach 10000 Kandidaten.

    In Fällen, in denen mehr Kandidaten verarbeitet werden müssen um alle Codes im Bild zu dekodieren, kann *'symbol_search'* auf *'exhaustive'* gesetzt werden. Dadurch wird die Suche erst dann abgebrochen, wenn *'stop_after_result_num'* Codes dekodiert wurden, oder alle Kandidaten abgearbeitet wurden. Es ist zu beachten, dass sich dadurch die Laufzeit entsprechend erhöhen kann. Die tatsächliche Anzahl an Kandidaten kann mit `get_data_code_2d_results` abgefragt werden.

Abfrage von Ergebnissen der Symbolsuche

Die Operatoren `get_data_code_2d_results` und `get_data_code_2d_objects` erlauben den Zugriff auf zahlreiche Informationen zur Symbolsuche im Allgemeinen wie z.B. die Anzahl der Durchläufe und der untersuchten Kandidaten, und – zusammen mit den `ResultHandles` – über die Symbolkandidaten im einzelnen, wie die Symbol- und Modulgröße, den Kontrast oder die im Symbol kodierten Rohdaten. Diese Operatoren ermöglichen dabei auch den Zugriff auf all jene Symbolkandidaten, die zwar untersucht aber letztendlich nicht gelesen werden konnten. Insbesondere lässt sich so ermitteln, ob die Vorverarbeitung für ein abgebildetes aber nicht gelesenes 2D-Datacode-Symbol überhaupt einen Kandidaten generiert hat und – anhand einer Statusvariablen – warum dessen Bearbeitung schließlich abgebrochen wurde. Nähere Information finden sich bei den Operatoren `get_data_code_2d_results` und `get_data_code_2d_objects`.

Timeout und Abbruch

Der Operator `find_data_code_2d` kann sowohl mit einem Timeout sowie auch manuell abgebrochen werden. Mit dem Operator `set_data_code_2d_param` kann man einen Timeout festlegen. Falls `find_data_code_2d` in einen Timeout läuft, werden alle bis dahin erkannten Codes zurückgegeben. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit `find_data_code_2d` manuell abzubrechen, indem man `set_data_code_2d_param` mit *'abort'* von einem anderen Thread aufruft.

In beiden Fällen, kann mit `get_data_code_2d_results` und dem Parameter *'aborted'* abgefragt werden, ob der Operator abgebrochen wurde.

Des Weiteren kann der Operator `find_data_code_2d` mittels `set_operator_timeout` oder `interrupt_operator` abgebrochen werden. Dabei werden keine Ergebnisse, aber eine Fehlermeldung zurückgegeben. Wenn `find_data_code_2d` mit `interrupt_operator` abgebrochen wurde, wird H_ERR_CANCEL (22) zurückgegeben. Wenn `find_data_code_2d` mit `set_operator_timeout` abgebrochen wurde, wird H_ERR_TIMEOUT (9400) zurückgegeben. Das Abbrechen durch einen dieser Operatoren wird nur im *'cancel'*-Modus unterstützt.

Spezielle Parallelisierung für Data Matrix ECC 200

Der Operator `find_data_code_2d` unterstützt eine spezielle Parallelisierung für Data Matrix ECC 200. Diese zusätzliche interne Parallelisierung kann unter gewissen Umständen zu einer signifikant verkürzten Ausführungszeit führen. Im Allgemeinen sind damit schnellere Rechenzeiten zu erwarten, wenn bspw. mit `set_data_code_2d_param` für einen oder mehrere der Parameter *'polarity'*, *'contrast_tolerance'* und *'finder_pattern_tolerance'* der Wert *'any'* gesetzt wird, oder sich die gesetzten Werte für *'module_gap_min'* und *'module_gap_max'* unterscheiden, somit also eine Reihe von Parameterwerten berücksichtigt werden muss. Dies gilt insbesondere, wenn *'default_parameters'* auf *'enhanced_recognition'* oder *'maximum_recognition'* gesetzt worden ist.

Bitte beachten Sie, dass der Speicherverbrauch mit der Anzahl der parallel laufenden Threads ansteigt. Um den Speicherverbrauch zu reduzieren, kann mit `set_system` entweder die Anzahl der Threads mit dem Parameter *'thread_num'* gesetzt werden, oder der Cache für temporären Speicher mit dem Parameter *'temporary_mem_cache'* ausgeschaltet werden. Die Data Matrix ECC 200 spezifische Parallelisierung kann auch auf einfache Weise ausgeschaltet werden, indem der generische Parameter `GenParamName` = *'specific_parallelization'* auf *'disable'* gesetzt wird. Beachten Sie, dass dadurch nur die zusätzliche interne Parallelisierung für Data Matrix ECC 200 ausgeschaltet wird. Bestimmte Teilaufgaben können immer noch parallel abgearbeitet werden. Weitere Informationen zur Deaktivierung der gesamten Parallelisierung finden Sie in der Operatorreferenz von `set_system` mit den Parametern *'thread_num'* und *'parallelize_operators'*. Generell sollte es jedoch nicht notwendig sein, die spezifische Parallelisierung auszuschalten. Standardmäßig ist *'specific_parallelization'* auf *'enable'* gesetzt.

Chinesische Zeichen

Enthält ein QR Code chinesische Zeichen, die nach dem chinesischen nationalen Standard GBT 18284-2000 codiert sind, gibt `find_data_code_2d` diese Zeichen UTF-8 codiert in `DecodedDataStrings` zurück, sofern der Systemparameter *'filename_encoding'* auf *'utf8'* gesetzt ist. Der Inhalt von *'decoded_data'*, welcher mit `get_data_code_2d_results` abgefragt werden kann, wird nicht nach UTF-8 konvertiert.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object* : byte
Eingabebild. Falls das Bild eine reduzierte Domäne besitzen sollte, so wird der Bereich eingeschränkt in dem nach Datacodes gesucht wird. In der Regel führt dies zu einer Verbesserung der Laufzeit. Allerdings sollte man beachten, dass ein Datacode nicht mehr gefunden werden könnte, wenn er nicht vollständig in der Domäne des Bildes liegt. In seltenen Fällen kann es vorkommen, dass Datacodes außerhalb der Domäne gefunden werden. Sind diese Ergebnisse unerwünscht, müssen sie nachträglich aussortiert werden.

▷ **`SymbolXLDs`** (output_object) . . . . . xld_cont(-array) ⇝ *object*
XLD-Konturen, die die erfolgreich dekodierten Datacode-Symbole umschließen. Die Konturen beginnen in der linken oberen Ecke und folgt im Uhrzeigersinn der Standardausrichtung (siehe *'orientation'* bei `get_data_code_2d_results`)

Reihenfolge der Punkte der `SymbolXLDs`

▷ **`DataCodeHandle`** (input_control) . . . . . datacode_2d ⇝ *handle*
Handle des zu verwendenden 2D-Datacode-Modells.

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen von (optionalen) Parametern für die Steuerung des Verhaltens des Operators.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'train', 'stop_after_result_num', 'symbol_search', 'specific_parallelization'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *integer* / real / string
Die zu den optionalen generischen Parametern gehörenden Werte.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'all', 'model_type', 'symbol_size', 'version', 'module_size', 'small_modules_robustness', 'module_shape', 'polarity', 'mirrored', 'contrast', 'candidate_selection', 'module_grid', 'alternating_pattern_tolerance', 'finder_pattern_tolerance', 'deformation_tolerance', 'contrast_tolerance', 'position_pattern_min', 'additional_levels', 'image_proc', 'rudimental', 'default', 'exhaustive', 1, 2, 3, 'enable', 'disable'}

▷ **ResultHandles** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Handles der erfolgreich dekodierten 2D-Datacode-Symbole.

▷ **DecodedDataStrings** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Die dekodierten Datenstrings aller im Bild detektierten 2D-Datacode-Symbole.

Beispiel

```
* Examples showing the use of find_data_code_2d.
* First, the operator is used to train the model, afterwards it is used to
* read the symbol in another image.

* Create a model for reading Data matrix ECC 200 codes
create_data_code_2d_model ('Data Matrix ECC 200', [], [], DataCodeHandle)
* Read a training image
read_image (Image, 'datacode/ecc200/ecc200_cpu_007')
* Train the model with the symbol in the image
find_data_code_2d (Image, SymbolXLDs, DataCodeHandle, 'train', 'all', \
                   ResultHandles, DecodedDataStrings)
*
* End of training / begin of normal application
*

* Read an image
read_image (Image, 'datacode/ecc200/ecc200_cpu_010')
* Read the symbol in the image
find_data_code_2d (Image, SymbolXLDs, DataCodeHandle, [], [], \
                   ResultHandles, DecodedDataStrings)

* Display all symbols, the strings encoded in them, and the module size
dev_set_color ('green')
for i := 0 to |ResultHandles| - 1 by 1
    select_obj (SymbolXLDs, SymbolXLD, i+1)
    dev_display (SymbolXLD)
    get_contour_xld (SymbolXLD, Row, Col)
    set_tposition (WindowHandle, max(Row), min(Col))
    write_string (WindowHandle, DecodedDataStrings[i])
    get_data_code_2d_results (DataCodeHandle, ResultHandles[i], \
                              ['module_height','module_width'], ModuleSize)
    new_line (WindowHandle)
    write_string (WindowHandle, 'module size = ' + ModuleSize[0] + 'x' + \
                                 ModuleSize[1])
endfor

* Clear the model
clear_data_code_2d_model (DataCodeHandle)
```

Ergebnis

find_data_code_2d liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DataCodeHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_data_code_2d_model`, `read_data_code_2d_model`, `set_data_code_2d_param`

Nachfolger

`get_data_code_2d_results`, `get_data_code_2d_objects`, `write_data_code_2d_model`

Siehe auch

`create_data_code_2d_model`, `set_data_code_2d_param`, `get_data_code_2d_results`, `get_data_code_2d_objects`

Literatur

GS1 General Specifications; Version 12; Issue 1, Jan-2012; GS1.

Modul

Data Code

get_data_code_2d_objects (: DataCodeObjects : DataCodeHandle, CandidateHandle, ObjectName :)

Zugriff auf ikonische Objekte, die bei der Suche nach einem 2D-Datacode angelegt werden bzw. diesen beschreiben.

Der Operator `get_data_code_2d_objects` erlaubt den Zugriff auf ikonische Objekte, die beim letzten Aufruf von `find_data_code_2d` während der Suche nach 2D-Datacodes oder beim Lesen der gefundenen Symbole angelegt wurden. Für den Zugriff muss neben dem Namen des gewünschten Bildobjekts (`ObjectName`) auch das zugrundeliegende 2D-Datacode-Modell (`DataCodeHandle`) angegeben werden. Außerdem muss in `CandidateHandle` ein Handle auf einen Symbolkandidaten, wie ihn `find_data_code_2d` oder `get_data_code_2d_results` liefern, oder ein String, der eine Gruppe von Kandidaten beschreibt (vgl. `get_data_code_2d_results`) übergeben werden.

Das Konzept des 2D-Datacode-Lesers ist bei der Einleitung zu Kapitel Identifizierung / Datacode beschrieben.

Für den Fall, dass *'discard_undecoded_candidates'* in `set_data_code_2d_param` auf *'yes'* gesetzt wurde, können Ergebnisse nur zu erfolgreich dekodierten Kandidaten abgefragt werden.

Es ist zu beachten, dass auf einige Objekte nur zugegriffen werden kann, wenn für das Modell die Persistenz auf *1* gesetzt wurde (vgl. `set_data_code_2d_param`). Das Setzen der Persistenz muss vor dem Aufruf von `find_data_code_2d` entweder beim Anlegen des Modells mit `create_data_code_2d_model` oder mit Hilfe von `set_data_code_2d_param` erfolgen.

Im einzelnen wird der Zugriff auf die folgenden Objekte unterstützt:

Regionen der Module

- Alle 2D-Datacode-Modelle:

  'module_1_rois': Alle Module, die als Vordergrund interpretiert wurden (Modulbit ist gesetzt). Wird ein QR Code mit *'deformation_tolerance'='curved'* dekodiert, wird ein leeres Objekttupel zurückgegeben. Siehe *'deformation_objects'* in `get_data_code_2d_results` für Modulregionen in diesem Fall.

- 2D-Datacode-Modelle bis auf DotCode:

  'module_0_rois': Alle Module, die als Hintergrund interpretiert wurden (Modulbit ist nicht gesetzt). Es gilt obige Spezialbehandlung für *'deformation_tolerance'='curved'*.

Die hierbei zurückgelieferten Regionen entsprechen den Bildbereichen, in denen eine Interpretation der Module durchgeführt wurde. Die Abfrage dieser Werte kann, da ein Regionenarray zurückgegeben wird, immer nur für genau ein Ergebnisobjekt erfolgen, d.h. an `CandidateHandle` darf kein Gruppenbezeichner übergeben werden. Die Modellpersistenz muss auf den Wert *1* gesetzt sein. Und schließlich ist die Abfrage der Modulregionen nur für Symbole sinnvoll, die als 2D-Datacode-Symbole erkannt wurden und für die zumindest eine gültige Symbolgröße ermittelt werden konnte. Für Kandidaten, deren Bearbeitung vorher abgebrochen wurde, stehen die Modulregionen nicht zur Verfügung.

XLD Kontur

- Alle 2D-Datacode-Modelle:

  'candidate_xld': Die den Kandidaten oder das dekodierte Symbol umgebende XLD-Kontur.

- QR Code:

  'candidate_xld_deformed': Eine genauere, das dekodierte Symbol umgebende XLD-Kontur, wenn der QR Code mit *'deformation_tolerance'='curved'* dekodiert wurde. Ansonsten die gleiche XLD-Kontur wie *'candidate_xld'*.

Die Kontur kann für alle Kandidaten abgefragt werden, einzeln oder auch gruppenweise. Die Persistenzeinstellung spielt bei diesem Objekt keine Rolle.

Pyramidenbilder

'search_image': Pyramidenbild, in dem der Kandidat gefunden wurde.

'process_image': Pyramidenbild, in dem die weitere Bearbeitung des Kandidaten erfolgte.

Die Persistenzeinstellung spielt bei diesen Bildern ebenfalls keine Rolle.

Parameter

▷ **`DataCodeObjects`** (output_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Ikonische Objekte, die als Zwischenergebnisse bei der 2D-Datacode-Suche oder deren Auswertung anfallen.

▷ **`DataCodeHandle`** (input_control) ..... datacode_2d ⇝ *handle*
Handle des zu verwendenden 2D-Datacode-Modells.

▷ **`CandidateHandle`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer* / string
Handle des 2D-Datacode-Kandidaten. Entweder ein Integer (üblicherweise das ResultHandle von `find_data_code_2d`) oder ein String, der eine Gruppe von Kandidaten beschreibt.
Default: 'all_candidates'
Wertevorschläge: `CandidateHandle` ∈ {0, 1, 2, 'all_candidates', 'all_results', 'all_undecoded', 'all_aborted'}

▷ **`ObjectName`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des ikonischen Objekts, das abgefragt werden soll.
Default: 'candidate_xld'
Werteliste: `ObjectName` ∈ {'module_1_rois', 'module_0_rois', 'candidate_xld', 'candidate_xld_deformed', 'search_image', 'process_image'}

Beispiel

```
* Example demonstrating how to access the iconic objects of the data code
* search.

* Create a model for reading Data matrix ECC 200 codes
create_data_code_2d_model ('Data Matrix ECC 200', [], [], DataCodeHandle)
set_data_code_2d_param (DataCodeHandle, 'default_parameters', \
                        'maximum_recognition')
set_data_code_2d_param (DataCodeHandle, 'persistence', 1)
* Read an image
read_image (Image, 'datacode/ecc200/ecc200_disturbed_012')
* Read the symbol in the image
find_data_code_2d (Image, SymbolXLDs, DataCodeHandle, [], [], \
                   ResultHandles, DecodedDataStrings)
```

```
* Get the handles of all candidates that were detected as a symbol but
* could not be read
get_data_code_2d_results (DataCodeHandle, 'all_undecoded', 'handle', \
                          HandlesUndecoded)

* For every undecoded symbol, get the contour and the classified
* module regions
for I := 0 to |HandlesUndecoded| - 1 by 1
  * Display image.
  dev_display (Image)
  dev_set_draw ('margin')
  * Get the contour of the symbol.
  dev_set_color ('blue')
  get_data_code_2d_objects (SymbolXLD, DataCodeHandle, \
                            HandlesUndecoded[I], 'candidate_xld')
  dev_display (SymbolXLD)
  * Get the module regions of the foreground modules
  dev_set_color ('green')
  get_data_code_2d_objects (ModuleFG, DataCodeHandle, \
                            HandlesUndecoded[I], 'module_1_rois')
  dev_display (ModuleFG)
  * Get the module regions of the background modules
  dev_set_color ('red')
  get_data_code_2d_objects (ModuleBG, DataCodeHandle, \
                            HandlesUndecoded[I], 'module_0_rois')
  dev_display (ModuleBG)
  * Stop for inspecting the image.
  stop ()
endfor

* Clear the model
clear_data_code_2d_model (DataCodeHandle)
```

Ergebnis

`get_data_code_2d_objects` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt und die angeforderten Objekte für die letzte Symbolsuche verfügbar sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`find_data_code_2d`, `query_data_code_2d_params`

Nachfolger

`get_data_code_2d_results`

Siehe auch

`query_data_code_2d_params`, `get_data_code_2d_results`, `get_data_code_2d_param`, `set_data_code_2d_param`

Modul

Data Code

```
get_data_code_2d_param ( : : DataCodeHandle,
    GenParamName : GenParamValue )
```

Abfrage von einem oder mehreren Parametern, die das 2D-Datacode-Modell beschreiben.

Mit Hilfe des Operators `get_data_code_2d_param` lassen sich die Parameter, durch die das 2D-Datacode-Modell beschrieben wird, abfragen. Die Namen der Parameter, die abgefragt werden sollen, werden in `GenParamName` übergeben, die korrespondierenden Werte werden in `GenParamValue` zurückgeliefert. Sämtliche Parameter können mit `set_data_code_2d_param` gesetzt und jederzeit verändert werden. Eine Liste der Parameternamen, die für den ausgewählten 2D-Datacode-Type abgefragt werden können, liefert der Operator `query_data_code_2d_params`.

Das Konzept des 2D-Datacode-Lesers ist bei der Einleitung zu Kapitel Identifizierung / Datacode beschrieben.

Es ist zu beachten, dass die Symbolstruktur von GS1 DataMatrix, GS1 QR Code, GS1 Aztec Code und GS1 DotCode der Struktur von Data Matrix ECC 200, QR Code, Aztec Code, bzw. DotCode identisch ist. Deswegen gelten alle typspezifischen Parameter, Einstellungen und Regeln, die Data Matrix ECC 200, QR Code, Aztec Code oder DotCode betreffen, auch für ihre entsprechende GS1-Variante. Im Folgenden wird das ausführliche Auflisten typspezifischer Parameter einzelner GS1-Typen ausgelassen, um die Lesbarkeit der Dokumentation zu erleichtern. Stattdessen können die relevante Parameter eines GS1-Datacodetyps entweder von den Parametern von dessen nicht-GS1-Variante hergeleitet werden oder explizit durch `query_data_code_2d_params` mit dem Parameter *'get_model_params'* abgefragt werden.

Im Einzelnen kann auf die folgenden Parameter – gruppiert nach verschiedenen Kategorien und Datacode-Typen – zugegriffen werden:

Größe und Form des Symbols:

- Data Matrix ECC 200 (inklusive Finder-Pattern):

  'symbol_cols_min': Mindestanzahl der Spalten des Symbols in Modulen.

  'symbol_cols_max': Höchstanzahl der Spalten des Symbols in Modulen.

  'symbol_rows_min': Mindestanzahl der Zeilen des Symbols in Modulen.

  'symbol_rows_max': Höchstanzahl der Zeilen des Symbols in Modulen.

  'symbol_shape': Mögliche Einschränkungen hinsichtlich der Form des Symbols (Rechteck und/oder Quadrat).
  Werteliste: *'square'*, *'rectangle'*, *'any'*.

- QR Code (inklusive Finder-Pattern):

  'model_type': Typ des QR Code-Modells: *1*, *2*, *0* (für *'any'*)

  'version_min': Kleinste zu lesende Symbol-Version: [*1*...*40*] (Modelltyp 1: [*1*...*14*])

  'version_max': Größte zu lesende Symbol-Version: [*1*...*40*] (Modelltyp 1: [*1*...*14*])

  'symbol_size_min': Kleinste zu lesende Symbolgröße in Modulen (dieser Wert korrespondiert direkt mit *'version_min'*): [*21*...*177*] (Modelltyp 1: [*21*...*73*])

  'symbol_size_max': Größte zu lesende Symbolgröße in Modulen (dieser Wert korrespondiert direkt mit *'version_max'*): [*21*...*177*] (Modelltyp 1: [*21*...*73*])

- Micro QR Code:

  'version_min': Kleinste zu lesende Symbol-Version: [*1*...*4*]

  'version_max': Größte zu lesende Symbol-Version: [*1*...*4*]

  'symbol_size_min': Kleinste zu lesende Symbolgröße in Modulen (dieser Wert korrespondiert direkt mit *'version_min'*): [*11*...*17*]

  'symbol_size_max': Größte zu lesende Symbolgröße in Modulen (dieser Wert korrespondiert direkt mit *'version_max'*): [*11*...*17*]

- PDF417:

  'symbol_cols_min': Mindestanzahl der Datenspalten des Symbols in Codewords (je 17 Module), d.h. exklusive der Codewords der Start/Stopp-Patterns sowie der beiden Codewords der Row-Indicators.

  'symbol_cols_max': Höchstanzahl der Datenspalten des Symbols in Codewords (je 17 Module), d.h. exklusive der Codewords der Start/Stopp-Patterns sowie der beiden Codewords der Row-Indicators.

  'symbol_rows_min': Mindestanzahl der Zeilen des Symbols in Modulen.

  'symbol_rows_max': Höchstanzahl der Zeilen des Symbols in Modulen.

- Aztec Code (inklusive Finder-Pattern):

  'format': Format des Aztec Codes: Durch Leerzeichen getrennte Liste mit den Werten *'compact'*, *'full_range'* oder *'rune'*.

  'symbol_size_min': Kleinste zu lesende Symbolgröße in Modulen: [*11*...*151*]

  'symbol_size_max': Größte zu lesende Symbolgröße in Modulen: [*11*...*151*]

- DotCode:

  'symbol_cols_min': Mindestanzahl der Spalten des Symbols in Modulen.

  'symbol_cols_max': Höchstanzahl der Spalten des Symbols in Modulen.

  'symbol_rows_min': Mindestanzahl der Zeilen des Symbols in Modulen.

  'symbol_rows_max': Höchstanzahl der Zeilen des Symbols in Modulen.

Erscheinungsbild der Module im Bild:

- Alle 2D-Datacode-Modelle:

  'polarity': Mögliche Einschränkungen hinsichtlich der Polarität der Module, d.h. ob diese im Bild dunkel vor hellem Hintergrund oder hell vor dunklem Hintergrund erscheinen: *'dark_on_light'*, *'light_on_dark'* oder *'any'*.

  'discard_undecoded_candidates' Steuert, ob Kandidaten, die nicht erfolgreich dekodiert werden konnten, beim Modell gespeichert werden: *'yes'*, *'no'*.

  'mirrored': Angabe über eine mögliche Spiegelung des Symbols (entspricht einem Vertauschen von Spalten und Zeilen): *'yes'*, *'no'* oder *'any'*.

- Alle 2D-Datacode-Modelle bis auf Data Matrix ECC 200 und DotCode:

  'contrast_min': Mindestkontrast zwischen Vorder- und Hintergrund des Symbols im Bild (angegeben in Grauwerten). Dieses Maß korrespondiert mit dem Anstieg der Kanten zwischen Vorder- und Hintergrund.

- Data Matrix ECC 200, Micro QR Code und QR Code:

  'contrast_tolerance': Toleranz der Suche beim Auftreten starker lokaler Kontrastvariationen (z.B. bei Reflexionen oder Überbelichtung). Abhängig von diesem Parameter wird zwischen zwei Algorithmen gewählt. Im Falle von *'high'* ist die Robustheit gegenüber starken lokalen Kontrastvariationen erhöht. Für *'low'* wird ein Algorithmus gewählt, der zwar etwas weniger robust bei lokalen Kontrastvariationen ist, dafür aber schneller. Unter normalen Umständen ist daher *'low'* zu bevorzugen. Setzt man den Parameter auf *'any'*, so werden beide Varianten ausgeführt.

- Alle 2D-Datacode-Modelle bis auf PDF417:

  'module_size_min': Minimale Größe der Module im Bild in Pixel.

  'module_size_max': Maximale Größe der Module im Bild in Pixel.

  Es kann in drei Stufen angegeben werden, ob benachbarte Vordergrundmodule direkt aneinanderstoßen, oder ob es zwischen ihnen eine Lücke geben kann - *'no'* (keine Lücke) $<$ *'small'* $<$ *'big'* (Bei DotCode sind nur *'no'* und *'small'* möglich):

  'module_gap_min': minimale Lücke.

  'module_gap_max': maximale Lücke.

- Alle 2D-Datacode-Modelle bis auf DotCode:

  'small_modules_robustness': Robustheit der Dekodierung gegenüber Datacodes mit sehr kleiner Modulgröße. Wird der Parameter *'small_modules_robustness'* auf *'high'* gesetzt, so erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass Datacodes mit sehr kleinen Modulen dekodiert werden können. Zusätzlich sollte in diesem Fall auch die minimale Modulgröße entsprechend angepasst werden, d.h. *'module_size_min'* bzw. *'module_width_min'* (PDF417) sollte auf die angenommene minimale Modulgröße bzw. Modulbreite gesetzt werden. Ist *'small_modules_robustness'* auf *'high'* gesetzt, so kann sich der interne Speicherbedarf von `find_data_code_2d` deutlich erhöhen. Folglich sollte *'small_modules_robustness'* im Normalfall auf *'low'* gesetzt werden.
  Werteliste: *'low'*, *'high'*
  Default: *'low'* (enhanced: *'low'*, maximum: *'high'*)

- PDF417:

'module_width_min': Minimale Breite der Module im Bild in Pixel.

'module_width_max': Maximale Breite der Module im Bild in Pixel.

'module_aspect_min': Minimales Seitenverhältnis der Module im Bild (Höhe zu Breite).

'module_aspect_max': Maximales Seitenverhältnis der Module im Bild (Höhe zu Breite).

- Aztec Code:

  'finder_pattern_tolerance': Toleranz der Suche gegenüber einem gestörten oder teilweise fehlenden Finder-Pattern. Abhängig von diesem Parameter werden verschiedene Algorithmen für die Suche in `find_data_code_2d` verwendet. Für *'low'* wird angenommen, dass alle Ringe des Finder-Patterns extrahiert werden können. Für *'high'* wird angenommen, dass mindestens einer der Ringe des Finder-Patterns extrahiert werden kann.

  'additional_levels': Um die Robustheit des Aztec Code Lesers zu erhöhen, kann die Anzahl der Pyramidenebenen, die zusätzlich zu den durch die minimale und maximale Modulgröße bedingten Ebenen untersucht werden sollen, angegeben werden. [*0*...*2*]

- Data Matrix ECC 200:

  'slant_max': Maximale Abweichung des Winkels im L-förmigen Finder-Pattern vom (idealerweise) rechten Winkel (die Angabe erfolgt im Bogenmaß und korrespondiert mit der möglichen Verzerrung, die beim Druck des Symbols oder bei der Bildaufnahme auftreten kann).

  'finder_pattern_tolerance': Toleranz der Suche gegenüber einem gestörten oder teilweise fehlenden Finder-Pattern. Das Finder-Pattern umschließt sowohl die L-förmige als auch die gegenüberliegende alternierende Seite. In Abhängigkeit von diesem Parameter werden verschiedene Algorithmen für die Suche in `find_data_code_2d` verwendet. In einem Fall (*'low'*) wird davon ausgegangen, dass das Finder-Pattern zum großen Teil vorhanden ist und kaum Störungen aufweist. Im anderen Fall (*'high'*) kann das Finder-Pattern gestört oder teilweise fehlend sein, ohne dass die Erkennung beeinträchtigt wird. Zu beachten ist allerdings, dass bei dieser Variante die Parameter für die Symbolsuche möglichst stark mit `set_data_code_2d_param` eingeschränkt werden sollten, da ansonsten eine erhöhte Rechenzeit für `find_data_code_2d` zu erwarten ist. Zu beachten ist außerdem, dass sich beide Algorithmen leicht in ihrer Robustheit voneinander unterscheiden. Dies kann dazu führen, dass es selbst bei Symbolen mit intaktem Finder-Pattern in Abhängigkeit von *'finder_pattern_tolerance'* zu unterschiedlichen Ergebnissen kommt. Wenn *'high'* ausgewählt wird, können z.B. nur Symbole mit festem Gitter gefunden werden (siehe unten), wodurch die Robustheit gegenüber perspektivischen Verzerrungen abnimmt. Im Fall *'any'* werden beide Algorithmen ausgeführt.

  'alternating_pattern_tolerance': Toleranz der Suche gegenüber einer Variation der Modulbreiten entlang der beiden Seiten des alternierenden Finder-Patterns. Die Analyse dieser alternierenden Seiten spielt eine entscheidende Rolle, falls *'finder_pattern_tolerance'* auf *'low'* (oder *'any'*, was *'low'* miteinschließt) gesetzt worden ist. Es ist jedoch zu beachten, dass dieser Parameter keinen Einfluss hat, wenn *'finder_pattern_tolerance'* auf *'high'* gesetzt worden ist. Insgesamt sind drei unterschiedliche Werte für diesen Parameter erlaubt, wobei eine höhere Einstellung stets die niedrigeren Werte miteinschließt: *'low'* erlaubt nur eine kleine Variation der Modulbreiten entlang der alternierenden Seiten. *'medium'* versucht zunächst die strengen Anforderungen von *'low'* zu erfüllen und wenn dies scheitern sollte wird eine größere Variation der Modulbreiten entlang der alternierenden Seiten zugelassen. Schließlich schließt *'high'* alles ein, was *'medium'* zugelassen hat, und erweitert zusätzlich den Parameterraum für die Symbolaußengrenzen durch weitere Versuche. Außerdem wird die Beziehung zwischen der Anzahl der erkannten Kanten und des verwendeten Symboltyps für die anschließende Dekodierung etwas aufgeweicht. Die größere Robustheit in schwierigen Fällen hat den Nachteil, dass insbesondere *'high'* zu einem deutlichen Laufzeitanstieg führen kann. Um dem entgegenzuwirken, sollte der Parameterraum insgesamt verkleinert werden, z.B. indem die zu erwartenden Symbolgrößen mit Hilfe von `set_data_code_2d_param` so eng wie möglich vorgegeben werden.

  'module_grid': Angabe darüber, ob die Größe der Module in einem gewissen Rahmen variieren darf oder nicht. In Abhängigkeit von diesem Parameter werden verschiedene Algorithmen für die Berechnung der Modulpositionen verwendet. In einem Fall (*'fixed'*) wird ein festes Gitter, bei dem die Abstände zwischen den Modulmittelpunkten alle gleich sind, verwendet. Im anderen Fall (*'variable'*) wird das Gitter an der alternierenden Seite des Finder-Patterns ausgerichtet. Bei *'any'* werden beide Varianten für das Gitter nacheinander ausprobiert. Zu beachten ist, dass der Wert von *'module_grid'* ignoriert wird, wenn *'finder_pattern_tolerance'* auf *'high'* gesetzt ist. In diesem Fall wird immer von einem festen Gitter ausgegangen.

- QR Code und Micro QR Code:

'position_pattern_min': Anzahl von Position-Detection-Patterns, die im Bild gut sichtbar sein müssen, damit ein Symbolkandidat generiert wird.

- QR Code

  'deformation_tolerance': Toleranz der Suche gegenüber einem deformierten QR Code. Abhängig von diesem Parameter wird für die Suche in `find_data_code_2d` ein Algorithmus zur Kompensation von Krümmungen verwendet (*'curved'*) oder nicht (*'low'*).

Allgemeines Modellverhalten:

- Alle 2D-Datacode-Modelle:

  'persistence': Steuert, ob bestimmte Zwischenergebnisse bei der Symbolsuche mit `find_data_code_2d` temporär oder persistent im Modell gespeichert werden sollen: *0* (temporär) oder *1* (persistent).

  'strict_model': Steuert das Verhalten von `find_data_code_2d` bei der Detektion von Symbolen, die hinsichtlich der Symbolgröße nicht den Modellvorgaben entsprechen: *'yes'* (strikt: entsprechende Symbole werden verworfen) oder *'no'* (nicht strikt: Symbole werden, wenn sie gelesen werden können, als Ergebnis zurückgeliefert). Es ist zu beachten, dass für DotCode-Symbole die Modellvorgaben bzgl. der Modulgröße (*'module_size_min'* und *'module_size_max'*) auch dann nicht überprüft werden, wenn *'strict_model'* auf *'yes'* gesetzt ist.

  'string_encoding': Gibt die erwartete Zeichencodierung des im Symbol kodierten Strings: *'utf8'*, *'locale'*, *'latin1'*, *'shiftjis'* oder *'raw'*.

  'symbol_type': Gibt den beim Erzeugen mit `create_data_code_2d_model` angegebenen Datacode-Typ zurück.

  'timeout': Mit Hilfe dieses Parameters ist es möglich, dass `find_data_code_2d` nach einer definierten Zeit in ms abbricht: *'false'*, *-1*, *20* ... *100*.

- Alle 2D-Datacode-Modelle bis auf Aztec Code:

  'strict_quiet_zone': Steuert das Verhalten von `find_data_code_2d` bei der Detektion von lesbaren Symbolen deren Ruhezone Defekte aufweist. Mögliche Werte:

  'yes': Symbole mit schlechten Bewertungen für ihre Ruhezone werden verworfen und somit nicht als Resultat zurückgegeben. Die Ruhezonen werden ähnlich der Druckbildkontrolle ausgewertet, dabei jedoch nur als ein Modul groß betrachtet. Verworfene Symbole erhalten als *'status'* den Wert *'quiet zone is missing'*.

  'no' **(Default):** Alle lesbaren Symbole werden als Ergebnis zurückgegeben.

- Alle 2D-Datacode-Modelle bis auf DotCode:

  'quality_isoiec15415_aperture_size': Definiert die simulierte Blendenöffnung für die Druckqualitätsprüfung nach ISO/IEC 15415:2024 als Anteil an der Modulgröße. (Siehe ISO/IEC 15415:2024 Abschnitt 5.6.2 und 7.3.1).

  'quality_isoiec15415_reflectance_reference': Definiert den Referenzgrauwert für die Druckqualitätsprüfung nach ISO/IEC 15415:2024. (Siehe ISO/IEC 15415:2024 Abschnitt 5.6.1).

  'quality_isoiec15415_smallest_module_size': Definiert die Modulgröße für die Bestimmung der synthetischen Apertur für die Druckqualitätsprüfung nach ISO/IEC 15415:2024. (Siehe ISO/IEC 15415:2024 Abschnitt 7.3.1). Das kann entweder ein fixer Wert in Pixel sein oder *'adaptive'*. Mit *'adaptive'* wird die gemittelte Modulgröße, die in `find_data_code_2d` bestimmt wurde, verwendet.

- Data Matrix ECC 200:

  'strict_fp_and_qz': Steuert das Verhalten von `find_data_code_2d` bei der Detektion von lesbaren Symbolen mit einer niedrigen Anzahl an Zeilen ($\leq$ 12) und Spalten ($\leq$ 18). Diese Symbole sind aufgrund ihrer niedrigen Fehlerkorrekturkapazität besonders gefährdet zu falsch-positiven Ergebnissen zu führen. Mögliche Werte:

  'true': Alle erfolgreich dekodierten Symbole, welche die oben beschriebenen Kriterien erfüllen, werden kontrolliert. Symbole mit einem gestörten äußeren Finder-Pattern, oder mit einer gestörten Ruhezone können dabei verworfen werden beruhend auf den Klassifizierungsergebnissen der entsprechenden Modulpositionen. Verworfene Ergebnisse werden nicht als Resultat zurückgegeben. Sie erhalten als *'status'* Werte beginnend mit *'strict_fp_and_qz: ...'*. Nach dem Doppelpunkt folgt eine detailliertere Information bzgl. des gescheiterten Tests.

'tolerant' **(Default):** In diesem Modus durchlaufen nur Symbole der angegebenen Größe die zusätzlichen Checks, die eine erhöhte Wahrscheinlichkeit aufweisen tatsächlich ein falsch-positives Ergebnis darzustellen.

'false': Die zusätzlichen Überprüfungen werden vollständig deaktiviert.

Siehe auch `set_data_code_2d_param` für weitere Informationen.

- Data Matrix ECC 200, DotCode, Micro QR Code und QR Code:

  'candidate_selection': Bestimmt die Auswahl der Kandidatenregionen, die verwendet werden, um Symbole im Bild zu finden. Wird dieser Parameter auf *'extensive'* gesetzt, so erhöht sich die Anzahl der generierten Kandidatenregionen und damit die Wahrscheinlichkeit einen Code zu finden. Wird dieser Parameter auf *'all'* gesetzt, werden alle möglichen Kandidaten genutzt. Wenn *'candidate_selection'* auf *'default'* gesetzt ist, werden weniger Kandidatenregionen verwendet.

- DotCode:

  'max_allowed_error_correction': Bestimmt die maximal zulässige Fehlerkorrektur. Aufgrund der hohen Fehlerkorrekturkapazität, ist es möglich 'false positive' DotCode Kandidaten erfolgreich zu dekodieren. Besonders Kandidaten, die nur einen kleinen Teil eines echten DotCode-Symbols bedecken, werden aufgrund der Fehlerkorrektur eventuell erfolgreich dekodiert. Der Grund dafür ist, dass DotCode-Symbole so gut wie jede Größe annehmen können. Das macht es schwieriger falsche Kandidaten auszusortieren. Um diesem Problem entgegenzuwirken, kann der Parameter *'max_allowed_error_correction'* verwendet werden, um anzugeben wie viel Prozent der Fehlerkorrekturkapazität genutzt werden dürfen. Standardmäßig ist der Wert auf *0.9*, also 90% gesetzt. Diese Wahl hilft dabei die Anzahl an falsch dekodierten Kandidaten zu reduzieren, während die Anzahl an richtig dekodierten Kandidaten nur minimal beeinflusst wird. Wird der Wert z.B. auf *0.5* herabgesetzt, werden nur noch die Kandidaten als erfolgreich dekodierte Ergebnisse zurückgegeben, die mit maximal 50% genutzter Fehlerkorrektur dekodiert werden konnten.
  Wertebereich: [*0.0* ... *1.0*]
  Default: *'0.9'*

Es ist möglich, in einem Operatoraufruf obige Parameter beliebig zu kombinieren und gemeinsam in einem Tupel an `GenParamName` zu übergeben. Als Ergebnis wird in `GenParamValue` ein Tupel gleicher Länge zurückgeliefert, dessen Werte mit den entsprechenden Parameternamen korrespondieren.

Parameter

▷ **`DataCodeHandle`** (input_control) ..... datacode_2d ⇝ *handle*
Handle des zu verwendenden 2D-Datacode-Modells.

▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die für das 2D-Datacode-Modell abgefragt werden sollen.
Default: 'polarity'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'strict_model', 'persistence', 'polarity', 'mirrored', 'contrast_min', 'candidate_selection', 'discard_undecoded_candidates', 'model_type', 'version_min', 'version_max', 'format', 'string_encoding', 'symbol_size_min', 'symbol_size_max', 'symbol_cols_min', 'symbol_cols_max', 'symbol_rows_min', 'symbol_rows_max', 'symbol_shape', 'module_size_min', 'module_size_max', 'module_width_min', 'module_width_max', 'small_modules_robustness', 'module_aspect_min', 'module_aspect_max', 'module_gap_min', 'module_gap_max', 'slant_max', 'module_grid', 'position_pattern_min', 'strict_quiet_zone', 'strict_fp_and_qz', 'timeout', 'alternating_pattern_tolerance', 'deformation_tolerance', 'finder_pattern_tolerance', 'additional_levels', 'contrast_tolerance', 'quality_isoiec15415_aperture_size', 'quality_isoiec15415_decode_algorithm', 'quality_isoiec15415_reflectance_reference', 'quality_isoiec15415_smallest_module_size', 'decoding_scheme', 'symbol_type', 'max_allowed_error_correction'}

▷ **`GenParamValue`** (output_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Parameter.

Ergebnis

`get_data_code_2d_param` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

query_data_code_2d_params, set_data_code_2d_param, find_data_code_2d

Nachfolger

find_data_code_2d, write_data_code_2d_model

Alternativen

write_data_code_2d_model

Siehe auch

query_data_code_2d_params, set_data_code_2d_param, get_data_code_2d_results, get_data_code_2d_objects, find_data_code_2d

Modul

Data Code

get_data_code_2d_results (: : DataCodeHandle, CandidateHandle, ResultNames : ResultValues)

Abfrage von alphanumerischen Ergebnissen, die bei der Suche nach 2D-Datacode-Symbolen angefallen sind.

Der Operator get_data_code_2d_results erlaubt den Zugriff auf verschiedene alphanumerische Ergebnisse, die während der Suche nach 2D-Datacodes oder beim Lesen der gefundenen Symbole anfallen und so die Ergebnisobjekte – das sind alle untersuchten Kandidaten, unabhängig davon, ob sie gelesen werden konnten oder nicht – genauer beschreiben. Die Ergebnisse beziehen sich dementsprechend meist nicht auf die höchste Auflösung des Symbols, sondern hängen von der Pyramidenstufe ab, in der der Leseprozess abgebrochen wird. Für den Zugriff auf die Ergebnisse muss neben dem Namen des gewünschten Ergebnisses (ResultNames) auch das zugrundeliegende 2D-Datacode-Modell (DataCodeHandle) sowie bei den Ergebnissen, die sich auf einen konkreten Symbolkandidaten beziehen, ein entsprechendes Handle (CandidateHandle) angegeben werden.

Das Konzept des 2D-Datacode-Lesers ist bei der Einleitung zu Kapitel Identifizierung / Datacode beschrieben.

Für den Fall, dass *'discard_undecoded_candidates'* in set_data_code_2d_param auf *'yes'* gesetzt wurde, können Ergebnisse nur zu erfolgreich dekodierten Kandidaten abgefragt werden.

Die meisten der Ergebnisse enthalten genau einen Wert. Diese Ergebnisse können für einen konkreten Kandidaten-Handle in einem Aufruf gemeinsam abgefragt werden. Die Werte des Ergebnistupels ResultValues korrespondieren in diesem Fall mit den entsprechenden Parametern in der Eingangsliste ResultNames. Alternativ dazu kann, wenn diese Ergebnisse einzeln abgefragt werden sollen, statt eines konkreten Kandidaten-Handles auch ein String, der eine Gruppe von Kandidaten beschreibt, angegeben werden, wodurch der entsprechende Wert für alle Kandidaten dieser Gruppe gemeinsam zurückgegeben wird.

Des Weiteren gibt es Ergebnisse, die nicht nur einen einzelnen Wert enthalten, sondern ein Wertetupel (z.B. *'bin_module_data'*). Diese Ergebnisse müssen stets exklusiv für genau einen Kandidaten abgefragt werden, und die Anfrage kann auch nicht mit anderen Ergebnissen in einem Aufruf kombiniert werden.

Schließlich stehen noch eine Reihe an Information bereit, die sich nicht auf einen konkreten Kandidaten sondern auf die Suche im Allgemeinen beziehen. Für sie wird statt eines Kandidaten-Handles der String *'general'* übergeben.

Es ist zu beachten, dass die Symbolstruktur von GS1 DataMatrix, GS1 QR Code, GS1 Aztec Code und GS1 DotCode mit der Struktur von ECC 200, QR Code, Aztec Code, bzw. DotCode identisch ist. Deswegen können alle Ergebnisse welche typspezifisch für Data Matrix ECC 200, QR Code, Aztec Code oder DotCode sind, auch für ihre entsprechende GS1-Variante abgefragt werden. Im Folgenden wird das ausführliche Auflisten typspezifischer Ergebnisse einzelner GS1-Typen ausgelassen, um die Lesbarkeit der Dokumentation zu erleichtern. Stattdessen können die relevante Ergebnisnamen eines GS1-Datacodetyps entweder von den Ergebnisnamen von dessen nicht-GS1-Variante hergeleitet werden oder explizit durch query_data_code_2d_params mit dem Parameter *'get_result_params'* abgefragt werden.

Gruppen von Kandidaten

Die folgenden Gruppen von Kandidaten sind vordefiniert und können anstelle eines einzelnen Handles an CandidateHandle übergeben werden:

'general': Dieser CandidateHandle-Wert wird für Parameter verwendet, die sich auf keinen konkreten Kandidaten sondern auf den letzten find_data_code_2d-Aufruf im Allgemeinen beziehen.

'all_candidates': Alle Ergebniskandidaten (einschließlich der erfolgreich dekodierten Symbole), die während des letzten Aufrufs von find_data_code_2d untersucht wurden.

'all_results': Alle Symbole, die während des letzten Aufrufs von find_data_code_2d erfolgreich dekodiert wurden.

'all_undecoded': All jene Kandidaten des letzten find_data_code_2d-Aufrufs, die als Symbol erkannt aber nicht dekodiert werden konnten. Bei diesen Kandidaten hat die Fehlerkorrektur zu viele Fehler entdeckt. Oder aber das Symbol enthält inkonsistente Daten, sodass beim Dekodieren der bereits fehlerkorrigierten Daten ein Fehler auftrat.

'all_aborted': All jene Kandidaten des letzten find_data_code_2d-Aufrufs, bei denen die Identifizierung als gültiges 2D-Datacode-Symbol gescheitert ist und die Suche vorzeitig abgebrochen wurde.

Unterstützte Ergebnisse

Zur Zeit wird über ResultNames der Zugriff auf folgende Ergebnisse unterstützt, die in ResultValues zurückgeliefert werden:

Allgemeine, kandidatenunabhängige Ergebnisse (Alle 2D-Datacode-Modelle) – *'general'*:

- Alle 2D-Datacode-Modelle:

  'min_search_level': Unterste Pyramidenstufe, in der nach Symbolen gesucht wird. Hierbei entspricht das Originalbild der Pyramidenstufe 0.

  'max_search_level': Oberste Pyramidenstufe, in der nach Symbolen gesucht wird. Hierbei entspricht das Originalbild der Pyramidenstufe 0.

  'result_num': Anzahl der erfolgreich dekodierten Symbole insgesamt.

  'candidate_num': Anzahl der bearbeiteten Kandidaten insgesamt.

  'undecoded_num': Anzahl der Kandidaten, die als Symbol identifiziert, jedoch nicht gelesen werden konnten.

  'aborted_num': Anzahl der Kandidaten, bei denen die Bearbeitung vorzeitig abgebrochen wurde, da sie nicht als ein gültiger 2D-Datacode identifiziert werden konnten.

  'aborted': Gibt zurück, ob find_data_code_2d im vorangegangenen Durchlauf vorzeitig abgebrochen wurde. Dies kann durch Setzen eines Timeouts (*'timeout'* in set_data_code_2d_param oder durch einen manuellen Abbruch (siehe *'abort'* in set_data_code_2d_param) verursacht worden.

Value	Description
0	find_data_code_2d wurde vollständig abgeschlossen
1	find_data_code_2d wurde durch ein Timeout abgebrochen
2	find_data_code_2d wurde durch set_data_code_2d_param mit *'abort'* abgebrochen

- Data Matrix ECC 200, Aztec Code, QR Code und Micro QR Code:

  'quality_isoiec29158_labels': Gibt die Namen der Elemente des Qualitätsgradtupels, das von get_data_code_2d_results mit dem Parameter *'quality_isoiec29158'* ausgegeben wird, zurück.

- Data Matrix ECC 200, Aztec Code, QR Code, Micro QR Code und PDF417:

  'pass_num': Gesamtzahl der absolvierten Such-Durchläufe, siehe auch find_data_code_2d (Übersicht über die Funktionsweise der Symbolsuche).

  'quality_isoiec15415_labels': Gibt die Namen der Elemente des Qualitätsgradtupels, das von get_data_code_2d_results mit Parameter *'quality_isoiec15415'* ausgegeben wird, zurück. Die Namen der Qualitätselemente unterscheiden sich je nach Datacodemodell.

- Data Matrix ECC 200:

  'quality_semi_t10_labels': Gibt die Namen der Elemente des Qualitätstupels, das von get_data_code_2d_results mit Parameter *'quality_semi_t10_values'* ausgegeben wird, zurück.

Ergebnisse, die sich auf einen konkreten Kandidaten beziehen - Einzelwert Ergebnisse:

Ergebnisse, die genau **einen Wert** beinhalten und somit sowohl für **einzelne Kandidaten** als auch für **Gruppen von Kandidaten** abgefragt werden können. Bei diesen Ergebnissen ist zu beachten, dass für Kandidaten, deren Bearbeitung vorzeitig abgebrochen wurde (vgl. Bearbeitungsstatus *'status'*), nicht alle Ergebnisse sinnvolle Werte liefern:

- Alle 2D-Datacode-Modelle:

  'handle': Kandidaten-Handle. Dieser Aufruf dient in erster Linie dazu, sich die Handles aller Kandidaten einer der oben beschriebenen Gruppen geben zu lassen.

  'status': Der Bearbeitungsstatus zeigt für den Kandidaten an, ob die Dekodierung erfolgreich war oder warum die Bearbeitung abgebrochen wurde.

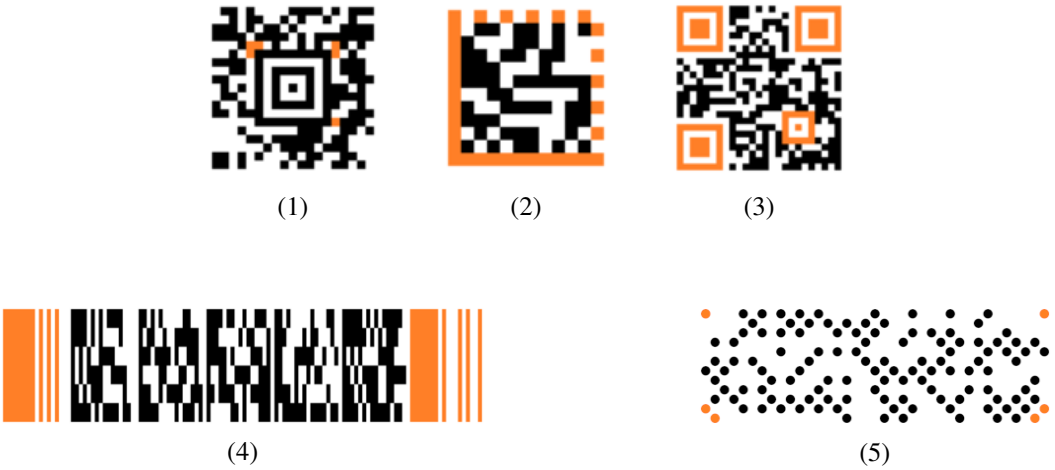
  'search_level': Pyramidenstufe, in der der Kandidat mit Hilfe des Finder-Patterns gefunden wurde.

  'process_level': Pyramidenstufe, in der die weitere Bearbeitung des Kandidaten erfolgte.

  'polarity': Polarität des Symbols. Das ist die Annahme darüber, ob das Symbol im Bild heller oder dunkler als der Hintergrund erscheint.

  'mirrored': Angabe, ob ein erfolgreich dekodiertes Symbol gespiegelt ist oder nicht. Für ECC 200, PDF417, QR und Micro QR Codes wird *'no'* oder *'yes'* zurückgegeben. Für Aztec Codes wird *'false'* oder *'true'* zurückgegeben. Bei Kandidaten, die nicht gelesen werden konnten, wird hier die vom Modell vorgegebene Annahme über eine mögliche Spiegelung zurückgegeben.

  'orientation': Ausrichtung eines erfolgreich dekodierten Symbols. Die Null-Grad-Ausrichtung ist in der Abbildung unten dargestellt. Der Winkel ist positiv bei Drehung nach links und hat die Einheit Grad. Er kann im Wertebereich von [-180.0 .. 180.0] Grad liegen.



  Ausrichtung bei 0° eines Aztec Code-Symbols (1), ECC200-Symbols (2), QR Code-Symbols (3), PDF417-Symbols (4) und DotCode-Symbols (5). Die Finder-Patterns bzw. charakteristische Punkte, die die Ausrichtung erkennbar machen, sind in den Abbildungen hervorgehoben.

  'symbol_rows', *'symbol_cols'*: Bei ECC 200, QR Code, Micro QR Code und Aztec Code:
  Ermittelte Symbolgröße in Modulen: Anzahl der Zeilen bzw. der Spalten einschließlich des Finder-Patterns; Bei PDF417: Ermittelte Anzahl der Zeilen und Datenspalten (je 17 Module) im Symbol. Weder die Start/Stopp-Patterns noch die Row-Indicators werden dabei mitgezählt.

  'module_height', *'module_width'*: Größe der Module in Pixel in Richtung der Symbolzeilen bzw. Symbolspalten.

  'decoded_string': Im Symbol kodierter String – die Abfrage ist nur für erfolgreich dekodierte Kandidaten sinnvoll und liefert das gleiche Ergebnis wie `find_data_code_2d`.

  'decoding_error': Dekodierungsfehler – bei erfolgreich dekodierten Symbolen steht hier die Anzahl der von der Fehlerkorrektur gefundenen und korrigierten Fehler, d.h. der Codewörter, bei deren Lesen zunächst Probleme auftraten. Für den PDF417 beinhaltet dieser Wert auch Auslöschungen (Erasures), d.h. Fehler deren Position bekannt ist. Für Symbole, bei denen die Fehlerkorrektur scheiterte, steht hier ein negativer Fehlercode.

- Data Matrix ECC 200, Aztec Code, QR Code, Micro QR Code und DotCode:

'module_gap': Die dem Durchlauf, in dem der Kandidat gefunden wurde, zugrundeliegende Annahme über die Größe der Lücke zwischen benachbarten Modulen.

- Data Matrix ECC 200, Aztec Code, QR Code, Micro QR Code und PDF417:

  'pass': Nummer des Durchlaufs, in dem der Kandidat gefunden und bearbeitet wurde, siehe auch `find_data_code_2d` (Übersicht über die Funktionsweise der Symbolsuche).

  'small_modules_robustness': Robustheit der Dekodierung gegenüber Datacodes mit sehr kleiner Modulgröße. Für *'low'* wurde der Datacode mit einem Verfahren dekodiert, das nur eine geringe Robustheit gegenüber sehr kleinen Modulgrößen aufweist. Für *'high'* wurde der Datacode mit einem Verfahren dekodiert, das diesbezüglich eine hohe Robustheit aufweist.

  'contrast': Schätzung des Kontrastes innerhalb des Symbols. Dieser Wert basiert auf den Gradienten der Kanten zwischen Finder-Pattern und Hintergrund.

- Data Matrix ECC 200, Micro QR Code und QR Code:

  'contrast_tolerance': Dieser Parameter gibt Auskunft darüber, welcher Algorithmus zur Korrektur lokaler Kontrastvariationen verwendet wurde. Für *'high'* wurde das Symbol mit einem Algorithmus gefunden, der auch starke lokale Kontrastvariationen korrigieren kann. Für *'low'* wurde das Symbol mit dem schnelleren Algorithmus gefunden, der allerdings etwas weniger robust im Fall lokaler Kontrastvariationen ist.

- Data Matrix ECC 200, Aztec Code, QR Code, PDF417 und DotCode:

  'symbology_ident': Der *Symbology Identifier* wird verwendet um anzuzeigen, dass der Datacode das FNC1- und/oder ECI-Zeichen enthält.
  Das Zeichen FNC1 (*Function 1 Character*) wird verwendet, wenn die Daten in dem Symbol entsprechend spezieller vordefinierter Industrie- oder Anwendungsnormen formatiert sind.
  Das ECI-Protokoll (*Extended Channel Interpretation*) wird im Zusammenhang mit einem 6-stelligen Code verwendet, wenn die nachfolgenden Zeichen entsprechend spezieller Codetabellen, beispielsweise mit einem bestimmten internationalen Zeichensatz, zu interpretieren sind. Im Ausgabestrom werden sie als *'\nnnnnn'* kodiert. Enthält das Symbol ein oder mehrere ECI-Codes, werden alle Backslashs ('\', ASCII-Code 92), die im normalen Datenstrom auftreten, verdoppelt
  Als Identifier wird hier nur der eigentliche Wert *m* ($m \in [0,6]$ (QR Code), $m \in [0,12]$ (Data Matrix ECC 200 und Aztec Code), $m \in [0,2]$ (PDF417) bzw. $m \in [0,5]$ (DotCode)) entsprechend der Spezifikationen für Data Matrix, QR Codes, Aztec Codes, PDF417 und DotCode zurückgeliefert. Falls erforderlich muss der *Symbology Identifier*, der aus dem Präfix und dem Wert *m* zusammengesetzt wird, manuell dem dekodierten String vorangesetzt werden (normalerweise aber nur falls $m > 1$). (Für Data Matrix ECC 200 und Aztec Code Symbole, müssen die Werte 10, 11 und 12 in A, B und C umgewandelt werden)
  Zu erkennen sind Symbole mit ECI-Codes (und damit verdoppelten Backslashs) an den folgenden Werten: ECC 200: 4, 5, 6, 10, 11 und 12, QR Code: 2, 4 und 6, Aztec Code: 3, 4, 5, 9, 10 und 11, PDF417: 1, DotCode: 3, 4 und 5. Auf den Identifier-Präfix ']d' für Data Matrix bzw. ']Q' für QR Code bzw. ']z' für Aztec Code bzw. ']L' für PDF417 bzw. ']J ' für DotCode wird an dieser Stelle verzichtet. Gegebenenfalls muss der *Symbology Identifier* bestehend aus dem Präfix und Wert *m* dem eigentlichen Ausgabedatenstrom in der Anwendung manuell vorangestellt werden.
  GS1 Symbologien haben die folgenden Identifier: ']d2' für GS1 DataMatrix, ']Q3' für GS1 QR Code , ']z1' für GS1 Aztec Code und ']J1' für GS1 DotCode. Dementsprechend liefert *'symbology_ident'* die Werte 2, 3, bzw. 1 zurück.

- Data Matrix ECC 200 und DotCode:

  'reader_programming': Enthält das Symbol ein Reader Programming Zeichen (welches signalisiert, dass dieses Symbol eine Nachricht enthält um das Lesesystem zu programmieren) gib dieser Parameter *'yes'* zurück. Andernfalls gibt dieser Parameter *'no'* zurück. Das Reader-Programming-Zeichen ist nicht Bestandteil der dekodierten Nachricht.

- Data Matrix ECC 200:

  'slant': Slant innerhalb des Data Matrix-Symbols im Bogenmaß. Das ist die Differenz zwischen dem Winkel des Finder-Patterns und dem rechten Winkel.

'finder_pattern_tolerance': Algorithmus, mit dem das Symbol gefunden wurde. Für *'low'* wurde das Symbol mit dem Algorithmus gefunden, der nur eine geringe Toleranz gegenüber einem gestörten oder teilweise fehlenden Finder-Pattern aufweist. Für *'high'* wurde das Symbol mit dem Algorithmus gefunden, der diesbezüglich eine hohe Toleranz aufweist. Zu Beachten ist, dass es bei der Verwendung beider Algorithmen vorkommen kann, dass auch Symbole mit ungestörtem Finder-Pattern vom Algorithmus mit hoher Toleranz gefunden werden.

'alternating_pattern_tolerance': Dieser Parameter gibt Auskunft über den Algorithmus, der zur Erkennung und Analyse der beiden Seiten des alternierenden Finder-Patterns verwendet wurde. Auf der Grundlage dieser Analyse wird der zugehörige Symboltyp abgeleitet und das Gitter für die Modulklassifizierung erstellt. Für *'low'* wurde die Analyse mit einer geringen Toleranz gegenüber Variationen in den Modulbreiten durchgeführt. *'medium'* signalisiert bei einer erfolgreichen Dekodierung, dass die Akzeptanz größerer Variationen in Bezug auf die Modulbreiten entlang der alternierenden Seiten notwendig war. *'high'* schließlich bedeutet, dass nicht nur eine größere Variation akzeptiert werden muss, sondern zusätzlich der Parameterraum für die Symbolaußengrenzen erweitert oder die Beziehung zwischen der Anzahl der Kanten und dem Symboltyp aufgeweicht werden musste. Darüber hinaus signalisiert *'undefined'*, dass der Kandidat entweder die Analyse des alternierenden Musters nicht erreicht hat oder Teil des Suchdurchlaufs war, dem *'finder_pattern_tolerance'* gleich *'high'* zugrunde liegt. Im letzteren Fall hat der Parameter *'alternating_pattern_tolerance'* keinen Einfluss auf das Ergebnis.

'module_grid': Konnte das Symbol gelesen werden, gibt dieser Parameter Auskunft darüber, ob bei der Bestimmung der Modulpositionen ein variables Gitter verwendet wurde (*'variable'*) oder nicht (*'fixed'*). Anderenfalls wird entweder die beim letzten Dekodierversuch verwendete Methode oder, falls der Kandidat bereits vor dem Dekodieren verworfen wurde, die Vorgabe aus dem Modell zurückgeliefert.

- QR Code:

  'version': Die mit der Symbolgröße korrespondierende Versionsnummer (Version 1 = 21 × 21, Version 2 = 25 × 25, ..., Version 40 = 177 × 177).

  'symbol_size': Ermittelte Symbolgröße in Modulen.

  'model_type': Typ des QR Code-Modells. Unterstützt werden das ältere QR Code-Modell 1 und das neue Modell 2.

  'error_correction_level': Für Kandidaten, die als QR Code identifiziert werden konnten, wird als erstes versucht, die im Symbol kodierten Formatinformationen zu lesen. Diese enthalten unter anderem den Grad der Fehlerkorrektur, der bei der Kodierung verwendet wurde (*'error_correction_level'* ∈ *'L'* (Low), *'M'* (Medium), *'Q'* (Quartile), *'H'* (High)]).

  'mask_pattern_ref': Außerdem enthalten die Formatinformationen den Code des Maskierungsmusters, das über die eigentlichen Symboldaten gelegt wurde (0 ≤ *'mask_pattern_ref'* ≤ 3).

  'deformation_tolerance': Konnte das Symbol gelesen werden, gibt dieser Parameter Auskunft darüber, ob bei der Dekodierung Deformation kompensiert wurde: Falls der Kandidat im Originalbild dekodiert wurde, so wird *'low'* zurückgegeben. Falls der Kandidat in einem rektifizierten Bild gelesen wurde, wird *'curved'* zurückgegeben.

  'deformation_objects': Falls ein rektifiziertes Bild während der Verarbeitung dieses Kandidaten erstellt wurde, so können über diesen Parameter zusätzliche Objekte abgefragt werden. Der Rückgabewert ist ein Dictionary, welches das rektifizierte Bild und die dazugehörigen Modulregionen enthält. Diese Objekte können nur dann abgefragt werden, wenn der Modellparameter *'persistence'* auf den Wert *1* (siehe `set_data_code_2d_param`) gesetzt wurde, bevor `find_data_code_2d` aufgerufen wurde.

- Micro QR Codes:

  'version': Die mit der Symbolgröße korrespondierende Versionsnummer (version M1 = 11 × 11, version M2 = 13 × 13, version M3 = 15 × 15, version M4 = 17 × 17).

  'symbol_size': Ermittelte Symbolgröße in Modulen.

  'error_correction_level': Für Kandidaten, die als Micro QR Code identifiziert werden konnten, wird als erstes versucht, die im Symbol kodierten Formatinformationen zu lesen. Diese enthalten unter anderem den Grad der Fehlerkorrektur, der bei der Kodierung verwendet wurde (*'error_correction_level'* ∈ [*'N'* (None), *'L'* (Low), *'M'* (Medium), *'Q'* (Quartile)]).

  'mask_pattern_ref': Außerdem enthalten die Formatinformationen den Code des Maskierungsmusters, das über die eigentlichen Symboldaten gelegt wurde (0 ≤ *'mask_pattern_ref'* ≤ 3).

- PDF417:

'module_aspect': Seitenverhältnis der Module; dies entspricht dem Verhältnis von *'module_height'* zu *'module_width'*.

'error_correction_level': Für Kandidaten, die als PDF417 identifiziert werden konnten, wird als erstes versucht, die im Symbol kodierten Formatinformationen in den Row-Indicators zu lesen. Diese enthalten auch den Grad der Fehlerkorrektur, der bei der Kodierung verwendet wurde (*'error_correction_level'* $\in$ [*0*, *8*]).

'macro_exist': Symbole, die Bestandteil einer Gruppe von zusammengehörigen Symbolen sind, werden als *„Macro PDF417“* Symbole bezeichnet. Diese Symbole enthalten neben den herkömmlichen Daten einen Steuerblock, in dem weitere Informationen gespeichert sind. Für Macro-Symbole liefert *'macro_exist'* den Wert *1*, für herkömmliche Symbole den Wert *0* zurück.

'macro_segment_index': Liefert den Index des Symbols in der Gruppe. Diese Information ist für Macro-Symbole obligatorisch.

'macro_file_id': Liefert den Gruppenidentifikator in Form eines Strings. Diese Information ist für Macro-Symbole obligatorisch.

'macro_segment_count': Liefert die Anzahl zusammengehöriger Symbole. Diese Information ist für Macro-Symbole optional.

'macro_time_stamp': Liefert den Zeitstempel der Quelldatei als Anzahl der seit 1970:01:01:00:00:00 GMT vergangener Sekunden in Form eines Strings. Diese Information ist für Macro-Symbole optional.

'macro_checksum': Liefert die CRC-Checksumme für die gesamte Quelldatei unter Verwendung des CCITT-16 Polynoms. Diese Information ist für Macro-Symbole optional.

'macro_last_symbol': Liefert *1*, falls das Symbol das letzte innerhalb der Gruppe zusammengehöriger Symbole ist, ansonsten *0*. Diese Information ist für Macro-Symbole optional.

- Aztec Codes:

  'format': Format des dekodierten Symbols: *'compact'*, *'full_range'* oder *'rune'*.

  'symbol_size': Größe des Symbols in Modulen.

  'layer_num': In der Mode Message kodierte Anzahl der Layer.

  'codeword_num': In der Mode Message kodierte Anzahl Codewörter.

Ergebnisse, die sich auf einen konkreten Kandidaten beziehen - Tupelwert Ergebnisse:

Ergebnisse, die sich aus **mehreren Werten** zusammensetzen und daher immer nur einzeln und für genau **einen Kandidaten** abgefragt werden können. Bei diesen Ergebnissen ist zu beachten, dass für Kandidaten, deren Bearbeitung vorzeitig abgebrochen wurde (vgl. Bearbeitungsstatus *'status'*), nicht alle Ergebnisse sinnvolle Werte liefern:

- Alle 2D-Datacode-Modelle:

  'bin_module_data': Binäre Symboldaten, die den Klassifizierungsergebnissen der einzelnen Module entsprechen – ein Wert von 0 bedeutet, dass das entsprechende Modul als Hintergrund interpretiert wurde, bei einem Wert von 100 handelt es sich um ein Vordergrundmodul. Werte zwischen 0 und 100 können sowohl als Vorder- als auch als Hintergrund interpretiert werden. Die Modellpersistenz muss für dieses Ergebnis auf den Wert *1* gesetzt sein (siehe `set_data_code_2d_param`). Für DotCodes spielt die Modellpersistenz keine Rolle. Es gilt zu beachten, dass die Reihenfolge der *'bin_module_data'* nicht zwingend mit der Reihenfolge der Module übereinstimmen muss, welche mit *'module_1_rois'* und *'module_0_rois'* über `get_data_code_2d_objects` abrufbar sind. Stattdessen hängt die Reihenfolge für erfolgreich dekodierte Symbole von dem tatsächlichen *'mirrored'* Status des Ergebnisses ab, bzw. für gescheiterte Kandidaten von der *'mirrored'* Einstellung spezifiziert via `set_data_code_2d_param`.

  'raw_coded_data': Unkorrigierte Rohdaten, die über ein 2D-Datacode-Typ spezifisches Mapping aus den binären Moduldaten bestimmt werden. Diese Rohdaten sind möglicherweise noch fehlerbehaftet und enthalten auch die Daten, die für die Fehlerkorrektur verwendet werden.

  'corr_coded_data': Nach Anwendung der Fehlerkorrektur enthalten die Daten nur noch die korrigierten Nutzdaten ohne die Fehlerkorrekturwörter. Die Daten sind aber immer noch entsprechend des verwendeten 2D-Datacode-Typs kodiert.

  'decoded_data': Tupel mit den dekodierten Daten im Latin-1 oder ASCII-Code (siehe auch Tupel / String-Operationen). Zusätzlich können die dekodierten Daten als JIS8 oder Shift JIS Zeichen (für QR Code und Micro QR Code) oder als GB2312 Zeichen (für QR Code) kodiert sein. Diese Daten entsprechen der im Symbol kodierten Zeichenkette. Für den QR Code und Micro QR Code werden Kanji Zeichen von `get_data_code_2d_results` nicht als einzelne (Shift JIS) Codepunkte, sondern als einzelne Bytes zurückgegeben.

- Alle 2D-Datacode-Modelle bis auf DotCode:

  'quality_isoiec15415': Tupel mit der Bewertung der Druckqualität gemäß dem internationalen Standard ISO/IEC 15415:2024. Das erste Element des Tupels enthält immer die Gesamtqualität des Symbols. Die Länge des Tupels und die Bedeutung der restlichen Elemente hängen vom speziellen Typ des Datacodes ab. Gemäß dem Standard werden die einzelnen Grade mit Werten von 0.0 bis 4.0 in Schritten von 0.1 bewertet, wobei 0.0 für den niedrigsten und 4.0 für den höchsten Grad steht. Es ist zu beachten, dass, obwohl sich diese Implementierung an die Teile des Standards hält, die für Software anwendbar sind, die Bewertung der Grade von der vorangegangenen Datacode-Dekodierungsprozedur abhängt. Dadurch können die Bewertungsergebnisse leicht von den Ergebnissen anderer Datacode-Leser (von anderen Anbietern) abweichen. Der Algorithmus, der verwendet wird um das Modulgitter für Data Matrix ECC 200 Codes zu bestimmen, kann in `set_data_code_2d_param` mit *'quality_isoiec15415_decode_algorithm'* gesetzt werden.
  Zur Verwendung dieser Werte ist ein gutes Verständnis der zugrundeliegenden Algorithmen notwendig. Wir empfehlen daher, zusätzlich zu dieser Dokumentation den Standard ISO/IEC 15415:2024 zu lesen.
  Für eine exakte Qualitätsbewertung empfehlen wir Bilder zu verwenden, die frei von Störungen wie Defokussierung, Rauschen, Überbelichtung oder inhomogene Beleuchtung sind. Außerdem ist eine effektive Auflösung von mindestens zehn Pixeln in Höhe und Breite pro Modul empfohlen. Die Qualitätswerte werden nur für Symbole berechnet, deren Symbolregion samt Ruhezone komplett im Bild liegen, ansonsten wird -1.0 als Wert für die Qualitätsnoten zurückgegeben. Für den Referenz-Dekodier-Algorithmus existieren weitere Fälle in denen Qualitätsnoten gleich -1.0 zurückgegeben werden. Es sei auf *'quality_isoiec15415_decode_algorithm'* verwiesen.
  Die Druckqualitätsergebnisse der 2D-Datacodes Data Matrix ECC 200, QR Code, Micro QR Code und Aztec Code beinhalten die folgenden zwölf Einträge: (*Overall symbol grade*, *Symbol contrast*, *Modulation*, *Fixed pattern damage*, *Decode*, *Axial nonuniformity*, *Grid nonuniformity*, *Unused error correction*, *Print growth x*, *Print growth y*, *Contrast uniformity*, *Aperture*). Für QR Code und Micro QR Code wird zusätzlich noch die *Format information* und *Versions information* zurückgegeben.
  Die Definitionen einzelner Grade sind wie folgt:
  - Der Grad *Overall symbol grade* bezeichnet die Gesamtbewertung und ist der Mindestwert aller anderen Grade.
  - Der Grad *Symbol contrast* misst die Unterschiede der Reflexionswerte der hellen und dunklen Bereichen innerhalb des Datacodes. Stärkerer Kontrast ergibt einen besseren Grad.
  - Die *Modulation* bewertet die Amplitude zwischen den Datacodemodulen. Höhere Amplituden bedingen, dass dunkle und helle Module zuverlässiger voneinander unterschieden werden können und dass dieser Grad höher bewertet wird. Außerdem wird die korrekte Klassifikation der Module berücksichtigt. Das bedeutet beispielsweise, dass ein perfektes helles Modul eine schlechte Bewertung erhält, wenn es eigentlich dunkel sein sollte. Darüber hinaus wird auch die Fehlerkorrekturkapazität des Symbols miteinbezogen, d.h. die *Modulation* ist eng verbunden mit der *Unused error correction*.
  - Die *Fixed pattern damage* bezieht sich auf Defekte im Rahmenmuster und den zugehörigen Ruhezonen. Das Rahmenmusters spielt eine zentrale Rolle bei der Erkennung und Dekodierung eines Datacodes. Neben anderen Kriterien basiert die *Fixed pattern damage*-Bewertung auf den Modulationswerten der Module innerhalb des Rahmenmusters, im Gegensatz zur *Modulation*, die ausschließlich die Datenmodule berücksichtigt.
  - Der Grad *Decode* besagt, ob der Code dekodiert werden konnte. Der Wert für *Decode* ist *4.0*, wenn der untersuchte Datacode entsprechend des Referenzdekodieralgorithmus des Standards gelesen werden konnte. Andernfalls ist er *0.0*. Es ist zu beachten, dass HALCONs Dekodieralgorithmus von dem des Referenzdekodieralgorithmus abweicht. So kann es oft sein, dass HALCON ein Symbol lesen kann, obwohl der Wert für *Decode* entsprechend dem Standard *0.0* ist.
  - Die *Axial nonuniformity* beschreibt die Beeinträchtigung des Datacodes durch affine Verzerrungen. Diese können durch schiefe Blickwinkel oder fehlerhafte Herstellung verursacht werden und beeinflussen das ursprüngliche quadratische Design der Module.
  - Der Grad *Grid nonuniformity* wird herabgestuft, wenn der Datacode außer einer affinen Verzerrung auch perspektivischen oder anderen Verzerrungen unterliegt.
  - Der Grad *Unused error correction* beschreibt die ungenutzte Fehlerkorrekturkapazität des untersuchten Symbols. Da Datacodes über eine gewisse Redundanz verfügen, können Fehler in Modulen oder Codewörtern korrigiert werden. In gewisser Hinsicht bezeichnet dieser Grad die Robustheit des Dekodierungsprozesses. Es ist zu beachten, dass manche Codes mit Grad *Unused error correction* von *0.0* trotzdem von `find_data_code_2d` dekodiert werden können. Das liegt daran, dass

find_data_code_2d einen robusteren Dekodierungsalgorithmus implementiert als den Referenzdekodierungsalgorithmus, den der Standard vorschlägt.

- Die *Print growth x* und *Print growth y* geben Aufschluss darüber, ob die grafischen Strukturen aus denen der 2D-Datacode besteht von ihrer nominellen Größe abweichen. Das bedeutet, dass durch die *Print growth x* und *Print growth y* getestet wird, in welchem Maße die dunklen und hellen Module ihre Modulgrenzen in horizontaler (x) und vertikaler (y) Richtung ausfüllen. Falls *Print growth x/y* nicht bestimmt werden kann wird der Wert *0.0* zurückgegeben.
- Die *Contrast uniformity* ist der geringste Zahlenwert für die Modulation im gesamten Code. Dieser Wert ist kein Grad und beeinflusst die Berechnung des *Overall symbol grade* nicht.
- Die *Format information* und *Version information* sind zusätzliche Bewertungsparameter für QR Codes und Micro QR Codes. Sie werden auf eine ähnliche Weise wie die *Fixed pattern damage* bestimmt. Falls der Code keine *Version information* enthält, wird *'N/A'* zurückgegeben.
- Die *Aperture* gibt die Größe der synthetischen Apertur relativ zur Modulgröße des Symbols an. Dieser Wert ist kein Grad und beeinflusst die Berechnung des *Overall symbol grade* nicht. Die Apertur wird verwendet, um das Referenz-Grauwert-Bild für die Qualitätsbewertung zu erzeugen. Sie ist definiert in ISO/IEC 15415:2024, Kapitel 5.6.2.

Für den 2D-Stapelcode PDF417 gilt folgende Spezifikation zur Bewertung der Druckqualität zusammengefasst in einem Tupel mit acht Elementen: (*Overall symbol grade*, *Start/stop pattern*, *Codeword yield*, *Unused error correction*, *Modulation*, *Decodability*, *Defects*, *Aperture*). Der PDF417 Datacode ist ein Stapelcode, der von laserbasierten Lesegeräten gelesen werden kann. Dementsprechend basiert das Verfahren für Druckqualitätsbewertung auf dem Verfahren für lineare Barcodes: Eine Reihe von Scanlinien wird über das Symbol gleichmäßig verteilt. Dann wird die Reflexionsqualität einzelner Scanlinien bewertet und zum Schluss in die obigen Grade aufsummiert. Mehr Informationen über die Reflexionsgrade sind im Standard ISO/IEC 15416:2016 zu finden. Die Definitionen einzelner Grade sind wie folgt:

- Der Grad *Overall symbol grade* bezeichnet die Gesamtbewertung und ist der Mindestwert aller anderen Grade.
- Der Grad *Start/stop pattern* bezieht sich auf die Start- und Stoppmuster. Der Grad bewertet ihre Reflexionseigenschaften und ob die Sequenzen von Strichen und Lücken korrekt sind.
- Der Grad *Codeword yield* berechnet den relativen Anteil der richtig dekodierten Codewörter, die unter den Scans liegen.
- Der Grad *Unused error correction* bestimmt die ungenutzte Fehlerkorrekturkapazität des behandelten Symbols.
- Der Grad *Modulation* bezeichnet, ähnlich wie bei den Matrixdatacodes, die Amplitude zwischen den Symbolmodulen.
- Der Grad *Decodability* misst die Abweichung der Modulbreiten von ihren im Symbologiestandard vorgegebenen Werten.
- Der Grad *Defects* misst Unregelmäßigkeiten im Scanprofil innerhalb einzelner Symbolmodule, deren Vorhandensein mit niedrigerem Grad berechnet wird.
- Die *Aperture* gibt, wie bei den Matrixdatacodes, die Größe der synthetischen Apertur relativ zur Modulgröße des Symbols an.

Für die Berechnung der Qualitätsmerkmale von QR Code, Micro QR Code, PDF417 und Aztec Code Symbolen ist Voraussetzung, dass der Parameter *'persistence'* (siehe set_data_code_2d_param) auf einen Wert größer gleich *0* gesetzt ist. Für Data Matrix ECC 200 Symbole können die Qualitätsmerkmale auch mit *'persistence'* gleich *-1* bestimmt werden.

'quality_isoiec15415_values': Tupel aus Rohmesswerten für alle Grade, die direkt messbar sind. Das sind jene Grade, deren Definition im Standard ISO/IEC 15415:2024 einer direkten Ableitung der Geometrie- oder Reflexionseigenschaften des abgebildeten Symbols entsprechen, oder Grade, welche das Ergebnis eines direkten Zählens sind.

Die Elemente des Tupels werden in derselben Reihenfolge zurückgegeben wie die Elemente einer entsprechenden *'quality_isoiec15415'*-Abfrage. Für alle Grade, welche von dieser Liste ausgeschlossen sind, liefert die *'quality_isoiec15415_values'*-Abfrage den Wert *'N/A'* zurück. Für die 2D-Datacodes Data Matrix ECC 200, QR Code, Micro QR Code und Aztec Code sind die Grade *Overall symbol grade*, *Modulation*, *Fixed pattern damage* und *Decode* ausgeschlossen. Für den 2D-Stapelcode *PDF417* sind die Grade *Overall symbol grade*, *Start/stop pattern*, *Modulation*, *Decodability* und *Defects* ausgeschlossen.

Obwohl die Grade *Modulation* (für Data Matrix ECC 200, QR Code, Micro QR Code und Aztec Code) und *Modulation*, *Decodability*, *Defects* (für *PDF417*) grundsätzlich die Reflexionseigenschaften des

Symbols bewerten, werden sie in den nach dem Standard vorgeschriebenen Berechnungen durch ein komplexes Schema berechnet, welches die Dekodierungsroutine und den Fehlerkorrekturmechanismus der Symbologie einbezieht. Zur Folge haben diese Grade keine direkten darunterliegenden Rohmesswerte, die berichtet werden können.
Alle Werte bis auf die *Print growth x* und *Print growth y* sind zwischen *0.0* und *1.0* normalisiert. Somit entspricht z.B. ein Wert von *0.75* für den Grad *Symbol contrast* einem Grauwert von *191.25* (falls *'quality_isoiec15415_reflectance_reference'* gleich *255* ist, siehe `set_data_code_2d_param`). Für *Print growth x* und *Print growth y* können Werte zwischen *-1.0* und *1.0* erreicht werden. Ein negativer Wert entspricht dabei einem *print loss*, während bei positiven Werten eine *print growth* vorliegt. Falls *Print growth x/y* nicht berechnet werden konnte, wird der Wert auf *'N/A'* gesetzt.
Für die Berechnung der Qualitätsmerkmale von QR Code, Micro QR Code, PDF417 und Aztec Code Symbolen ist Voraussetzung, dass der Parameter *'persistence'* (siehe `set_data_code_2d_param`) auf einen Wert größer gleich *0* gesetzt ist. Für Data Matrix ECC 200 Symbole können die Qualitätsmerkmale auch mit *'persistence'* gleich *-1* bestimmt werden.

- Data Matrix ECC 200, Aztec Code, QR Code und Micro QR Code:

  'quality_isoiec15415_intermediate': Tupel mit Zwischenergebnissen der Qualitätsbewertung nach dem internationalen Standard ISO/IEC 15415:2024. Zur Verwendung dieser Werte ist ein gutes Verständnis der zugrundeliegenden Algorithmen notwendig. Wir empfehlen daher dringend, zusätzlich zu dieser Dokumentation den Standard ISO/IEC 15415:2024 und die Codetyp-spezifischen Standards zu lesen. Die Namen der verfügbaren Zwischenergebnisse können mit *'quality_isoiec15415_intermediate_labels'* abgefragt werden.
  Die Bedeutung der einzelnen Grade (*'quality_isoiec15415_intermediate'*) und Werte (*'quality_isoiec15415_intermediate_values'*) werden im folgenden beschrieben. Sie entsprechen jeweils dem minimalen Grad und Wert des inspizierten Codes.
  - *'Symbol threshold'*: Schwellenwert zur Unterscheidung von hellen und dunklen Bereichen im Symbol (siehe Anhang A, ISO/IEC 15415:2024). Zu diesem Wert gibt es keinen entsprechenden Grad.
  - *'Rmin'* und *'Rmax'*: Die durchschnittlichen Grauwerte der dunkelsten und hellsten 1% der Pixel in der Bewertungsregion des Symbols (siehe Kapitel 7.5.3, ISO/IEC 15415:2024). Zu diesen Werten gibt es keine entsprechenden Grade.

  Für Data Matrix ECC 200 werden folgende zusätzliche Zwischenergebnisse zurückgegeben:
  - *'L1'* und *'L2'*: Grade der vertikalen und horizontalen Teile des äußeren L des Rahmenmusters (siehe Kapitel G.3.2, ISO/IEC 16022:2024). Die entsprechende Anzahl an fehlerhaften Modulen wird als Wert zurückgegeben.
  - *'QZL1'* und *'QZL2'*: Grade der vertikalen und horizontalen Teile der L1 und L2 benachbarten Ruhezonen (siehe Kapitel G.3.2, ISO/IEC 16022:2024). Die entsprechende Anzahl an fehlerhaften Modulen wird als Wert zurückgegeben.
  - *'Transition ratio'*: Grad für den „transition ratio test“ (Übergangsraten-Test) der in Kapitel G.3.3 a), ISO/IEC 16022:2024, beschrieben ist. Die Übergangsrate TR wird als Werte zurückgegeben. Sie gibt das Verhältnis zwischen der Anzahl von Übergängen auf dem „clock track“ (alternierendes Muster) und der Anzahl von Übergängen in der „solid area“ (Ruhezone oder Teil eines L) an.
  - *'Clock track regularity'*: Grad für die Regelmäßigkeit des alternierenden Musters („clock track regularity test“). Dieser Test ist in Kapitel G.3.3 d), ISO/IEC 16022:2024 beschrieben. Wenn irgendeine Folge von fünf benachbarten Punkten mehr als zwei Modul-Fehler enthält, ist dieser Grad *0.0*, sonst ist er *4.0*. Für diesen Grad gibt es keinen entsprechenden Wert.
  - *'Clock track damage'*: Grad für die Beschädigung des alternierenden Musters („clock track damage“) (siehe Kapitel G.3.3 e), ISO/IEC 16022:2024). Die entsprechende Anzahl an fehlerhaften Modulen wird als Wert zurückgegeben.
  - *'Solid fix pattern'*: Grad für die Beschädigung des zum alternierenden Muster gehörenden Teil der Ruhezone oder eines L („solid fixed pattern“) (siehe Kapitel G.3.3 f), ISO/IEC 16022:2024). Die entsprechende Anzahl an fehlerhaften Modulen wird als Wert zurückgegeben.
  - *'Clock track and adjacent solid pattern'*: Grad für das gesamte alternierende Muster inklusive der dazugehörenden Ruhezonen, sowie der inneren L Muster (siehe Kapitel G.3.3 j), ISO/IEC 16022:2024). Für diesen Grad gibt es keinen entsprechenden Wert.
  - *'Distributed fixed pattern damage grade'*: Durchschnittlicher Grad für das gesamte Rahmenmuster. Dieser Grad basiert auf den Ergebnissen der Bewertungen für L1, L2, QZL1, QZL2, und dem Ergebnis für *'Clock track and adjacent solid pattern'* (siehe Kapitel G.3.4, ISO/IEC 16022:2024). Für diesen Grad gibt es keinen entsprechenden Wert.

Der Grad für *Fixed pattern damage* für das Symbol ist das Minimum der Grade für *'L1'*, *'L2'*, *'QZL1'*, *'QZL2'*, *'Clock track and adjacent solid pattern'* und *'Distributed fixed pattern damage grade'*.

- Data Matrix ECC 200:

'quality_semi_t10_values': Tupel mit der Bewertung der Druckqualität gemäß dem internationalen Standard SEMI T10-0701.
Für eine exakte Qualitätsbewertung empfehlen wir Bilder zu verwenden, die frei von Störungen wie Defokussierung, Rauschen, Überbelichtung oder inhomogene Beleuchtung sind. Außerdem ist eine effektive Auflösung von mindestens zehn Pixeln in Höhe und Breite pro Modul empfohlen. Die Qualitätswerte werden nur für Symbole berechnet, die komplett im Bild liegen, ansonsten wird -1 als Wert für die Qualitätsnoten zurückgegeben.
Das zurückgegebene Wertetupel umfasst die folgenden 21 Werte: [P1 Row, P1 Column, P2 Row, P2 Column, P3 Row, P3 Column, P4 Row, P4 Column, Rows, Columns, Symbol Contrast, Symbol Contrast SNR, Horizontal Mark Growth, Vertical Mark Growth, Data Matrix Cell Width, Data Matrix Cell Height, Horizontal Mark Misplacement, Vertical Mark Misplacement, Cell Defects, Finder Pattern Defects, Unused Error Correction]. Die *Unused Error Correction* wird für jeden Reed-Solomon Block einzeln zurück gegeben. Die tatsächliche Tupellänge hängt somit von der Anzahl der Reed-Solomon Blöcke ab.
Die Definitionen einzelner Werte sind wie folgt: Die ersten acht Einträge enthalten die Koordinaten der vier Eckpunkte des Codes. Diese sind dem Standard entsprechend gegen den Uhrzeigersinn (bei nicht gespiegeltem Code), beginnend beim vertikalen Finder-Pattern, angeordnet. *Rows* und *Columns* geben die Zeilen- und Spaltenanzahl des Codes an.
Der Wert *Symbol Contrast* gibt den prozentualen Kontrast zwischen den als hell bzw. dunkel klassifizierten Pixeln an. *Symbol Contrast SNR* ist das entsprechende Signal-Rausch-Verhältnis. Sollte der Signal-Rausch-Verhältnis einen unendlichen Wert haben, wird *'N/A'* zurückgegeben.
Die Werte für *Horizontal Mark Growth* und *Vertical Mark Growth* stellen die prozentuale Breite bzw. Höhe der markierten Module im Verhältnis zur Summe der Breite bzw. Höhe eines markierten Moduls und eines Zwischenraums dar. Ein Wert von 50% ist optimal. Falls Teile des alternierenden Patterns verdeckt sind, wird *'N/A'* zurückgegeben.
Die Werte für *Data Matrix Cell Width* und *Data Matrix Cell Height* werden aus den vier Eckpunkten und der Anzahl von Spalten bzw. Zeilen des Codes berechnet und geben die durchschnittlichen Modulbreiten bzw. -höhen an.
Die Werte für *Horizontal Mark Misplacement* und *Vertical Mark Misplacement* geben die Abweichungen der Markierungen des alternierenden Patterns von idealen Mittelpunkten in horizontaler und vertikaler Richtung an. Die Werte werden prozentual im Verhältnis zu *Data Matrix Cell Width* und *Data Matrix Cell Height* angegeben. Falls Teile des alternierenden Patterns verdeckt sind, wird *'N/A'* zurückgegeben.
Der Wert für *Cell Defects* gibt den Prozentsatz der Modulpixel an, die falsch klassifiziert wurden.
Der Wert für *Finder Pattern Defects* gibt den Prozentsatz der Findern pattern Pixel an, die nicht als Markierungen klassifiziert werden würden.
Der Wert für *Unused Error Correction* gibt die ungenutzte Fehlerkorrekturkapazität der einzelnen Reed-Solomon Blöcke an.

'quality_semi_t10_labels': Gibt die Namen der Elemente des Qualitätstupels, das von `get_data_code_2d_results` mit Parameter *'quality_semi_t10_values'* ausgegeben wird, zurück. Besitzt der ECC 200 Code mehr als ein Reed-Solomon Block, wird der Namenstupel um diese Werte erweitert.

'quality_isoiec15415_modulation_module_grades': Tupel mit der Modulation-Bewertung der einzelnen Module gemäß dem Standard ISO/IEC 15415:2024 Kapitel 7.5.5.1. Dies beinhaltet die Module des Finder-Patterns und der 4 zum Symbol anliegenden Ruhezonen (2 horizontal und 2 vertikal).
Ist die Symbolgröße $Rows \cdot Columns$, dann ist die Tupellänge $(Rows + 2) \cdot (Columns + 2)$, wegen der 4 Ruhezonen. Das Tupel ist zeilenweise sortiert, wobei die erste Zeile die obere Ruhezone und die letzte die untere Ruhezone ist (oder QZL2 wie in ISO/IEC 16022:2024 Annex G.3.2, Figure G.1 beschrieben).
Die berechneten Modulgrade sind im Intervall von 0.0 bis 4.0. Für unbenutzte Daten-Module wird kein Grad berechnet. In diesem Fall ist der entsprechende Tupelwert -1.0.

'quality_isoiec15415_rows': Tupel mit der Zeilenposition der Symbol-Module, für die die Modulgrade mit dem Parameter *'quality_isoiec15415_modulation_module_grades'* berechnet werden.
Das zurückgegebene Tupel hat die gleiche Anzahl und Reihenfolge von Elementen wie das zurückgegebene Tupel für den Parameter *'quality_isoiec15415_modulation_module_grades'*.

'quality_isoiec15415_cols': Tupel mit der Spaltenposition der Symbol-Module, für die die Modulgrade mit dem Parameter *'quality_isoiec15415_modulation_module_grades'* berechnet werden.
Das zurückgegebene Tupel hat die gleiche Anzahl und Reihenfolge von Elementen wie das zurückgegebene Tupel für den Parameter *'quality_isoiec15415_modulation_module_grades'*.

'quality_isoiec29158_modulation_module_grades': Ähnlich wie *'quality_isoiec15415_modulation_module_grades'*. Die Werte werden allerdings nach dem Standard ISO/IEC 29158:2025 berechnet.

'quality_isoiec29158_rows': Ähnlich wie *'quality_isoiec15415_rows'* allerdings bezogen auf *'quality_isoiec29158_modulation_module_grades'*.

'quality_isoiec29158_cols': Ähnlich wie *'quality_isoiec15415_cols'* allerdings bezogen auf *'quality_isoiec29158_modulation_module_grades'*.

- Data Matrix ECC 200, Aztec Code, QR Code und Micro QR Code:

  'quality_isoiec29158': Tupel mit der Bewertung der Druckqualität gemäß dem internationalen Standard ISO/IEC 29158:2025. ISO/IEC 29158:2025 ist eine Erweiterung des Standards ISO/IEC 15415:2024, welcher die Druckqualitätsbewertung speziell für sogenannte *direct part marking (DPM)* Symbole beschreibt.
  Zur Verwendung dieser Werte ist ein gutes Verständnis der zugrundeliegenden Algorithmen notwendig. Wir empfehlen daher, zusätzlich zu dieser Dokumentation die Standards ISO/IEC 29158:2025 und ISO/IEC 15415:2024 zu lesen.
  Es ist sehr wichtig zu wissen, dass eine ISO/IEC 29158:2025 konforme Druckqualitätsbewertung nur mithilfe eines interaktiven Bildeinzugs durchgeführt wird! Bilder von Datacode Symbolen dürfen nicht berücksichtigt werden, wenn keine Informationen über die Konfiguration der Kamera-Beleuchtung zur Verfügung stehen (siehe den Standard ISO/IEC 29158:2025, Kapitel 6, für einige vorgeschriebene Kamerabeleuchtungskonfigurationen und allgemeine Konfigurationsprinzipien, die für den Standard von Bedeutung sind). Wir weisen darauf hin, dass, obwohl sich diese Implementierung streng an den Standard hält, die Bewertung der Grade von der Datacode Dekodierungsprozedur abhängt. Deswegen ist eine mithilfe dieses Operators erworbene Qualitätsbewertung nur für HALCON's Datacode-Leser maßgeblich.
  Beim Ausführen von `get_data_code_2d_results` mit dem Parameter *'quality_isoiec29158'* wird angenommen, dass das behandelte Bild das unten beschriebenen Kriterium bzgl. *mean light* erfüllt.
  Die Druckqualitätsergebnisse der 2D-Datacodes Data Matrix ECC 200, QR Code, Micro QR Code und Aztec Code beinhalten die folgenden elf Einträge: (*Overall symbol grade*, *Cell contrast*, *Cell modulation*, *Fixed pattern damage*, *Decode*, *Axial nonuniformity*, *Grid nonuniformity*, *Unused error correction*, *Mean light*, *Contrast uniformity*, *Aperture*). Die Elemente haben dieselbe Bedeutung wie im ISO/IEC 15415:2024 Standard. Es gibt nur drei Ausnahmen: *Symbol contrast* und *Modulation* wurden zu *Cell contrast* bzw. *Cell modulation* umbenannt, um auf die Unterschiede zwischen den entsprechenden Formeln beider Standards hinzuweisen. Der Wert *Mean light* ist ISO/IEC 29158:2025 spezifisch und ist dort nicht als Grad definiert. Er ist eine Bewertung der Qualität des behandelten Bildes und wird als Mittelgrauwert der Zentren der hellen Datacodesymbolmodulen definiert. *Mean light* kann einen Wert im Bereich *0.0* bis *1.0* haben, was 0% bis bzw. 100% des maximalen Grauwerts (255 bei Byte Bildern) entspricht. Für *QR Code* und *Micro QR Codes* wird zusätzlich noch die *Format information* und *Version information* zurückgegeben.
  Der Standard ist im wesentlichen die Definition einer Prozedur für die Einstellung der Kameraparameter (der so genannte *camera system response* - SR): *Belichtungszeit*, *Gain*, und/oder andere Einstellungen, die spezifisch für den Kamerabeleuchtungsaufbau des Benutzers sind. Das Ziel ist es, ein Bild des 2D-Datacodesymbols einzuziehen, das optimale Grauwerteigenschaften hat. In Bildverarbeitungskontext, welcher im Mittelpunkt des Standards steht, ist das die Voraussetzung für die erhöhte Vergleichbarkeit der Bewertungsergebnisse unterschiedlicher Verifikatoren. Laut Standard hat ein Bild optimale Grauwerteigenschaften, wenn sein *mean light* bei 78% liegt, wobei eine Toleranz von $\pm 8\%$ erlaubt ist. *Mean light* soll also einen Wert zwischen 70% und 86% annehmen (bzw. *0.70* und *0.86*). Um diese Bedingung für Bilder eines Datacodesymbols mit niedrigem materiellen Kontrast zu erfüllen, kann es häufig zu sehr hohen SR-Werten führen. Deswegen definiert der Standard eine zusätzliche (Kalibrierungs-)Prozedur, deren Aufgabe es ist, den normalen sogenannten *kalibrierten* system response (SRcal) für Vergleichszwecke zu berechnen. Das wird gemacht, indem die Bilder eines Objektes mit bekannten Reflexionseigenschaften (z.B. *NIST traceable calibrated conformance test card*) bewertet werden. SRcal wird anschließend dazu verwendet, den Grad *Minimum reflectance (Rtarget)*, welcher die Reflektanz der hellen Elemente des Symbols in Bezug auf die kalibrierten Reflektanzwerte, zu bestimmen. Eine schlechte SR bzw. SRcal beeinflusst den Gesamtgrad des 2D-Datacodesymbols also negativ. Letztendlich ist das

Bildeinzugskriterium wie folgt formuliert: Das Bewertungsbild muss einen *mean light* Wert im Bereich von 70% bis 86% (*0.70* und *0.86*) haben. Die Kameraparameter, z.B. *Belichtungszeit* oder *Gain*, müssen so lange angepasst werden, bis der *mean light* Wert im erforderlichen Bereich liegt. Das Vorgehen zur Anpassung der Kameraparameter ist in ISO/IEC 29158:2025, Abschnitt 6.5, ausführlich beschrieben.
Da weder die Einstellung der Kameraparameter (SR) noch die Berechnung von Rtarget innerhalb eines HALCON Operators durchgeführt werden kann, ist eine ISO/IEC 29158:2025 konforme Druckqualitätsbewertung nur in einem geeigneten Programmaufbau möglich. Der Benutzer sei auf zwei mitgelieferte Beispielprogramme verwiesen (calibration_isoiec29158.hdev und print_quality_isoiec29158.hdev im Verzeichnis HALCONEXAMPLES/hdevelop/Identification/Data-Code). Dort ist das Bildeinzugskriterium und die Berechnung von *Rtarget* näher erklärt und demonstriert. Jeder, der den ISO/IEC 29158:2025 Standard für den eigenen Kamerabeleuchtungaufbau anpassen will, kann diese Programme als Startpunkt verwenden.
Die *aperture* gibt die Größe der synthetischen Apertur relativ zur Modulgröße des Symbols an. Diese Apertur wird verwendet um das Referenz-Grauwert-Bild für die Qualitätsbewertung zu erzeugen. Sie wird nach dem in ISO/IEC 29158:2025, Abschnitt 7.4.2, beschriebenen Verfahren festgelegt.
Für die Berechnung der Qualitätsmerkmale von QR Code, Micro QR Code und Aztec Code Symbolen ist Voraussetzung, dass der Parameter *'persistence'* (siehe `set_data_code_2d_param`) auf einen Wert größer gleich *0* gesetzt ist. Für Data Matrix ECC 200 Symbole können die Qualitätsmerkmale auch mit *'persistence'* gleich *-1* bestimmt werden.

'quality_isoiec29158_values': Ähnlich wie *'quality_isoiec15415_values'* gibt diese Abfrage einen Tupel aus Rohmesswerten für alle Grade, die direkt messbar sind zurück. Die Werte werden allerdings nach dem Standard ISO/IEC 29158:2025 berechnet. Die Liste der zurückgegebenen sowie der ausgeschlossenen Werte ist dieselbe wie für die *'quality_isoiec15415_values'*-Abfrage. Der ISO/IEC 29158:2025-spezifische Wert *mean light* wird von beiden Abfragen (*'quality_isoiec29158'* und *'quality_isoiec29158_values'*) in demselben Format (zwischen *0.0* und *1.0*) zurückgegeben.
Für die Berechnung der Qualitätsmerkmale von QR Code, Micro QR Code und Aztec Code Symbolen ist Voraussetzung, dass der Parameter *'persistence'* (siehe `set_data_code_2d_param`) auf einen Wert größer gleich *0* gesetzt ist. Für Data Matrix ECC 200 Symbole können die Qualitätsmerkmale auch mit *'persistence'* gleich *-1* bestimmt werden.

'quality_isoiec29158_intermediate': Tupel mit Zwischenergebnissen der Qualitätsbewertung von Data Matrix ECC 200 Codes, QR Codes, Micro QR Codes und Aztec Codes nach dem internationalen Standard ISO/IEC 29158:2025. Zur Verwendung dieser Werte ist ein gutes Verständnis der zugrundeliegenden Algorithmen notwendig. Wir empfehlen daher dringend zusätzlich zu dieser Dokumentation den Standard ISO/IEC 29158:2025 und die Codetyp-spezifischen Standards zu lesen
Die Bedeutung der einzelnen Grade und Werte werden im folgenden beschrieben. Sie entsprechen jeweils dem minimalen Grad (*'quality_isoiec29158_intermediate'*) und Wert (*'quality_isoiec29158_intermediate_values'*) des inspizierten Codes. Die Namen der verfügbaren Zwischenergebnisse können mit *'quality_isoiec29158_intermediate_labels'* abgefragt werden.

- *'T2'*: Schwellenwert aus dem Histogram der Grauwerte des Referenz-Grauwert-Bildes (siehe Anhang A, ISO/IEC 29158:2025).
- *'MD'*: Der zum Schwellenwert T2 gehörende Wert von *mean dark* (siehe Anhang A, ISO/IEC 29158:2025).
- *'MLtarget'*: Der zum Schwellenwert T2 gehörende Wert von *mean light* (siehe Anhang A, ISO/IEC 29158:2025).
- *'Rmax'*: Maximaler Reflexionswert über alle Gitterschnittpunkte in der Symbolregion.

Ähnlich zu *'quality_isoiec15415_intermediate'* werden für Data Matrix ECC 200 Codes zusätzliche Zwischenergebnisse zurückgegeben, siehe *'quality_isoiec15415_intermediate'* für weitere Informationen. Der einzige Unterschied besteht darin, dass sich die Bewertung des Grades *distributed fixed pattern damage* für *'quality_isoiec29158_intermediate'* zusätzlich zu ISO/IEC 16022:2024, Abschnitt G.3.4, auch dem Abschnitt 9.4 des Standards ISO/IEC 29158:2025, folgt.

- Data Matrix ECC 200, QR Code, Aztec Code und DotCode:

  'structured_append': Ist das Symbol Bestandteil einer Gruppe von zusammengehörigen Symbolen (*„Structured Append“*), enthält das Ergebnistupel (1.) den Index des Symbols in der Gruppe, (2.) die Anzahl zusammengehöriger Symbole sowie (3.) eine Zahl als Gruppenidentifikator. Für DotCodes werden nur die ersten beiden zurückgegeben. Für Aztec Codes wird der Gruppenidentifikator als String zurückgegeben. Ist das Symbol kein Bestandteil einer Gruppe von zusammengehörigen Symbolen (*„Structured Append“*) wird für Aztec Codes ein leeres Tupel zurückgegeben. Ein leeres Tupel wird ebenfalls für nicht erfolgreich dekodierte Kandidaten zurückgegeben.

'gs1_lint_passed': Falls das Symbol einen GS1 formatierten String enthält und das Modell erzeugt wurde um GS1 Codes zu lesen, können zusätzliche Tests auf dem String durchgeführt werden. *'gs1_lint_passed'* gibt *'true'* zurück, wenn diese erfolgreich sind. Sonst wird *'false'* zurückgegeben. Es wird überprüft, dass

- ein AI (Application Identifier) nicht mehrmals mit unterschiedlichem Inhalt vorkommt,
- AIs die von anderen AIs benötigt werden, vorhanden sind,
- AIs die von anderen AIs ausgeschlossen werden, nicht vorhanden sind, und dass
- spezielle Formatierungsregeln für AIs berücksichtigt wurden.

'gs1_lint_result': *'gs1_lint_result'* führt die bei *'gs1_lint_passed'* genannten Tests durch und gibt eine Liste von menschenlesbaren Fehlermeldungen zurück falls der Test scheitert. Ansonsten wird *'ok'* zurückgegeben.

- DotCode:

  Mit DotCodes können mehrere getrennte Nachrichten in einem einzigen DotCode Symbol enkodiert werden. Nach AIM International Symbology Specification für DotCode sollen solche getrennten Nachrichten behandelt werden als ob sie von verschiedenen Symbolen kommen. Die folgende Auflistung enthält diejenigen Ergebnisse, welche für jede einzelne der getrennten Nachrichten eines DotCodes dediziert abgefragt werden können. Dabei ist an die entsprechenden Parameternamen das Suffix *'_separated'* angehängt. Sie geben ein Tupel mit den getrennten Ergebnissen für jede einzelne getrennte Nachricht zurück. Wird der Parameter ohne angehängtes *'_separated'* abgefragt, wird nur das Ergebnis der ersten Nachricht zurückgegeben. Achtung: Kann eine der Nachrichten nicht dekodiert werden, werden keine Ergebnisse zurückgeliefert.

  'symbology_ident_separated': Siehe *'symbology_ident'* für Details.

  'decoded_string_separated': Siehe *'decoded_string'* für Details.

  'structured_append_separated': Siehe *'structured_append'* für Details

  'reader_programming_separated': Siehe *'reader_programming'* für Details.

  'decoded_data_separated': Siehe *'decoded_data'* für Details.

  'segment_num': Anzahl an getrennten Nachrichten.

Statusinformation

Anhand der Statusinformation, die für jeden Kandidaten abgefragt werden kann, lässt sich leicht nachvollziehen, an welcher Stelle ein Kandidat verworfen wurde. Die folgende Übersicht enthält die wichtigsten Statusmeldungen in der Reihenfolge, in der sie bei der Bearbeitung auftreten können:

- Data Matrix ECC 200:

  'aborted: too close to image border' Symbol ist zu nahe am Bildrand. Damit das Symbol gelesen werden kann, muss es vollständig im Bild liegen.

  'aborted adjusting: ...' Es ist nicht möglich, die genaue Position des Finder-Patterns in der Verarbeitungsebene zu bestimmen, da kein signifikanter Hell-Dunkel-Übergang gefunden werden kann.

  'aborted finder pattern: ...' Für eine der beiden Seiten des Finder-Patterns kann dessen Breite nicht ermittelt werden, da keine signifikanten Hell-Dunkel-Übergänge gefunden werden können.

  'aborted leg widths: widths of the finder pattern legs differ too much' Die für die beiden Seiten des Finder-Patterns ermittelten Breiten unterscheiden sich zu sehr.

  'aborted alternating side: ...' Bei der Symbolsuche wurden (in einer Richtung) zwar die beiden gegenüberliegenden Seiten des Symbols gefunden, es kann aber nicht bestimmt werden, welches die alternierende Seite des Finder-Patterns ist.

  'aborted border search: ...' Bei der Symbolsuche wurde (in einer Richtung) nur die durchgehende Seite des Finder-Patterns gefunden. Bei der weiteren Verarbeitung war es jedoch nicht möglich, die gegenüberliegende (alternierende) Seite zu finden.

  'aborted symbol: invalid size' Die aus den beiden alternierenden Seiten bestimmte Anzahl von Symbolzeilen und -spalten ergibt keinen gültigen ECC 200-Code.

  'aborted symbol: size does not fit strict model definition' Die ermittelte Symbolgröße ist zwar gültig, liegt jedoch nicht in dem vom Modell vorgegebenen Bereich.

  'aborted symbol: rectangular symbol does not fit strict mirror definition of model' Anhand der Symbolgröße wurde ein rechteckiger ECC 200-Code ermittelt. Auf Grund der im Modell angegebenen Restriktion hinsichtlich der Spiegelung des Symbols sind jedoch Zeilen und Spalten vertauscht, so dass das Symbol

keinen gültigen ECC 200-Code enthält. Bei quadratischen Symbolen kann dieser Test natürlich nicht erfolgen, so dass sich hier eine falsche Angabe zur Spiegelung erst beim Lesen auswirkt und i.d.R. zum folgenden Fehler führt:

'error correction failed' Die Fehlerkorrektur scheitert an zu vielen falsch interpretierten Modulen. Das deutet i.d.R. auf eine zu schlechte Bild- und/oder Druckqualität hin, kann aber auch an einer falschen Vorgabe hinsichtlich der Spiegelung des Symbols liegen.

'decoding failed: special decoding reader requested' Diese Fehlermeldung zeigt an, dass die kodierten Daten eine Nachricht zum Programmieren der Leseeinheit enthalten. Dies wird nicht unterstützt.

'decoding failed: inconsistent data' Die im Symbol kodierten Daten können nicht dekodiert werden, da sie nicht konsistent sind.

'decoding failed: invalid GS1 format' Die Daten im Symbol entsprechen nicht den allgemeinen GS1 Spezifikationen. Diese Fehlermeldung wird zurückgegeben, wenn versucht wird, ein gültiges Nicht-GS1-Symbol mit einem als GS1-Datacode erstellten Modell zu lesen.

'quiet zone is missing' Die Ruhezone dieses Kandidaten fehlt oder weist starke Defekte auf.

'strict_fp_and_qz: alternating pattern check failed': Der Kandidat konnte dekodiert werden, aber wurde als mögliches falsch-positives Ergebnis verworfen, da das alternierende Pattern zu viele Defekte aufwies. Siehe *'strict_fp_and_qz'* in `set_data_code_2d_param` für mehr Informationen.

'strict_fp_and_qz: L pattern check failed': Der Kandidat konnte dekodiert werden, aber wurde als mögliches falsch-positives Ergebnis verworfen, da das L-Pattern zu viele Defekte aufwies. Siehe *'strict_fp_and_qz'* in `set_data_code_2d_param` für mehr Informationen.

'strict_fp_and_qz: finder pattern check failed': Der Kandidat konnte dekodiert werden, aber wurde als mögliches falsch-positives Ergebnis verworfen, da das Finder-Pattern, d.h. die Kombination aus alternierendem und L-Pattern, zu viele Defekte aufwies. Siehe *'strict_fp_and_qz'* in `set_data_code_2d_param` für mehr Informationen.

'strict_fp_and_qz: quiet zone check failed': Der Kandidat konnte dekodiert werden, aber wurde als mögliches falsch-positives Ergebnis verworfen, da die Ruhezone zu viele Defekte aufwies. Siehe *'strict_fp_and_qz'* in `set_data_code_2d_param` für mehr Informationen.

- Data Matrix ECC 200 (falls eine hohe Finder-Pattern-Toleranz gewählt wurde, können zusätzlich folgende Meldungen auftreten):

  'aborted module grid search: no regular module grid found' Es konnte keine regelmäßige Gitterstruktur innerhalb der Kandidatenregion gefunden werden. Daher wird davon ausgegangen, dass es sich bei dem Kandidaten nicht um ein ECC 200 Symbol handelt.

  'aborted border search: overlap with previous result' Der aktuelle Kandidat überlappt mit einem zuvor erfolgreich dekodierten Symbol. Daher wird die Suche nach der Symbolgrenze im Bild abgebrochen.

  'aborted border search: no consistent border found' Es wurde keine konsistente Symbolgrenze innerhalb der vorgegebenen Grenzen gefunden, die zu einem erfolgreich dekodierten Symbol geführt hätte.

  'aborted reading: result is likely to be random' Der Kandidat konnte zwar dekodiert werden, da die Symbolgröße allerdings sehr klein und die Anzahl der Dekodierungsfehler relativ hoch war, handelt es sich höchstwahrscheinlich nicht um einen ECC 200. Daher wurde der Kandidat verworfen. Diese Heuristik gilt für Symbole der Größe 10×10 mit mindestens 1 Dekodierungsfehler und für Symbole der Größe 12×12 oder 8×18 mit mindestens 2 Dekodierungsfehlern.

- QR Code:

  'aborted: too close to image border' Symbol ist zu nahe am Bildrand. Damit das Symbol gelesen werden kann, muss es vollständig im Bild liegen.

  'aborted adjusting: finder patterns' Es ist nicht möglich, anhand der Position-Detection-Patterns die genaue Position des Finder-Patterns in der Verarbeitungsebene zu bestimmen, da kein signifikanter Hell-Dunkel-Übergang gefunden werden kann.

  'aborted symbol: different number of rows and columns' Es konnte mit Hilfe des Finder-Patterns keine einheitliche Symbolgröße ermittelt werden. Beim Modelltyp 2 führt das nur bei kleinen Symbolen ($<$ Version 7 bzw. 45×45 Modulen) zu einem Fehler, da bei größeren Symbolen die Versionsinformation im Symbol kodiert und von dort gelesen wird.

  'aborted symbol: invalid size' Die anhand des Finder-Patterns ermittelte Größe ist zu klein bzw. (nur Modelltyp 1) zu groß.

'decoding of version information failed' Beim Versuch, ein Modell-2-Symbol zu lesen, wurde mit Hilfe der Finder-Patterns ermittelt, dass die Symbolversion mindestens 7 ist ($\geq 45 \times 45$ Module). Es ist jedoch nicht möglich, die Versionsdaten aus den entsprechenden Feldern im Symbol zu dekodieren.

'aborted symbol: size does not fit strict model definition' Die ermittelte Symbolgröße ist zwar gültig, liegt jedoch nicht in dem vom Modell vorgegebenen Bereich.

'decoding of format information failed' Die im Symbol kodierten Formatinformationen (Maskierungsmuster und Grad der Fehlerkorrektur) konnten nicht gelesen werden.

'error correction failed' Die Fehlerkorrektur scheitert an zu vielen falsch interpretierten Modulen. Das deutet i.d.R. auf eine zu schlechte Bild- und/oder Druckqualität hin, kann aber auch an einer falschen Vorgabe hinsichtlich der Spiegelung des Symbols liegen.

'decoding failed: inconsistent data' Die im Symbol kodierten Daten können nicht dekodiert werden, da sie nicht konsistent sind.

'decoding failed: invalid GS1 format' Die Daten im Symbol entsprechen nicht den allgemeinen GS1 Spezifikationen. Diese Fehlermeldung wird zurückgegeben, wenn versucht wird, ein gültiges Nicht-GS1-Symbol mit einem als GS1-Datacode erstellten Modell zu lesen.

- Aztec Code:

'aborted: too close to image border' Symbol ist zu nahe am Bildrand oder teilweise außerhalb des Bildes.

'aborted: mode message could not be decoded' Die Mode Message dieses Kandidaten konnte nicht dekodiert werden, da die Fehlerkorrektur an zu vielen falsch interpretierten Modulen gescheitert ist.

'aborted: symbol expansion failed' Die Expansion des Kandidaten ist fehlgeschlagen. Die Ursache sind meist zu starke perspektivische Verzeichnungen.

'aborted symbol: size does not fit strict model definition' Die ermittelte Symbolgröße ist zwar gültig, liegt jedoch nicht in dem vom Modell vorgegebenen Bereich. Das Modell muss angepasst werden (`set_data_code_2d_param`), damit dieser Kandidat auch dekodiert werden kann.

'aborted symbol: rectangular symbol does not fit strict mirror definition of model' Dieser Kandidat ist gültig, erfüllt aber nicht die im Modell bezüglich Spiegelung (*'mirrored'*) vorgegebenen Einschränkungen. Das Modell muss angepasst werden (`set_data_code_2d_param`), damit dieser Kandidat auch dekodiert werden kann.

'aborted symbol: invalid format' Dieser Kandidat ist gültig, erfüllt aber nicht die im Modell bezüglich des Formats (*'format'*) vorgegebenen Einschränkungen. Das Modell muss angepasst werden (`set_data_code_2d_param`), damit dieser Kandidat auch dekodiert werden kann.

'error correction failed' Die Fehlerkorrektur scheitert an zu vielen falsch interpretierten Modulen. Das deutet i.d.R. auf eine zu schlechte Bild- und/oder Druckqualität hin, kann aber auch an einer falschen Vorgabe hinsichtlich der Spiegelung des Symbols liegen.

'decoding failed: invalid GS1 format' Die Daten im Symbol entsprechen nicht den allgemeinen GS1 Spezifikationen. Diese Fehlermeldung wird zurückgegeben, wenn versucht wird, ein gültiges Nicht-GS1-Symbol mit einem als GS1-Datacode erstellten Modell zu lesen.

- PDF417:

'aborted: too close to image border' Symbol ist zu nahe am Bildrand. Damit das Symbol gelesen werden kann, muss es vollständig im Bild liegen.

'aborted symbol: size does not fit strict model definition' Die ermittelte Symbolgröße ist zwar gültig, liegt jedoch nicht in dem vom Modell vorgegebenen Bereich.

'error correction failed' Die Fehlerkorrektur scheitert an zu vielen falsch interpretierten Modulen. Das deutet i.d.R. auf eine zu schlechte Bild- und/oder Druckqualität hin, kann aber auch an einer falschen Vorgabe hinsichtlich der Spiegelung des Symbols liegen.

'decoding failed: special decoding reader requested' Diese Fehlermeldung zeigt an, dass die kodierten Daten eine Nachricht zum Programmieren der Leseeinheit enthalten. Dies wird nicht unterstützt.

'decoding failed: inconsistent data' Die im Symbol kodierten Daten können nicht dekodiert werden, da sie nicht konsistent sind.

- DotCode:

'aborted module grid search: no regular module grid found' Es konnte keine regelmäßige Gitterstruktur innerhalb der Kandidatenregion gefunden werden. Daher wird davon ausgegangen, dass es sich bei dem Kandidaten nicht um einen DotCode handelt.

'aborted symbol: size does not fit strict model definition' Die ermittelte Symbolgröße ist zwar gültig, liegt jedoch nicht in dem vom Modell vorgegebenen Bereich.

'error correction failed' Die Fehlerkorrektur scheitert an zu vielen falsch interpretierten Modulen. Das deutet i.d.R. auf eine zu schlechte Bild- und/oder Druckqualität hin, kann aber auch an einer falschen Vorgabe hinsichtlich der Spiegelung des Symbols liegen.

'decoding failed: inconsistent data' Die im Symbol kodierten Daten können nicht dekodiert werden, da sie nicht konsistent sind.

'unmasking: invalid mask type' Die ersten beiden Bits eines jeden DotCode enkodieren die sogenannte Maske des Symbols. Die Maske wird im Enkodierungsprozess benutzt um die graphische Robustheit des Symbols zu erhöhen. Mögliche Werte sind 0, 1, 2 und 3. Ist ein anderer Wert für die Maske enkodiert, wird der Kandidat mit diesem Status markiert.

'quiet zone is missing' Die Ruhezone dieses Kandidaten fehlt oder weist starke Defekte auf.

'decoding failed: invalid GS1 format' Die Daten im Symbol entsprechen nicht den allgemeinen GS1 Spezifikationen. Diese Fehlermeldung wird zurückgegeben, wenn versucht wird, ein gültiges Nicht-GS1-Symbol mit einem als GS1-Datacode erstellten Modell zu lesen.

Bei der Bearbeitung eines Kandidaten kann es vorkommen, dass mehrere Versuche unternommen werden, um ein Symbol zu lesen, wobei intern über die verschiedenen Annahmen, die das Modell zulässt, iteriert wird. Dabei bestimmt i.d.R. der letzte Versuch den Abbruchstatus. Erlaubt ein QR Code-Modell beispielsweise sowohl Modelltyp 1 als auch Typ 2, wird zuerst versucht, das Symbol als Modell 2 zu interpretieren. Scheitert dies, wird von einem Modell-1-Symbol ausgegangen. Ist auch dieser Versuch nicht erfolgreich, enthält die Statusvariable den Fehlercode, mit dem die Interpretation als Modell-1-Symbol abgebrochen wurde. Um den ersten Fehlercode zu erhalten, muss vor dem Aufruf von `find_data_code_2d` das Modell entsprechend eingeschränkt werden.

Parameter

▷ **`DataCodeHandle`** (input_control) . . . . . datacode_2d ⇝ *handle*
Handle des zu verwendenden 2D-Datacode-Modells.

▷ **`CandidateHandle`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *string* / integer
Handle des 2D-Datacode-Kandidaten. Entweder ein Integer (üblicherweise das ResultHandle von `find_data_code_2d`) oder ein String, der eine Gruppe von Kandidaten beschreibt.
Default: 'all_candidates'
Wertevorschläge: `CandidateHandle` ∈ {0, 1, 2, 'general', 'all_candidates', 'all_results', 'all_undecoded', 'all_aborted'}

▷ **`ResultNames`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der Ergebnisse, die für einen oder eine Gruppe von 2D-Datacode-Kandidaten abgefragt werden sollen.
Default: 'status'
Werteliste: `ResultNames` ∈ {'min_search_level', 'max_search_level', 'pass_num', 'result_num', 'candidate_num', 'undecoded_num', 'aborted_num', 'handle', 'pass', 'status', 'search_level', 'process_level', 'polarity', 'module_gap', 'mirrored', 'model_type', 'symbol_rows', 'symbol_cols', 'symbol_size', 'version', 'module_height', 'module_width', 'small_modules_robustness', 'module_aspect', 'slant', 'contrast', 'module_grid', 'decoded_string', 'decoding_error', 'symbology_ident', 'mask_pattern_ref', 'deformation_objects', 'deformation_tolerance', 'alternating_pattern_tolerance', 'finder_pattern_tolerance', 'contrast_tolerance', 'error_correction_level', 'bin_module_data', 'raw_coded_data', 'corr_coded_data', 'decoded_data', 'gs1_lint_passed', 'gs1_lint_result', 'quality_isoiec15415', 'quality_isoiec15415_labels', 'quality_isoiec15415_values', 'quality_isoiec15415_modulation_module_grades', 'quality_isoiec15415_rows', 'quality_isoiec15415_cols', 'quality_isoiec29158', 'quality_isoiec29158_labels', 'quality_isoiec29158_values', 'quality_isoiec29158_modulation_module_grades', 'quality_isoiec29158_rows', 'quality_isoiec29158_cols', 'quality_isoiec15415_intermediate', 'quality_isoiec15415_intermediate_labels', 'quality_isoiec15415_intermediate_values', 'quality_isoiec29158_intermediate', 'quality_isoiec29158_intermediate_labels', 'quality_isoiec29158_intermediate_values', 'quality_semi_t10_values', 'quality_semi_t10_labels', 'structured_append', 'macro_exist', 'macro_segment_index', 'macro_file_id', 'macro_segment_count', 'macro_time_stamp', 'macro_checksum', 'macro_last_symbol', 'reader_programming', 'aborted', 'orientation', 'layer_num', 'codeword_num', 'format', 'symbology_ident_separated', 'decoded_string_separated', 'structured_append_separated', 'reader_programming_separated', 'decoded_data_separated', 'segment_num'}

▷ **`ResultValues`** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Liste mit den Ergebnissen.

Beispiel

```
* Example demonstrating how to access the results of the data code search.

* Create a model for reading Data matrix ECC 200 codes
create_data_code_2d_model ('Data Matrix ECC 200', [], [], DataCodeHandle)
* Read an image
read_image (Image, 'datacode/ecc200/ecc200_cpu_010')
* Read the symbol in the image
find_data_code_2d (Image, SymbolXLDs, DataCodeHandle, [], [], \
                   ResultHandles, DecodedDataStrings)

* Get the number of passes
get_data_code_2d_results (DataCodeHandle, 'general', 'pass_num', Passes)

* Get a tuple with the status of all candidates
get_data_code_2d_results (DataCodeHandle, 'all_candidates', 'status', \
                          AllStatus)
* Get the handles of all candidates that were detected as a symbol but
* could not be read
get_data_code_2d_results (DataCodeHandle, 'all_undecoded', 'handle', \
                          HandlesUndecoded)

* For every undecoded symbol, get the contour, the symbol size, and
* the binary module data
dev_set_color ('red')
for i := 0 to |HandlesUndecoded| - 1 by 1
    * Get the contour of the symbol
    get_data_code_2d_objects (SymbolXLD, DataCodeHandle, \
                              HandlesUndecoded[i], 'candidate_xld')
    * Get the symbol size
    get_data_code_2d_results (DataCodeHandle, HandlesUndecoded[i], \
                              ['symbol_rows','symbol_cols'], SymbolSize)
    * Get the binary module data (has to be queried exclusively)
    get_data_code_2d_results (DataCodeHandle, HandlesUndecoded[i], \
                              'bin_module_data', BinModuleData)
    * Stop for inspecting the data
    stop ()
endfor

* Clear the model
clear_data_code_2d_model (DataCodeHandle)
```

Ergebnis

`get_data_code_2d_results` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt und die angeforderten Ergebnisse für die letzte Symbolsuche verfügbar sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`find_data_code_2d`, `query_data_code_2d_params`

Nachfolger

`get_data_code_2d_objects`

Siehe auch

query_data_code_2d_params, get_data_code_2d_objects, get_data_code_2d_param, set_data_code_2d_param

Literatur

International Standard ISO/IEC 15415: „ Automatic identification and data capture techniques - Bar code symbol print quality test specification - Two-dimensional symbols“; Reference number ISO/IEC 15415:2024 (en); ISO/IEC 2024.

International Standard ISO/IEC 16022: „Information technology - Automatic identification and data capture techniques - Data Matrix bar code symbology specification“; Reference number ISO/IEC 16022:2024 (en); ISO/IEC 2024.

International Standard ISO/IEC 15438: „Information technology - Automatic identification and data capture techniques - PDF417 bar code symbology specification“; Reference number ISO/IEC 15438:2015 (E); ISO/IEC 2015.

International Standard ISO/IEC 18004: „Information technology - Automatic identification and data capture techniques - QR Code bar code symbology specification“; Reference number ISO/IEC 18004:2024 (en); ISO/IEC 2024.

International Standard ISO/IEC 24778: „Information technology - Automatic identification and data capture techniques - Aztec Code bar code symbology specification“; Reference number ISO/IEC 24778:2024 (en); ISO/IEC 2024.

International standard ISO/IEC 29158: „ Automatic identification and data capture techniques - Bar code symbol quality test specification - Direct part mark (DPM)“; Reference number ISO/IEC 29158:2025 (en); ISO/IEC 2025.

GS1 General Specifications; Version 25.0; Jan-2025; GS1.

Modul

Data Code

```
query_data_code_2d_params ( : : DataCodeHandle,
    QueryName : GenParamName )
```

Liefert für das übergebene 2D-Datacode-Modell die Namen der generischen Parameter bzw. Objekte, die in den anderen Datacode-Operatoren gesetzt oder abgefragt werden können.

Der Operator query_data_code_2d_params ermöglicht es, die Namen der generischen Parameter abzurufen, die in den Operatoren set_data_code_2d_param, get_data_code_2d_param, find_data_code_2d, get_data_code_2d_results und get_data_code_2d_objects verwendet werden können.

Das Konzept des 2D-Datacode-Lesers ist bei der Einleitung zu Kapitel Identifizierung / Datacode beschrieben.

Die Auswahl der **Parametergruppe** erfolgt über den Parameter QueryName:

'get_model_params': get_data_code_2d_param – Parameter zum Abfragen des 2D-Datacode-Modells.

'set_model_params': set_data_code_2d_param – Parameter für das Setzen des 2D-Datacode-Modells.

'find_params': find_data_code_2d – Parameter beim Suchen und Lesen von 2D-Datacode-Symbolen.

'get_result_params': get_data_code_2d_results – Parameter zum Abfragen der alphanumerischen Ergebnisse bei der Suche nach 2D-Datacode-Symbolen.

'get_result_objects': get_data_code_2d_objects – Parameter zum Zugriff auf ikonische (Zwischen-) Ergebnisse bei der Suche nach 2D-Datacode-Symbolen.

'trained': set_data_code_2d_param – Parameter, deren Werte trainiert wurden. Das nächste Training setzt die Parameterwerte nicht neu, sondern erweitert den Parameterraum bei Bedarf.

Die erstellte Parameterliste hängt dabei ausschließlich von dem zugrundeliegenden Datacode-Typ ab und nicht vom gegenwärtigen Bearbeitungszustand des Modells oder einzelner Ergebnisse.

Parameter

▷ **DataCodeHandle** (input_control) . . . . . datacode_2d ⇝ *handle*
Handle des 2D-Datacode-Modells.

▷ **QueryName** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Name der Parametergruppe.
Default: 'get_result_params'
Werteliste: QueryName ∈ {'get_model_params', 'set_model_params', 'find_params', 'get_result_params', 'get_result_objects', 'trained'}

▷ **GenParamName** (output_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string*
Liste mit den Namen der jeweils gültigen generischen Parameter.

Beispiel

```
* This example demonstrates how the names of all available model parameters
* can be queried.  This is used to request first the settings of the
* untrained and then the settings of the trained model.

* Create a model for reading Data matrix ECC 200 codes
create_data_code_2d_model ('Data Matrix ECC 200', [], [], DataCodeHandle)
* Query all the names of the generic parameters that can be passed to the
* operator get_data_code_2d_param to request the model
query_data_code_2d_params (DataCodeHandle, 'get_model_params', GenParamName)
* Request the current settings of the (untrained) model
get_data_code_2d_param(DataCodeHandle, GenParamName, ModelParams)

* Read a training image
read_image (Image, 'datacode/ecc200/ecc200_cpu_007')
* train the model with the symbol in the image
find_data_code_2d (Image, SymbolXLDs, DataCodeHandle, 'train', 'all', \
                   ResultHandles, DecodedDataStrings)
* Request the current settings of the (now trained) model
get_data_code_2d_param(DataCodeHandle, GenParamName, TrainedModelParams)
* Create a tuple that demonstrates the changings
ModelAdaption := GenParamName + ':   ' + ModelParams + '  ->  ' + \
                 TrainedModelParams

* Clear the model
clear_data_code_2d_model (DataCodeHandle)
```

Ergebnis

query_data_code_2d_params liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_data_code_2d_model

Nachfolger

get_data_code_2d_param, get_data_code_2d_results, get_data_code_2d_objects

Modul

Data Code

read_data_code_2d_model (: : FileName : DataCodeHandle)

Liest ein 2D-Datacode-Modell aus einer Datei und legt ein neues Modell an.

Der Operator read_data_code_2d_model liest aus der Datei FileName ein 2D-Datacode-Modell ein und erzeugt aus den eingelesenen Daten ein neues Modell. In DataCodeHandle wird ein Handle auf das neue Modell zurückgeliefert. Die Datei FileName wird mit dem Operator write_data_code_2d_model erzeugt. Die Dateiendung für das 2D-Datacode-Modell ist in HALCON 'dcm'.

Das Konzept des 2D-Datacode-Lesers ist bei der Einleitung zu Kapitel Identifizierung / Datacode beschrieben.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Name der einzulesenden 2D-Datacode-Datei.
Default: 'data_code_model.dcm'
Dateiendung: .dcm

▷ **DataCodeHandle** (output_control) ..... datacode_2d ⇝ *handle*
Handle für das neu eingelesene 2D-Datacode-Modell.

Beispiel

```
* This example demonstrates how a model that was saved in an earlier
* session can be used again by reading the model file

* Create a model by reading by reading a data code model file
read_data_code_2d_model ('ecc200_trained_model.dcm', DataCodeHandle)
* Read a symbol image
read_image (Image, 'datacode/ecc200/ecc200_cpu_010')
* Read the symbol in the image
find_data_code_2d (Image, SymbolXLDs, DataCodeHandle, [], [], \
                   ResultHandles, DecodedDataStrings)
* Clear the model
clear_data_code_2d_model (DataCodeHandle)
```

Ergebnis

read_data_code_2d_model liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls eine 2D-Datacode-Datei mit dem angegebenen Namen gefunden wurde und korrekt eingelesen werden konnte. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

find_data_code_2d

Alternativen

create_data_code_2d_model

Siehe auch

write_data_code_2d_model, clear_data_code_2d_model

Modul

Data Code

serialize_data_code_2d_model (: : DataCodeHandle : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines 2D-Datacode-Modells.

serialize_data_code_2d_model serialisiert die Daten eines 2D-Datacode-Modells (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von write_data_code_2d_model in eine Datei geschrieben werden. Das 2D-Datacode-Modell wird in dem Handle DataCodeHandle übergeben. Das serialisierte 2D-Datacode-Modell wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_data_code_2d_model wieder deserialisiert werden.

Das Konzept des 2D-Datacode-Lesers ist bei der Einleitung zu Kapitel Identifizierung / Datacode beschrieben.

Parameter

▷ **DataCodeHandle** (input_control) ..... datacode_2d ⇝ *handle*
Handle des 2D-Datacode-Modells.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert serialize_data_code_2d_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

set_data_code_2d_param, find_data_code_2d

Nachfolger

fwrite_serialized_item, send_serialized_item, deserialize_data_code_2d_model

Alternativen

get_data_code_2d_param

Siehe auch

create_data_code_2d_model, set_data_code_2d_param, find_data_code_2d

Modul

Data Code

set_data_code_2d_param (: : DataCodeHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen ausgewählter Parameter des 2D-Datacode-Modells.

Der Operator set_data_code_2d_param erlaubt es, zahlreiche Parameter, durch die ein 2D-Datacode beschrieben oder das Verhalten des Modells bei der Symbolsuche gesteuert wird, zu verändern, um so das 2D-Datacode-Modell an die eigenen Erfordernisse anzupassen. Alle Parameter können auch direkt beim Anlegen des Modells mit create_data_code_2d_model übergeben werden. Die aktuelle Konfiguration kann mit Hilfe von get_data_code_2d_param ausgelesen werden. Eine Liste mit den Namen aller Parameter, die für den gegebenen 2D-Datacode-Typ gesetzt werden können, liefert der Operator query_data_code_2d_params.

Das Konzept des 2D-Datacode-Lesers ist bei der Einleitung zu Kapitel Identifizierung / Datacode beschrieben.

Es ist zu beachten, dass die Symbolstruktur von GS1 DataMatrix, GS1 QR Code, GS1 Aztec Code und GS1 DotCode der der Struktur von Data Matrix ECC 200, QR Code, Aztec Code, bzw. DotCode identisch ist. Deswegen gelten alle typspezifischen Parameter, Einstellungen und Vorgaben, die Data Matrix ECC 200, QR Code, Aztec Code oder DotCode betreffen, auch für ihre entsprechende GS1-Variante. Im Folgenden wird das ausführliche Auflisten typspezifischer Parameter einzelner GS1-Typen ausgelassen, um die Lesbarkeit der Dokumentation zu

erleichtern. Stattdessen können die relevante Parameter eines GS1-Datacodetyps entweder von den Parametern von dessen nicht-GS1-Variante hergeleitet werden oder explizit durch `query_data_code_2d_params` mit dem Parameter *'set_model_params'* abgefragt werden.

Es folgt eine Übersicht über die verschiedenen generischen Parameter mit den jeweiligen Wertebereichen und Defaultwerten im Standardmodus (*'standard_recognition'*). Falls die Defaultwerte im erweiterten Modus (*'enhanced_recognition'*) von denen im Standardmodus abweichen, sind diese zusätzlich angegeben. Das gleiche gilt, falls die Defaultwerte im maximalen Modus *'maximum_recognition'* von denen im erweiterten Modus abweichen:

Grundeinstellung:

- Alle 2D-Datacode-Modelle:

  'default_parameters': Setzt alle Modell-Parameter in einen der drei Grundzustände *standard*, *erweitert* oder *maximal* zurück (vgl. die folgende Übersicht sowie `create_data_code_2d_model`). Dabei wird neben den Parameterwerten auch der Trainingsstatus aller Parameter zurückgesetzt (vgl. `find_data_code_2d`).
  Werteliste: *'standard_recognition'*, *'enhanced_recognition'*, *'maximum_recognition'*
  Default: *'standard_recognition'*
  Achtung: Soll dieser Parameter zusammen mit anderen Parametern gesetzt werden, muss *'default_parameters'* immer das erste Element in der übergebenen Liste sein.

  'trained': Setzt für den übergebenen Parameter den Trainingsstatus auf trainiert. Alle gesetzten Parameter werden beim Training nicht mehr überschrieben. Falls nötig wird nur der Parameterraum durch das Training erweitert. Für die möglichen Parameter, die für die einzelnen Codetypen trainiert werden können siehe `find_data_code_2d`. Mit dem Wert *'all'* wird der Trainingsstatus aller trainierbaren Parameter auf trainiert gesetzt.

Größe und Form des Symbols:

- Data Matrix ECC 200 (inklusive Finder-Pattern):
  Achtung: Beim Ändern der Größe oder der Form über den Operator `set_data_code_2d_param`, werden die Parameter der Reihe nach ausgewertet, sowie jeweils die Gültigkeit der aktuellen Einstellungen überprüft und ggf. angepasst. Daher kann sich die Reihenfolge der durchgeführten Änderungen auf die endgültigen Einstellungen auswirken.

  'symbol_cols_min': Mindestanzahl der Spalten des Symbols in Modulen.
  Wertebereich: [*10*, *12*, *14*, ... *144*]
  Achtung: Das Setzen von *'symbol_cols_min'* führt dazu, dass *'symbol_shape'* auf *'any'* gesetzt wird. Wenn für die Größe des Symbols nur eine Symbol Form möglich ist, wird *'symbol_shape'* entsprechend auf *'rectangle'* oder *'square'* gesetzt.
  Default: *10*

  'symbol_cols_max': Höchstanzahl der Spalten des Symbols in Modulen.
  Wertebereich: [*10*, *12*, *14*, ... *144*]
  Achtung: Das Setzen von *'symbol_cols_max'* führt dazu, dass *'symbol_shape'* auf *'any'* gesetzt wird. Wenn für die Größe des Symbols nur eine Symbol Form möglich ist, wird *'symbol_shape'* entsprechend auf *'rectangle'* oder *'square'* gesetzt.
  Default: *144*

  'symbol_rows_min': Mindestanzahl der Zeilen des Symbols in Modulen.
  Wertebereich: [*8*, *10*, *12*, ... *144*]
  Achtung: Das Setzen von *'symbol_rows_min'* führt dazu, dass *'symbol_shape'* auf *'any'* gesetzt wird. Wenn für die Größe des Symbols nur eine Symbol Form möglich ist, wird *'symbol_shape'* entsprechend auf *'rectangle'* oder *'square'* gesetzt.
  Default: *8*

  'symbol_rows_max': Höchstanzahl der Zeilen des Symbols in Modulen.
  Wertebereich: [*8*, *10*, *12*, ... *144*]
  Achtung: Das Setzen von *'symbol_rows_max'* führt dazu, dass *'symbol_shape'* auf *'any'* gesetzt wird. Wenn für die Größe des Symbols nur eine Symbol Form möglich ist, wird *'symbol_shape'* entsprechend auf *'rectangle'* oder *'square'* gesetzt.
  Default: *144*

  'symbol_cols': Setzt *'symbol_cols_min'* und *'symbol_cols_max'* auf angegebenen Wert.
  Wertebereich: [*10*, *12*, *14*, ... *144*]

Achtung: Das Setzen von *'symbol_cols'* führt dazu, dass *'symbol_shape'* auf *'any'* gesetzt wird. Wenn bei der Größe des Symbols nur eine Symbol Form möglich ist, wird *'symbol_shape'* entsprechend auf *'rectangle'* oder *'square'* gesetzt.

'symbol_rows': Setzt *'symbol_rows_min'* und *'symbol_rows_max'* auf angegebenen Wert.
Wertebereich: [*8*, *10*, *12*, ... *144*]
Achtung: Das Setzen von *'symbol_rows'* führt dazu, dass *'symbol_shape'* auf *'any'* gesetzt wird. Wenn bei der Größe des Symbols nur eine Symbol Form möglich ist, wird *'symbol_shape'* entsprechend auf *'rectangle'* oder *'square'* gesetzt.

'symbol_shape': Mögliche Einschränkungen hinsichtlich der Form des Symbols (Rechteck und/oder Quadrat).
Achtung: Mit dem Setzen der Symbolform ändern sich eventuell die vorher gemachten Einschränkungen hinsichtlich der Symbolgröße. Für *'square'* werden die minimalen Werte von *'symbol_cols_min'* und *'symbol_rows_min'* und die maximalen Werte von *'symbol_cols_max'* und *'symbol_rows_max'* verwendet. Zusätzlich gelten die Beschränkungen gemäß folgender Tabelle:

symbol_shape	'any'	'rectangle'	'square'
'symbol_cols_min'	>= 10	>= 18	>= 10
'symbol_cols_max'	<= 144	<= 144	<= 144
'symbol_rows_min'	>= 8	>= 8	>= 10
'symbol_rows_max'	<= 144	<= 26	<= 144

Weiter wird für den Fall, dass *'symbol_cols_min'* größer ist als *'symbol_rows_max'*, *'symbol_shape'* auf *'rectangle'* gesetzt.
Für beide Symbolformen wird der gleiche Suchalgorithmus verwendet wenn *'finder_pattern_tolerance'* auf *'low'* gesetzt ist. Für die Symbolsuche ist der Parameter in diesem Fall nicht relevant. Ist *'finder_pattern_tolerance'* dagegen auf *'high'* oder *'any'* gesetzt, kann der Wert von *'symbol_shape'* die Symbolsuche deutlich beschleunigen wenn *'rectangle'* oder *'square'* gewählt wird.
Werteliste: *'rectangle'*, *'square'*, *'any'*
Default: *'any'*

'symbol_size_min': Setzt *'symbol_cols_min'* und *'symbol_rows_min'* auf angegebenen Wert.

'symbol_size_max': Setzt *'symbol_cols_max'* und *'symbol_rows_max'* auf angegebenen Wert.

'symbol_size': Setzt *'symbol_cols_min'*, *'symbol_cols_max'*, *'symbol_rows_min'* und *'symbol_rows_max'* auf angegebenen Wert sowie *'symbol_shape'* auf *'square'*.

- QR Code (inklusive Finder-Pattern):

'model_type': Typ des QR Code-Modells. Unterstützt werden das ältere QR Code-Modell *1* (welches 2006 aus ISO/IEC 18004 entfernt wurde) und das neue Modell *2*. Mit Angabe von *'any'* oder *0* werden beide Modelle durchgegangen.
Werteliste: *1*, *2*, *'any'*, *0*
Default: *2* (enhanced: *2*, maximum: *'any'*)

'version_min': Kleinste zu lesende Symbol-Version. Die Symbolversion korrespondiert direkt mit der Symbolgröße. Version 1 entspricht dabei einem Symbol mit 21×21 Modulen, Version 2: 25×25 Module, usw. bis Version 40: 177×177 Module. Die maximale Symbolgröße beim Modell 1 ist 73×73 bzw. Version 14.
Wertebereich: [*1* ... *40*] (Modelltyp 1: [*1* ... *14*])
Default: *1*

'version_max': Größte zu lesende Symbol-Version:
Wertebereich: [*1* ... *40*] (Modelltyp 1: [*1* ... *14*])
Default: *40*

'version': Setzt *'version_min'* und *'version_max'* auf denselben Wert.

'symbol_size_min': Kleinste zu lesende Symbolgröße in Modulen. Dieser Parameter kann alternativ zu *'version_min'* verwendet werden:
Wertebereich: [*21* ... *177*] (Modelltyp 1: [*21* ... *73*])
Default: *21*

'symbol_size_max': Größte zu lesende Symbolgröße in Modulen. Dieser Parameter kann alternativ zu *'version_max'* verwendet werden:
Wertebereich: [*21* ... *177*] (Modelltyp 1: [*21* ... *73*])
Default: *177*

'symbol_size': Setzt *'symbol_size_min'* und *'symbol_size_max'* auf denselben Wert.

- Micro QR Code:

  'version_min': Kleinste zu lesende Symbol-Version. Die Symbolversion korrespondiert direkt mit der Symbolgröße. Symbole haben eine Größe von 11×11 (Version M1) bis 17×17 (Version M4) Modulen.
  Wertebereich: [*1* ... *4*]
  Default: *1*

  'version_max': Größte zu lesende Symbol-Version.
  Wertebereich: [*1* ... *4*]
  Default: *4*

  'version': Setzt *'version_min'* und *'version_max'* auf denselben Wert.

  'symbol_size_min': Kleinste zu lesende Symbolgröße in Modulen. Dieser Parameter kann alternativ zu *'version_min'* verwendet werden.
  Wertebereich: [*11* ... *17*]
  Default: *11*

  'symbol_size_max': Größte zu lesende Symbolgröße in Modulen. Dieser Parameter kann alternativ zu *'version_max'* verwendet werden.
  Wertebereich: [*11* ... *17*]
  Default: *17*

  'symbol_size': Setzt *'symbol_size_min'* und *'symbol_size_max'* auf denselben Wert.

- PDF417:

  'symbol_cols_min': Mindestanzahl der Datenspalten des Symbols in Codewords, d.h. exklusive der beiden Codewords des Start/Stopp-Pattern sowie der beiden Codewords der Row-Indicators.
  Wertebereich: [*1* ... *30*]
  Default: *1*

  'symbol_cols_max': Höchstanzahl der Datenspalten des Symbols in Codewords, d.h. exklusive der beiden Codewords des Start/Stopp-Pattern sowie der beiden Codewords der Row-Indicators.
  Wertebereich: [*1* ... *30*]
  Default: *20* (enhanced: *30*)

  'symbol_rows_min': Mindestanzahl der Zeilen des Symbols in Modulen.
  Wertebereich: [*3* ... *90*]
  Default: *5* (enhanced: *3*)

  'symbol_rows_max': Höchstanzahl der Zeilen des Symbols in Modulen.
  Wertebereich: [*3* ... *90*]
  Default: *45* (enhanced: *90*)

  'symbol_cols': Setzt *'symbol_cols_min'* und *'symbol_cols_max'* auf denselben Wert.

  'symbol_rows': Setzt *'symbol_rows_min'* und *'symbol_rows_max'* auf denselben Wert.

- Aztec Code (inklusive Finder-Pattern):

  'format': Format des Aztec Codes: Durch Leerzeichen getrennte Liste mit den Werten *'compact'*, *'full_range'* oder *'rune'*.
  Default: *'compact full_range'*

  'symbol_size_min': Kleinste zu lesende Symbolgröße in Modulen:
  Wertebereich: [*11*... *151*]
  Default: *11*

  'symbol_size_max': Größte zu lesende Symbolgröße in Modulen:
  Wertebereich: [*11*... *151*]
  Default: *151*

- DotCode: Ein nach AIM DotCode Revision 4.0-1 standardkonformer DotCode besteht aus einer geraden und einer ungeraden Dimension. In HALCON ist die Spaltenrichtung durch die Leserichtung definiert und bezieht sich immer auf die ungerade Dimension.

  'symbol_cols_min': Mindestanzahl der Spalten des Symbols in Modulen. Muss ungerade sein.
  Wertebereich: [*5* ... *999*]
  Default: *5*

  'symbol_cols_max': Höchstanzahl der Spalten des Symbols in Modulen. Muss ungerade sein.
  Wertebereich: [*5* ... *999*]
  Default: *999*

'symbol_rows_min': Mindestanzahl der Zeilen des Symbols in Modulen. Muss gerade sein.
Wertebereich: [*4* ... *998*]
Default: *4*

'symbol_rows_max': Höchstanzahl der Zeilen des Symbols in Modulen. Muss gerade sein.
Wertebereich: [*4* ... *998*]
Default: *998*

'symbol_cols': Setzt *'symbol_cols_min'* und *'symbol_cols_max'* auf angegebenen Wert. Muss ungerade sein.
Wertebereich: [*5* ... *999*]

'symbol_rows': Setzt *'symbol_rows_min'* und *'symbol_rows_max'* auf angegebenen Wert. Muss gerade sein.
Wertebereich: [*4* ... *998*]

Erscheinungsbild der Module im Bild:

- Alle 2D-Datacode-Modelle:

  'polarity': Beschreibt die Polarität des Symbols im Bild und bestimmt damit, ob das Symbol im Bild dunkel vor hellem Hintergrund oder hell vor dunklem Hintergrund erscheint.
  Werteliste: *'dark_on_light'*, *'light_on_dark'*, *'any'*.
  Default: *'dark_on_light'* (enhanced: *'any'*)

  'mirrored': Angabe über eine mögliche Spiegelung des Symbols (entspricht einem Vertauschen von Spalten und Zeilen).
  Werteliste: *'no'*, *'yes'*, *'any'*
  Default: *'any'*

- Alle 2D-Datacode-Modelle bis auf Data Matrix ECC 200 und DotCode:

  'contrast_min': Minimaler Kontrast zwischen dem Symbolvordergrund und dem Bildhintergrund (angegeben als Grauwertdifferenz); dieser Wert kann nicht allein aus der Differenz der Grauwerte von Vorder- und Hintergrund bestimmt werden, er korrespondiert vielmehr auch mit dem Anstieg der Modulkanten und damit mit der Schärfe des Bildes.
  Wertebereich: [*1* ... *255*]
  Default: *30* (enhanced: *10*)

- Data Matrix ECC 200, Micro QR Code und QR Code:

  'contrast_tolerance': Toleranz der Suche beim Auftreten starker lokaler Kontrastvariationen (z.B. bei Reflexionen oder Überbelichtung). Abhängig von diesem Parameter wird zwischen zwei Algorithmen gewählt. Im Falle von *'high'* ist die Robustheit gegenüber starken lokalen Kontrastvariationen erhöht. Für *'low'* wird ein Algorithmus gewählt, der zwar etwas weniger robust bei lokalen Kontrastvariationen ist, dafür aber schneller. Unter normalen Umständen ist daher *'low'* zu bevorzugen. Setzt man den Parameter auf *'any'*, so werden beide Varianten ausgeführt.
  Werteliste: *'low'*, *'high'*, *'any'*
  Default: *'low'* (enhanced: *'low'*, maximum: *'any'*)

- Alle 2D-Datacode-Modelle bis auf PDF417:

  'module_size_min': Minimale Größe der Module im Bild in Pixel. Für eine optimale Leserate sollten Module mindestens eine Größe von 3-4 Pixeln haben.
  Wertebereich: [*1* ... *100*]
  Default: *6* (enhanced: *2*, maximum: *1*)
  Für DotCode:
  Default: *4* (enhanced, maximum: *2*)

  'module_size_max': Maximale Größe der Module im Bild in Pixel.
  Wertebereich: [*2* ... *100*]
  Default: *20* (enhanced: *100*)
  Für DotCode:
  Default: *100*

  'module_size': Setzt *'module_size_min'* und *'module_size_max'* auf denselben Wert

  Die Lücken zwischen Modulen können mit Hilfe der *'module_gap*'* Parameter angegeben werden, wie im folgenden Paragraph erklärt:

  Es kann in drei Stufen angegeben werden, ob benachbarte Vordergrundmodule direkt aneinanderstoßen oder ob es zwischen ihnen eine Lücke geben kann. Füllen die Vordergrundmodule den ihnen zustehenden Platz

voll aus und stoßen sie direkt aneinander, kann für die folgenden Parameter *'no'* angegeben werden. *'small'* deutet auf einen sehr kleinen Zwischenraum, $< 10\%$ der Modulfläche, und *'big'* auf einen größeren Zwischenraum, $< 50\%$ der Modulfläche, zwischen benachbarten Modulen hin (*'big'* ist für DotCode nicht verfügbar). Diese letzten beiden Einstellungen sind u.U. auch dann sinnvoll, wenn die Vordergrundmodule zwar zusammenhängen aber (z.B. durch ein Überstrahlen der Aufnahme) den ihnen zustehenden Platz nicht voll ausfüllen und dünner erscheinen. Sind die Vordergrundmodule im Verhältnis zur Modulgröße nur als sehr kleine Punkte im Bild sichtbar, ist i.d.R. eine geeignete Vorverarbeitung zum Detektieren bzw. Vergrößern der Punkte notwendig (z.B. mit Hilfe von `gray_erosion_shape` oder `gray_dilation_shape`).

'module_gap_min': Minimale Lücke.
Werteliste: *'no'*, *'small'*, *'big'* (Nicht für DotCode)
Default: *'no'*

'module_gap_max': Maximale Lücke.
Werteliste: *'no'*, *'small'*, *'big'*
Für Data Matrix ECC 200, Micro QR Code und OR Code:
Default: *'no'* (enhanced:*'small'*, maximum: *'big'*)
Für DotCode:
Default: *'no'* (enhanced: *'small'*, maximum: *'small'*)
Für Aztec Code:
Default: *'small'* (enhanced: *'big'*)

'module_gap': Setzt *'module_gap_min'* und *'module_gap_max'* auf denselben Wert.

- Alle 2D-Datacode-Modelle bis auf DotCode:

  'small_modules_robustness': Robustheit der Dekodierung gegenüber Datacodes mit sehr kleiner Modulgröße. Wird der Parameter *'small_modules_robustness'* auf *'high'* gesetzt, so erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass Datacodes mit sehr kleinen Modulen dekodiert werden können. Zusätzlich sollte in diesem Fall auch die minimale Modulgröße entsprechend angepasst werden, d.h. *'module_size_min'* bzw. *'module_width_min'* (PDF417) sollte auf die angenommene minimale Modulgröße bzw. Modulbreite gesetzt werden. Ist *'small_modules_robustness'* auf *'high'* gesetzt, so kann sich der interne Speicherbedarf von `find_data_code_2d` deutlich erhöhen. Folglich sollte *'small_modules_robustness'* im Normalfall auf *'low'* gesetzt werden. Ist *'small_modules_robustness'* auf *'high'* gesetzt, halbiert sich die maximal erlaubte Bildgröße (siehe `get_system` *'halcon_xl'*).
  Werteliste: *'low'*, *'high'*
  Default: *'low'* (enhanced: *'low'*, maximum: *'high'*)

- PDF417:

  'module_width_min': Minimale Breite der Module im Bild in Pixel.
  Wertebereich: [*1* ... *100*]
  Default: *3* (enhanced: *2*, maximum: *1*)

  'module_width_max': Maximale Breite der Module im Bild in Pixel.
  Wertebereich: [*2* ... *100*]
  Default: *15* (enhanced: *100*)

  'module_width': Setzt *'module_width_min'* und *'module_width_max'* auf denselben Wert.

  'module_aspect_min': Minimales Seitenverhältnis der Module im Bild (Höhe zu Breite).
  Wertebereich: [*0.5* ... *20.0*]
  Default: *1.0*

  'module_aspect_max': Maximales Seitenverhältnis der Module im Bild (Höhe zu Breite).
  Wertebereich: [*0.5* ... *20.0*]
  Default: *4.0* (enhanced: *10.0*)

  'module_aspect': Setzt *'module_aspect_min'* und *'module_aspect_max'* auf denselben Wert.

- Data Matrix ECC 200:

  'slant_max': Maximale Abweichung des Winkels im L-förmigen Finder-Pattern vom (idealerweise) rechten Winkel; die Angabe erfolgt im Bogenmaß und korrespondiert mit perspektivischen Verzerrungen, die beim Druck des Symbols oder bei der Bildaufnahme auftreten können.
  Wertebereich: [*0.0* ... *0.5235*]
  Default: *0.1745* = $10°$ (enhanced: *0.5235* = $30°$)

  'finder_pattern_tolerance': Toleranz der Suche gegenüber einem gestörten oder teilweise fehlenden Finder-Pattern. Das Finder-Pattern umschließt sowohl die L-förmige als auch die gegenüberliegende alternierende Seite. In Abhängigkeit von diesem Parameter werden verschiedene Algorithmen für die Suche in

find_data_code_2d verwendet. In einem Fall (*'low'*) wird davon ausgegangen, dass das Finder-Pattern zum großen Teil vorhanden ist und kaum Störungen aufweist. Im anderen Fall (*'high'*) kann das Finder-Pattern gestört oder teilweise fehlend sein, ohne dass die Erkennung beeinträchtigt wird. Zu beachten ist allerdings, dass bei dieser Variante die Parameter für die Symbolsuche möglichst stark mit set_data_code_2d_param eingeschränkt werden sollten, da ansonsten eine erhöhte Rechenzeit für find_data_code_2d zu erwarten ist. Zu beachten ist außerdem, dass sich beide Algorithmen leicht in ihrer Robustheit voneinander unterscheiden. Dies kann dazu führen, dass es selbst bei Symbolen mit intaktem Finder-Pattern in Abhängigkeit von *'finder_pattern_tolerance'* zu unterschiedlichen Ergebnissen kommt. Wenn *'high'* ausgewählt wird, können z.B. nur Symbole mit festem Gitter gefunden werden (siehe unten), wodurch die Robustheit gegenüber perspektivischen Verzerrungen abnimmt. Im Fall *'any'* werden beide Algorithmen ausgeführt.
Werteliste: *'low'*, *'high'*, *'any'*
Default: *'low'* (enhanced: *'low'*, maximum: *'any'*)

'alternating_pattern_tolerance': Toleranz der Suche gegenüber einer Variation der Modulbreiten entlang der beiden Seiten des alternierenden Finder-Patterns. Die Analyse dieser alternierenden Seiten spielt eine entscheidende Rolle, falls *'finder_pattern_tolerance'* auf *'low'* (oder *'any'*, was *'low'* miteinschließt) gesetzt worden ist. Es ist jedoch zu beachten, dass dieser Parameter keinen Einfluss hat, wenn *'finder_pattern_tolerance'* auf *'high'* gesetzt wurde. Insgesamt sind drei unterschiedliche Werte für diesen Parameter erlaubt, wobei eine höhere Einstellung stets die niedrigeren Werte miteinschließt: *'low'* erlaubt nur eine kleine Variation der Modulbreiten entlang der alternierenden Seiten. *'medium'* versucht zunächst die strengen Anforderungen von *'low'* zu erfüllen und wenn dies scheitern sollte wird eine größere Variation der Modulbreiten entlang der alternierenden Seiten zugelassen. Schließlich schließt *'high'* alles ein, was *'medium'* zugelassen hat, und erweitert zusätzlich den Parameterraum für die Symbolaußengrenzen durch weitere Versuche. Außerdem wird die Beziehung zwischen der Anzahl der erkannten Kanten und des verwendeten Symboltyps für die anschließende Dekodierung etwas aufgeweicht. Die größere Robustheit in schwierigen Fällen hat den Nachteil, dass insbesondere *'high'* zu einem deutlichen Laufzeitanstieg führen kann. Um dem entgegenzuwirken, sollte der Parameterraum insgesamt verkleinert werden, z.B. indem die zu erwartenden Symbolgrößen so eng wie möglich vorgegeben werden.
Werteliste: *'low'*, *'medium'*, *'high'*
Default: *'low'* (enhanced: *'medium'*, maximum: *'high'*)

'module_grid': Angabe darüber, ob die Größe der Module in einem gewissen Rahmen variieren darf oder nicht. In Abhängigkeit von diesem Parameter werden verschiedene Algorithmen für die Berechnung der Modulpositionen verwendet. In einem Fall (*'fixed'*) wird ein festes Gitter, bei dem die Abstände zwischen den Modulmittelpunkten alle gleich sind, verwendet. Im anderen Fall (*'variable'*) wird das Gitter an der alternierenden Seite des Finder-Patterns ausgerichtet. Bei *'any'* werden beide Varianten für das Gitter nacheinander ausprobiert. Zu beachten ist, dass der Wert von *'module_grid'* ignoriert wird, wenn *'finder_pattern_tolerance'* auf *'high'* gesetzt ist. In diesem Fall wird immer von einem festen Gitter ausgegangen.
Werteliste: *'fixed'*, *'variable'*, *'any'*
Default: *'fixed'* (enhanced: *'any'*)

- QR Code und Micro QR Code:

  'position_pattern_min': Anzahl von Position-Detection-Patterns, die im Bild gut sichtbar sein müssen, damit ein Symbolkandidat generiert wird.
  Wertebereich: [*2*, *3*]
  Default: *3* (enhanced: *2*)
  Achtung: *'position_pattern_min'* ist für den Micro QR Code immer *1* und kann nicht verändert werden.

- QR Code:

  'deformation_tolerance': Toleranz der Suche gegenüber einem deformierten QR Code. Abhängig von diesem Parameter wird für die Suche in find_data_code_2d ein Algorithmus zur Kompensation von Krümmungen verwendet (*'curved'*) oder nicht (*'low'*).
  Die Druckbildkontrolle ist nicht verfügbar, wenn ein Code ohne diesen Algorithmus nicht dekodiert werden kann.
  Werteliste: *'low'*, *'curved'*
  Default: *'low'* (maximum: *'curved'*)

- Aztec Code:

'finder_pattern_tolerance': Toleranz der Suche gegenüber einem gestörten oder teilweise fehlenden Finder-Pattern. Abhängig von diesem Parameter werden verschiedene Algorithmen für die Suche in `find_data_code_2d` verwendet. Für *'low'* wird angenommen, dass alle Ringe des Finder-Patterns extrahiert werden können. Für *'high'* wird angenommen, dass mindestens einer der Ringe des Finder-Patterns extrahiert werden kann. Da dadurch mehr Kandidaten gefunden werden, erhöht sich die Laufzeit der Suche für *'high'*.
Werteliste: [*'low'*, *'high'*]
Default: *'low'* (enhanced: *'high'*)

'additional_levels': Um die Robustheit des Aztec Code Lesers zu erhöhen, kann die Anzahl der Pyramidenebenen, die zusätzlich zu den durch die minimale und maximale Modulgröße bedingten Ebenen untersucht werden sollen, angegeben werden. Dies erhöht die Laufzeit der Suche, insbesondere wenn kein Code gefunden wird.
Wertebereich: [*0*...*2*]
Default: *0*

Allgemeines Modellverhalten:

- Alle 2D-Datacode-Modelle:

'persistence': Steuert, ob bestimmte Zwischenergebnisse bei der Symbolsuche mit `find_data_code_2d` nur temporär oder persistent im Modell gespeichert werden sollen. Bei der temporären Speicherung (Default) ist der Speicherbedarf von `find_data_code_2d` deutlich geringer. Die persistente Speicherung erlaubt hingegen, nach der Symbolsuche auf einzelne Zwischenergebnisse zuzugreifen, etwa wenn untersucht werden soll, warum einzelne Symbole nicht gelesen werden konnten. Der Speicherbedarf von `find_data_code_2d` kann weiter reduziert werden, indem *'persistence'* auf *-1* gesetzt wird. In diesem Fall werden nur noch die Daten gespeichert, die nötig sind um die dekodierten Daten abzufragen. Die Druckbildkontrolle kann mit dieser Einstellung für *'persistence'* nur für Data Matrix ECC 200 Symbole durchgeführt werden.
Werteliste: *-1* (nur dekodierte Daten), *0* (temporär), *1* (persistent)
Default: *0*

'discard_undecoded_candidates' Steuert, ob Kandidaten, die nicht erfolgreich dekodiert werden konnten, beim Modell gespeichert werden. Um den Speicherbedarf des Modells zu reduzieren, sollte dieser Parameter auf *'yes'* gesetzt werden. In diesem Fall ist zu beachten, dass mit `get_data_code_2d_objects` oder `get_data_code_2d_results` keine Information über Kandidaten abgefragt werden kann, die nicht erfolgreich dekodiert werden konnten.
Werteliste: *'yes'*, *'no'*
Default: *'no'*

'strict_model': Steuert das Verhalten von `find_data_code_2d` bei der Detektion von Symbolen, die hinsichtlich der Symbolgröße nicht den Modellvorgaben entsprechen. Diese können entweder verworfen werden (*'yes'*) oder trotz der abweichenden Größe als Ergebnis zurückgeliefert werden (*'no'*). Es ist zu beachten, dass für DotCode-Symbole die Modellvorgaben bzgl. der Modulgröße (*'module_size_min'* und *'module_size_max'*) auch dann nicht überprüft werden, wenn *'strict_model'* auf *'yes'* gesetzt ist.
Werteliste: *'yes'* (strikt), *'no'* (nicht strikt)
Default: *'yes'*

'string_encoding': Setzt die erwartete Zeichenkodierung des im Symbol kodierten Strings. Es ist möglich UTF-8, Latin-1, Shift JIS oder die Zeichenkodierung der aktuellen Systemeinstellung zu wählen. Falls notwendig wird der String entsprechend umkodiert. Im Raw Modus wird der String nicht verändert.
Werteliste: *'utf8'*, *'locale'*, *'latin1'*, *'shiftjis'*, *'raw'*
Default: *'latin1'*

'timeout': Mit Hilfe dieses Parameters ist es möglich, dass `find_data_code_2d` nach einer definierten Zeit in ms abbricht. Dies ist vor allem dann nützlich, wenn maximale Zykluszeiten eingehalten werden müssen. Alle bis zu diesem Abbruch gewonnenen Ergebnisse sind anschließend verfügbar und können mit `get_data_code_2d_results` abgerufen werden. Werden Werte kleiner oder gleich Null übergeben, wird der Timeout deaktiviert (Default).
Die zeitliche Genauigkeit des Timeouts liegt bei ca. 10 ms. Sie hängt von vielen Faktoren ab, u.a. von der Geschwindigkeit des Rechners, der Bildgröße und dem *'timer_mode'*, der über `set_system` gesetzt wurde.
`find_data_code_2d` wirft keinen Fehler, falls ein Timeout auftritt. Um zu prüfen, ob `find_data_code_2d` unterbrochen wurde, kann der Parameter *'aborted'* mit `get_data_code_2d_results` abgefragt werden.

Im Trainingsmodus von find_data_code_2d wird der Timeout ignoriert.
Wertevorschläge:
'false', *-1*, *20 ... 100*
Default: *'false'*

'abort': Mit dieser Option ist es möglich find_data_code_2d von einem anderen Thread aus abzubrechen. Wenn set_data_code_2d_param mit *'abort'* aufgerufen wird, wird einer Instanz von find_data_code_2d mit dem Model DataCodeHandle in einem anderen Thread signalisiert abzubrechen. Falls es keine solche find_data_code_2d Instanz mit diesem Model gibt, passiert nichts.
Es ist möglich, dass der Operator find_data_code_2d nicht sofort abbricht. Er muss zunächst einen internen Abbruchpunkt erreichen, an dem ein sauberes Verlassen des Operators möglich ist. Dies hängt von Rahmenbedingungen wie Rechnerleistung ab und kann ungefähr bis zu 10ms benötigen. Im Trainingsmodus von find_data_code_2d wird der Parameter ignoriert.
Hinweis: Dies ist die einzige Aktion mit Datacode Handles, die von unterschiedlichen Threads genutzt werden kann, ohne dass zusätzliche Synchronisierung nötig ist.
Default: *'true'* (Der Wert wird nicht ausgewertet.)

- Alle 2D-Datacode-Modelle bis auf Aztec Code:

  'strict_quiet_zone': Steuert das Verhalten von find_data_code_2d bei der Detektion von Symbolen deren Ruhezone fehlt oder starke Defekte aufweist: *'yes'* (Symbole mit fehlender oder defekter Ruhezone werden verworfen) oder *'no'* (Symbole werden, wenn sie gelesen werden können, als Ergebnis zurückgeliefert). Der *'status'* von Ergebnissen, die verworfen wurden ist *'quiet zone is missing'*.
  Werteliste: *'yes'* , *'no'*
  Default: *'no'*

- Alle 2D-Datacode-Modelle bis auf DotCode:

  'quality_isoiec15415_aperture_size': Das Referenzbild, auf dem die Qualitätswerte *Symbol contrast*, *Modulation*, *Fixed pattern damage* und *Print growth x/y* bestimmt werden, wird durch eine künstliche Blendeneinstellung (kreisförmiger Mean-Filter) aus dem Originalbild gewonnen. Dieser Parameter bestimmt die Filtergröße als Anteil der Modulgröße. Laut Standard sollte dieser Wert je nach Anwendung zwischen 0.5 und 0.8 liegen (siehe ISO/IEC 15415:2024 Abschnitt 5.6.2, 7.3.1 und Anhang C.2).
  Wertebereich: [*0 ... 1*]
  Default: *0.8*

  'quality_isoiec15415_reflectance_reference': Der Kontrast zur Berechnung des Qualitätswerts *Symbol contrast* wird mit einem Referenzgrauwert für die Reflektanz normiert, siehe ISO/IEC 15415:2024 Abschnitt 5.6.1. Dieser kann zum Beispiel durch die Aufnahme eines Bariumsulfat oder Magnesiumoxid Musters bestimmt werden.
  Wertebereich: [*1 ... 255*]
  Default: *255*

  'quality_isoiec15415_smallest_module_size': Die Modulgröße für die Bestimmung der synthetischen Apertur. Das kann entweder ein fixer Wert in Pixel sein oder *'adaptive'*. Mit *'adaptive'* wird die Modulgröße, die in find_data_code_2d bestimmt wurde, verwendet. Der Durchmesser der Filtermaske ergibt sich durch Multiplikation mit *'quality_isoiec15415_aperture_size'*. Siehe ISO/IEC 15415:2024 Abschnitt 7.3.1.
  Wertebereich: >= *0*
  Default: *'adaptive'*

- Data Matrix ECC 200:

  'quality_isoiec15415_decode_algorithm': Die Berechnung der Qualitätsgrade basiert auf dem für die Qualitätsbewertung bestimmten Modulgitter. Mit diesem Parameter kann der Algorithmus zur Bestimmung dieses Gitters gewählt werden.

  'robust': Empfohlen für Prozesskontrolle in der keine kalibrierte Kamera mit einem Beleuchtungsaufbau basierend auf ISO/IEC 15415:2024 zur Verfügung steht. Sowohl die zurückgegebenen Grade als auch die Berechnung der Bewertungsparameter befolgt den internationalen Standard ISO/IEC 15415:2024. Um die Varianz durch die Flexibilität beim Hardwareaufbau zu kompensieren, werden zum einen während des Dekodierens des Codes zusätzliche Informationen gesammelt und zum anderen Annahmen über den Hardwareaufbau verwendet um die Robustheit der Qualitätsbewertung zu erhöhen.

  'reference': Empfohlen für die Verifizierung der Druckqualität. Um den internationalen Standard ISO/IEC 15415:2024 zu befolgen, setzt die Verifizierung eine spezielle Kamerakalibrierung und

einen speziellen Beleuchtungsaufbau voraus um standardkonforme Bewertungsergebnisse zu liefern. Im Gegensatz zum Standard wird explizit eine untere Schranke von 20% für den relativen Aperturfaktor bei der Berechnung der Konstanten d_min, m_min, and g_max verwendet. Außerdem kann der Algorithmus bei einer Modulgröße von unter 4 Pixeln (wie bei der vorangegangenen Suche mit `find_data_code_2d` bestimmt) nicht verwendet werden, so dass in diesem Fall für alle Grade -1.0 zurückgegeben wird. Diese unteren Schranken helfen ein sinnvolles Anwendungsfenster für den Referenzdekodieralgorithmus zu bestimmen. Schließlich werden ebenfalls alle Qualitätsnoten auf -1.0 gesetzt, falls der Algorithmus scheitert und kein Modulgitter erzeugt werden kann.

Default: *'robust'*

'decoding_scheme': Steuert den Dekodierschritt bei Data Matrix ECC 200. Wenn dieser Parameter auf *'raw'* gesetzt ist, können auch Symbole gelesen werden, deren Aussehen und Fehlerkorrekturverfahren dem Standard ISO/IEC 16022:2024 entsprechen, die jedoch eine andere Enkodierung verwenden. Die dekodierten Daten entsprechen den fehlerkorrigierten Rohdaten, können mit dem Parameter *'decoded_data'* von `get_data_code_2d_results` abgefragt werden und müssen vom Benutzer weiterverarbeitet werden.
Werteliste: *'default'*, *'raw'*
Default: *'default'*

'strict_fp_and_qz': Steuert das Verhalten von `find_data_code_2d` bei der Detektion von lesbaren Symbolen mit einer niedrigen Anzahl an Zeilen ($\leq$ 12) und Spalten ($\leq$ 18). Die Hauptintention dieses Parameters ist die Vermeidung von falsch-positiven Ergebnissen, d.h. erfolgreich dekodierten Symbolen mit falschem Inhalt, entweder auf einem tatsächlichen Symbol, oder im Hintergrund. Die genannten Symbolgrößen sind aufgrund ihrer niedrigen Fehlerkorrekturkapazität besonders gefährdet. Mögliche Werte:

'true', *'yes'*: Alle erfolgreich dekodierten Symbole, welche die oben beschriebenen Kriterien erfüllen, werden kontrolliert. Symbole mit einem gestörten äußeren Finder-Pattern, wobei das L-Pattern und das alternierende Pattern sowohl einzeln als auch kombiniert bewertet werden, oder mit einer gestörten Ruhezone können dabei verworfen werden. Die Bewertung beruht auf den Klassifizierungsergebnissen der entsprechenden Modulpositionen. Die Bewertung der Ruhezone unterscheidet sich dabei von *'strict_quiet_zone'*. Symbole mit einer hohen Anzahl an schlechten Modulpositionen werden verworfen und somit nicht als Resultat zurückgegeben. Verworfene Symbole erhalten als *'status'* Werte beginnend mit *'strict_fp_and_qz: ...'*. Nach dem Doppelpunkt folgt eine detailliertere Information bzgl. des gescheiterten Tests.

'tolerant' **(Default):** In diesem Modus durchlaufen nur Symbole die zusätzlichen Checks, die eine erhöhte Wahrscheinlichkeit aufweisen tatsächlich ein falsch-positives Ergebnis darzustellen. Hierzu werden unterschiedliche Informationen berücksichtigt, wie bspw. der verwendete Suchdurchlauf wie auch die ungenutzte Fehlerkorrekturkapazität (*Unused error correction*).

'false', *'no'*: Die zusätzlichen Überprüfungen werden vollständig deaktiviert. Dies kann sinnvoll sein, wenn man Symbole mit einer niedrigen Anzahl an Zeilen und Spalten und bekanntermaßen gestörten Randbereichen lesen möchte. Allerdings birgt die Deaktivierung das Risiko von unbemerkten falsch-positiven Ergebnissen.

Werteliste: *'true'*, *'yes'*, *'tolerant'*, *'false'*, *'no'*
Default: *'tolerant'*

- Data Matrix ECC 200, DotCode, Micro QR Code und QR Code:

  'candidate_selection': Bestimmt die Auswahl der Kandidatenregionen, die verwendet werden, um Symbole im Bild zu finden. Wird dieser Parameter auf *'extensive'* gesetzt, so erhöht sich die Anzahl der generierten Kandidatenregionen und damit die Wahrscheinlichkeit einen Code zu finden. Wird dieser Parameter auf *'all'* gesetzt, werden alle möglichen Kandidaten genutzt. Wenn *'candidate_selection'* auf *'default'* gesetzt ist, werden weniger Kandidatenregionen verwendet.
  Werteliste: *'default'*, *'extensive'*,*'all'* (*'all'* ist nicht verfügbar für Data Matrix ECC 200)
  Für Data Matrix ECC 200:
  Default: *'default'* (enhanced: *'extensive'*, maximum: *'extensive'*)
  Für DotCode, Micro QR Code und QR Code:
  Default: *'default'* (enhanced: *'extensive'*, maximum: *'all'*)

- DotCode:

  'max_allowed_error_correction': Bestimmt die maximal zulässige Fehlerkorrektur. Aufgrund der hohen Fehlerkorrekturkapazität, ist es möglich 'false positive' DotCode Kandidaten erfolgreich zu dekodieren.

Besonders Kandidaten, die nur einen kleinen Teil eines echten DotCode-Symbols bedecken, werden aufgrund der Fehlerkorrektur eventuell erfolgreich dekodiert. Der Grund dafür ist, dass DotCode-Symbole so gut wie jede Größe annehmen können. Das macht es schwieriger falsche Kandidaten auszusortieren. Um diesem Problem entgegenzuwirken, kann der Parameter *'max_allowed_error_correction'* verwendet werden, um anzugeben wie viel Prozent der Fehlerkorrekturkapazität genutzt werden dürfen. Standardmäßig ist der Wert auf *1.0*, also 100% gesetzt. Wird der Wert z.B. auf *0.5* herabgesetzt, werden nur noch die Kandidaten als erfolgreich dekodierte Ergebnisse zurückgegeben, die mit maximal 50% genutzter Fehlerkorrektur dekodiert werden konnten.
Wertebereich: [*0.0* ... *1.0*]
Default: *'1.0'*

Beim Setzen der Modellparameter sollte den folgenden Punkten **besondere Beachtung** geschenkt werden:

- Ist der Parameter *'strict_model'* auf *'yes'* eingestellt, was standardmäßig der Fall ist, werden Symbole, die nicht den mit *'symbol_rows*'*, *'symbol_cols*'*, *'symbol_size*'*, *'version*'* oder *'format'* gemachten Größenvorgaben entsprechen, nicht gelesen. Dieses Verhalten kann dazu ausgenutzt werden, um im Bild nach Symbolen einer bestimmten Größe zu suchen, während von dieser Größe abweichende Symbole bewusst ignoriert werden sollen. Das kann jedoch auch zu Problemen führen, insbesondere dann wenn aus einer Serie von Datacodes ein Symbol zum Einstellen des Modells als Beispiel herausgegriffen wurde, in der späteren Anwendung jedoch unterschiedlich große Datacodes vorkommen können, was in der Praxis relativ häufig der Fall ist.
- Auf die Laufzeit von `find_data_code_2d` wird sich vor allem das Setzen der folgenden Parameter auswirken, und zwar in erster Linie dann, wenn im Bild *nicht* die geforderte Anzahl an Datacodes gefunden werden kann: *'polarity'*, *'module_size_min'* (Data Matrix ECC 200, QR Code und Micro QR Code) bzw. *'module_width_min'* und *'module_aspect_min'* (PDF417) und bei sehr kleinen minimalen Modulgrößen auch die Parameter *'module_gap_*'* (Data Matrix ECC 200, QR Code, Micro QR Code und Aztec Code), für QR Code auch *'position_pattern_min'*. Ist bei Data Matrix ECC 200 Symbolen *'finder_pattern_tolerance'* auf *'high'* oder *'any'* gesetzt, sollte die Symbolgröße so stark wie möglich mit *'symbol_size_min'*, *'symbol_size_max'*, *'symbol_size'* und *'symbol_shape'* eingeschränkt werden.

Parameter

▷ **DataCodeHandle** (input_control) ..... datacode_2d ⇝ *handle*
Handle des zu verwendenden 2D-Datacode-Modells.

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die für den 2D-Datacode eingestellt werden sollen.
Default: 'polarity'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'default_parameters', 'strict_model', 'persistence', 'polarity', 'mirrored', 'contrast_min', 'candidate_selection', 'discard_undecoded_candidates', 'model_type', 'version', 'version_min', 'version_max', 'string_encoding', 'symbol_size', 'symbol_size_min', 'symbol_size_max', 'symbol_cols', 'symbol_cols_min', 'symbol_cols_max', 'symbol_rows', 'symbol_rows_min', 'symbol_rows_max', 'symbol_shape', 'module_size', 'module_size_min', 'module_size_max', 'small_modules_robustness', 'module_width_min', 'module_width_max', 'module_width', 'module_aspect_min', 'module_aspect_max', 'module_aspect', 'module_gap', 'module_gap_min', 'module_gap_max', 'slant_max', 'module_grid', 'position_pattern_min', 'strict_quiet_zone', 'strict_fp_and_qz', 'abort', 'trained', 'timeout', 'alternating_pattern_tolerance', 'finder_pattern_tolerance', 'format', 'additional_levels', 'contrast_tolerance', 'deformation_tolerance', 'quality_isoiec15415_aperture_size', 'quality_isoiec15415_decode_algorithm', 'quality_isoiec15415_reflectance_reference', 'quality_isoiec15415_smallest_module_size', 'decoding_scheme', 'max_allowed_error_correction'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Parameter, die für den 2D-Datacode eingestellt werden sollen.
Default: 'light_on_dark'
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'standard_recognition', 'enhanced_recognition', 'maximum_recognition', 'all', 'yes', 'no', 'any', 'dark_on_light', 'light_on_dark', 'square', 'rectangle', 'small', 'big', 'fixed', 'variable', 'low', 'high', 'default', 'extensive', 'utf8', 'locale', 'raw', 'robust', 'reference', 'curved', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 30, 50, 70, 90, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 64, 72, 80, 88, 96, 104, 120, 132, 144}

Beispiel

```
* This examples shows how a model can be adapted to a specific symbol if
* the symbol parameters are known

* Create a model for reading Data matrix ECC 200 codes
create_data_code_2d_model ('Data Matrix ECC 200', [], [], DataCodeHandle)
* Restrict the model by setting the module size
set_data_code_2d_param (DataCodeHandle, \
                        ['module_size_min','module_size_max'], [4,7])
* Change the polarity setting of the model from 'dark_on_light' to
* 'light_on_dark'
set_data_code_2d_param (DataCodeHandle, 'polarity', \
                        'light_on_dark')

* Read an image
read_image (Image, 'datacode/ecc200/ecc200_cpu_010')
* Read the symbol in the image
find_data_code_2d (Image, SymbolXLDs, DataCodeHandle, [], [], \
                   ResultHandles, DecodedDataStrings)
* Clear the model
clear_data_code_2d_model (DataCodeHandle)
```

Ergebnis

`set_data_code_2d_param` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DataCodeHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_data_code_2d_model`, `read_data_code_2d_model`

Nachfolger

`get_data_code_2d_param`, `find_data_code_2d`, `write_data_code_2d_model`

Alternativen

`read_data_code_2d_model`

Siehe auch

`query_data_code_2d_params`, `get_data_code_2d_param`, `get_data_code_2d_results`, `get_data_code_2d_objects`

Modul

Data Code

write_data_code_2d_model (: : DataCodeHandle, FileName :)

Schreibt ein 2D-Datacode-Modell in eine Datei.

Der Operator `write_data_code_2d_model` schreibt ein mit `create_data_code_2d_model` angelegtes 2D-Datacode-Modell in eine Datei mit dem Namen `FileName`. Das so gesicherte Modell kann mit `read_data_code_2d_model` später wieder eingelesen und wiederverwendet werden. Die Dateiendung für

das 2D-Datacode-Modell ist in HALCON 'dcm'. Der Handle des zu schreibenden 2D-Datacode-Modells ist in `DataCodeHandle` zu übergeben.

Das Konzept des 2D-Datacode-Lesers ist bei der Einleitung zu Kapitel Identifizierung / Datacode beschrieben.

Parameter

▷ **`DataCodeHandle`** (input_control) ..... datacode_2d ⇝ *handle*
Handle des zu schreibenden 2D-Datacode-Modells.

▷ **`FileName`** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Name der zu schreibenden 2D-Datacode-Datei.
Default: 'data_code_model.dcm'
Dateiendung: `.dcm`

Beispiel

```
* This example demonstrates how a trained model can be saved for
* a future session

* Create a model for reading Data matrix ECC 200 codes
create_data_code_2d_model ('Data Matrix ECC 200', [], [], DataCodeHandle)
* Read a training image
read_image (Image, 'datacode/ecc200/ecc200_cpu_007')
* Train the model with the symbol in the image
find_data_code_2d (Image, SymbolXLDs, DataCodeHandle, 'train', 'all', \
                   ResultHandles, DecodedDataStrings)
* Write the model into a file
write_data_code_2d_model (DataCodeHandle, 'ecc200_trained_model.dcm')
* Clear the model
clear_data_code_2d_model (DataCodeHandle)
```

Ergebnis

`write_data_code_2d_model` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls der übergebene Handle gültig ist und das Modell in die Datei mit dem angegebenen Namen geschrieben werden kann. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`set_data_code_2d_param`, `find_data_code_2d`

Alternativen

`get_data_code_2d_param`

Siehe auch

`create_data_code_2d_model`, `set_data_code_2d_param`, `find_data_code_2d`

Modul

Data Code

Kapitel 14

Inspektion

14.1 Kleberaupeninspektion

apply_bead_inspection_model (Image : LeftContour, RightContour, ErrorSegment : BeadInspectionModel : ErrorType)

Inspizieren einer Kleberaupe in einem Bild.

Der Operator apply_bead_inspection_model inspiziert die durch das Modell BeadInspectionModel definierte Kleberaupe im Bild Image. Gefundene Fehler werden als Konturesegmente in ErrorSegment zurückgegeben. Pro Segment wird in ErrorType der Typ des gefundenen Fehlers zurückgegeben. Die folgenden Fehlertypen ErrorType können auftreten (siehe auch create_bead_inspection_model):

'no bead': Für diese Position auf dem Modell konnte keine Kleberaupe gefunden werden.

'incorrect position': Das Zentrum der gefundenen Kleberaupe ist an dieser Postion weiter von der Modellkontur entfernt als PositionTolerance erlaubt.

'too thin': Die Kleberaupe ist dünner als erlaubt (siehe TargetThickness und ThicknessTolerance).

'too thick': Die Kleberaupe ist breiter als erlaubt (siehe TargetThickness und ThicknessTolerance).

Die Werte der generischen Parameter, die mit create_bead_inspection_model oder set_bead_inspection_param gesetzt wurden können die Ergebnisse der Inspektion stark beeinflussen. Siehe dazu auch create_bead_inspection_model.

Es ist zu beachten, dass der Operator die Bilddomäne ignoriert und das Modell auf das gesamte Bild anwendet.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Bild mit der zu inspizierenden Kleberaupe.
- ▷ **LeftContour** (output_object) ..... xld-array ⇝ *object*
  Detektierte linke Kontur.
- ▷ **RightContour** (output_object) ..... xld-array ⇝ *object*
  Detektierte rechte Kontur.
- ▷ **ErrorSegment** (output_object) ..... xld-array ⇝ *object*
  Detektierte Fehlersegmente.
- ▷ **BeadInspectionModel** (input_control) ..... bead_inspection_model ⇝ *handle*
  Handle des zu verwendenden Modells.
- ▷ **ErrorType** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
  Typ der gefundenen Fehler.

Ergebnis

Der Operator apply_bead_inspection_model gibt 2 (H_MSG_TRUE) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- BeadInspectionModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_bead_inspection_model`, `set_bead_inspection_param`

Nachfolger

`set_bead_inspection_param`, `clear_bead_inspection_model`

Siehe auch

`get_bead_inspection_param`, `create_bead_inspection_model`, `set_bead_inspection_param`

Modul

2D Metrology

`clear_bead_inspection_model` (: : BeadInspectionModel :)

Freigeben eines Modells zur Kleberaupeninspektion.

Der Operator `clear_bead_inspection_model` gibt das Modell `BeadInspectionModel` frei, welches von `create_bead_inspection_model` erzeugt wurde. Aller vom Modell verwendeter Speicher wird freigegeben. Nach dem Aufruf von `clear_bead_inspection_model` ist `BeadInspectionModel` ungültig.

Parameter

▷ **`BeadInspectionModel`** (input_control) ..... bead_inspection_model ⇝ *handle*
Handle des Modells zur Kleberaupeninspektion.

Ergebnis

Der Operator `clear_bead_inspection_model` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- BeadInspectionModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_bead_inspection_model`

Siehe auch

`create_bead_inspection_model`

Modul

2D Metrology

create_bead_inspection_model (BeadContour : : TargetThickness, ThicknessTolerance, PositionTolerance, Polarity, GenParamName, GenParamValue : BeadInspectionModel)

Erzeugen eines Modells zur Inspektion von Kleberaupen.

create_bead_inspection_model erzeugt ein neues Modell zur Inspektion von Kleberaupen.

Grundprinzip der Inspektion von Kleberaupen

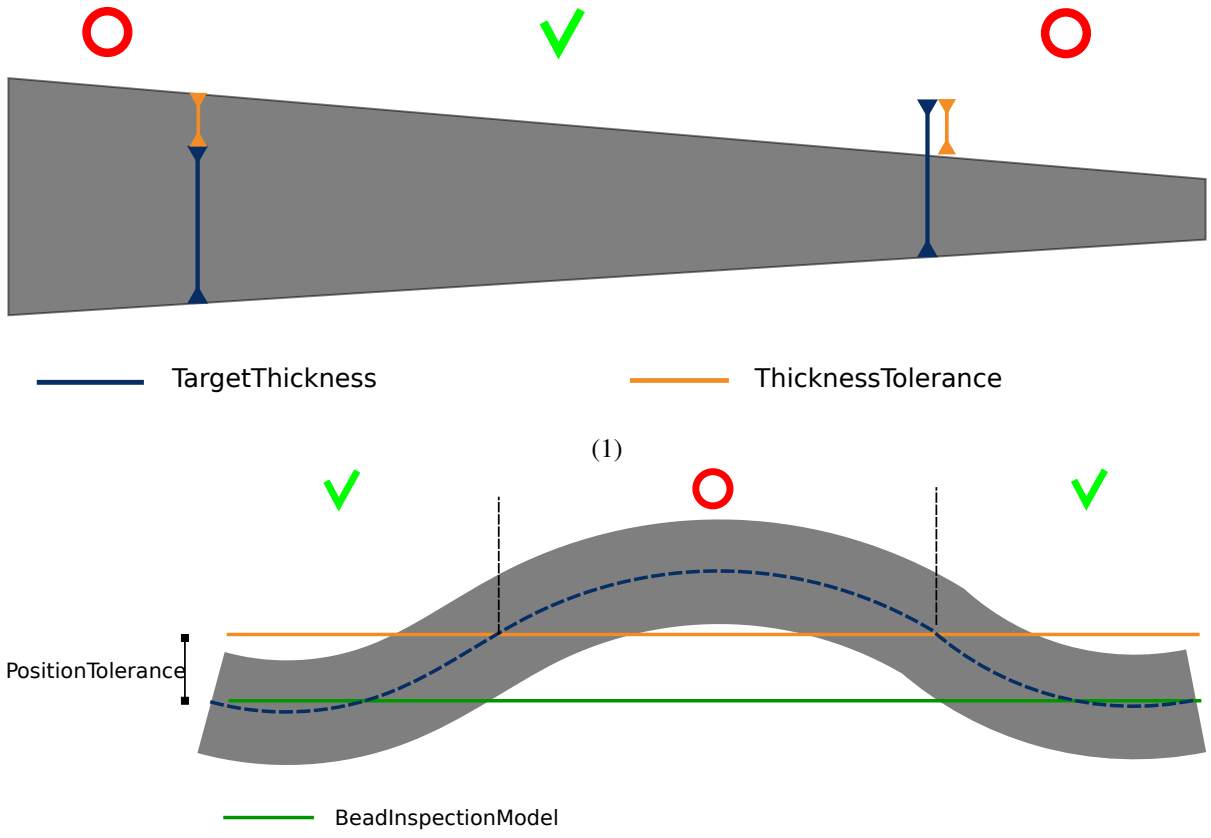
Die Operatoren zur Kleberaupeninspektion erlauben es eine Referenzkontur festzulegen, die die Position und Form einer Kleberaupe repräsentiert. In Aufnahmen entsprechender Kleberaupen kann damit verifiziert werden, ob sich eine Kleberaupe an den von der Referenzkontur festgelegten Positionen befindet und ob sie von akzeptabler Breite ist. Diese Bilder müssen bereits zur Modellkontur ausgerichtet sein.

Der Operator create_bead_inspection_model gibt einen Handle auf das Modell in BeadInspectionModel zurück, welcher später benutzt werden kann um weitere Operationen damit durchzuführen. Das beinhaltet das Setzen von Parametern und das Durchführen der Inspektion.

Modellkontur

Um Kleberaupen inspizieren zu können, wird eine Kontur in BeadContour benötigt, die als Modell dient. So eine Kontur kann beispielsweise mit den Operatoren gen_contour_polygon_xld oder gen_contour_nurbs_xld erzeugt werden. Mit draw_polygon oder draw_nurbs kann sie im Grafikfenster direkt über ein Referenzbild gezeichnet werden. Bestehen die zu inspizierenden Kleberaupen aus mehreren Teilen, müssen mehrere Modelle erzeugt werden.

Basisparameter



Die Basisparameter für ein Modell zur Inspektion von Kleberaupen

Die folgenden Parameter werden bei der Erzeugung des Modells benötigt:

TargetThickness: bestimmt die optimale Breite der Kleberaupe in Pixeln.

ThicknessTolerance: bestimmt die Toleranz bezüglich der Breite der Kleberaupe. Ein Teil einer Kleberaupe wird als korrekt identifiziert, wenn seine Breite innerhalb des folgenden Intervalls liegt: [TargetThickness-ThicknessTolerance, TargetThickness+ThicknessTolerance]

PositionTolerance: bestimmt die Toleranz bezüglich der Position der Kleberaupe in Pixeln. Die Position ist das Zentrum der gefundenen Kleberaupe. Ein Teil einer Kleberaupe wird als korrekt identifiziert, wenn die Abweichung dieser Position zur entsprechenden Position auf der Modellkontur kleiner als PositionTolerance ist.

Polarity: bestimmt die Polarität der Kleberaupe in den zu inspizierenden Bildern. *'light'* wenn die Kleberaupe heller im Bild erscheint als ihr Hintergrund, ansonsten *'dark'*.

Parameter für die Kantenextraktion

Die Inspektion von Kleberaupen verwendet Kantenextraktion um die Position der Kleberaupe im Bild zu bestimmen. Eine korrekte Wahl der Parameter für die Kantenextraktion führt zu besseren Ergebnissen (siehe auch measure_pos).

Die folgenden Parameter können für GenParamName gesetzt werden.

'sigma': Setzt die Standardabweichung der zur Glättung verwendeten Gaußmaske. Die Wahl von *'sigma'* hängt von der Bildqualität ab, hauptsächlich vom Rauschanteil.
Default: *2.0*

'threshold': Setzt die Schwelle für die Amplitude der extrahierten Kanten. Ein höherer Wert für *'threshold'* verringert die Extraktion von Kanten im Bildrauschen. *'threshold'* muss mindesten *1* betragen.
Default: *30*

Der Measure Assistent kann verwendet werden um geeignete Werte für diese beiden Parameter zu bestimmen.

Parameter

- ▷ **BeadContour** (input_object) ..... xld ⇝ *object*
  XLD Kontur zur Festlegung der Position und Form der Kleberaupe.
- ▷ **TargetThickness** (input_control) ..... integer ⇝ *integer* / real
  Optimale Breite der Kleberaupe.
  Default: 50
  Wertebereich: 5 ≤ TargetThickness
- ▷ **ThicknessTolerance** (input_control) ..... integer ⇝ *integer* / real
  Toleranz bezüglich der Breite der Kleberaupe.
  Default: 15
  Wertebereich: 0 ≤ ThicknessTolerance
- ▷ **PositionTolerance** (input_control) ..... integer ⇝ *integer* / real
  Toleranz bezüglich der Position der Kleberaupe.
  Default: 15
  Wertebereich: 0 ≤ PositionTolerance
- ▷ **Polarity** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Polarität der Kleberaupe.
  Default: 'light'
  Werteliste: Polarity ∈ {'light', 'dark'}
- ▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: GenParamName ∈ {'sigma', 'threshold'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Werte der generischen Parameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {0.6, 1.0, 4.0, 5.0, 10.0, 50.0}
- ▷ **BeadInspectionModel** (output_control) ..... bead_inspection_model ⇝ *handle*
  Handle für das neu erzeugte Modell.

Beispiel

```
* Read the image of the bead to be inspected.
read_image (Image, 'bead/adhesive_bead_01')
* Define the reference path of the adhesive beads.
```

```
gen_contour_nurbs_xld (ContourRef, \
                       [610.974,533.443,461.763,393.009,330.106,287.683, \
                        270.129,265.74,265.74,300.849,331.569,376.917, \
                        438.357,489.557,539.294], \
                       [418.581,424.27,439.441,473.574,526.67,574.078, \
                        644.241,708.715,765.604,818.7,866.107,915.411, \
                        966.611,998.848,993.159], \
                       'auto', \
                       [15,15,15,15,15,15,15,15,15,15,15,15,15,15,15], \
                       3, 1, 5)
*
* Create the bead inspection model, identifying the bead's parameters
create_bead_inspection_model (ContourRef, 14, 7, 30, 'dark', [], [], \
                              BeadInspectionModel)
*
* Apply the bead inspection model to the image
apply_bead_inspection_model (Image, LeftContour, RightContour, \
                             ErrorSegment, BeadInspectionModel, \
                             ErrorType)
```

Ergebnis

Der Operator `create_bead_inspection_model` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- BeadInspectionModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`gen_contour_nurbs_xld`, `gen_contour_polygon_xld`

Nachfolger

`apply_bead_inspection_model`, `set_bead_inspection_param`

Siehe auch

`clear_bead_inspection_model`

Modul

2D Metrology

get_bead_inspection_param (: : BeadInspectionModel, GenParamName : GenParamValue)

Abfragen der Parameter eines Modells zur Inspektion von Kleberaupen.

Mit dem Operator `get_bead_inspection_param` können die Werte der Parameter des Modells `BeadInspectionModel` abgefragt werden.

Es können alle Parameter abgefragt werden, die mit `set_bead_inspection_param` gesetzt werden können. Mehrere Parameter können mit einem einzigen Aufruf abgefragt werden.

Parameter

▷ **BeadInspectionModel** (input_control) . . . . . bead_inspection_model ⇝ *handle*
Handle des Modells zur Kleberaupeninspektion.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Name des abzufragenden Parameters.
Default: 'target_thickness'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'target_thickness', 'thickness_tolerance', 'position_tolerance', 'polarity', 'sigma', 'threshold'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *integer* / real / string
Wert des Parameters.

Ergebnis

Der Operator `get_bead_inspection_param` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_bead_inspection_model`, `set_bead_inspection_param`

Nachfolger

`apply_bead_inspection_model`, `set_bead_inspection_param`

Siehe auch

`create_bead_inspection_model`, `set_bead_inspection_param`

Modul

2D Metrology

set_bead_inspection_param (: : BeadInspectionModel, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen von Parametern des Modells zur Inspektion von Kleberaupen.

Mit dem Operator `set_bead_inspection_param` können die Parameter eines Modells zur Kleberaupeninspektion für eine spezielle Inspektionsaufgabe angepasst werden. Alle Parameter ausgenommen der Modellkontur können mit diesem Operator gesetzt werden. Die aktuell gesetzten Parameterwerte können mit dem Operator `get_bead_inspection_param` abgefragt werden.

Zu setzende Parameter

Die folgenden Parameter können gesetzt werden:

'target_thickness': setzt den Parameter `TargetThickness`.

'thickness_tolerance': setzt den Parameter `ThicknessTolerance`.

'position_tolerance': setzt den Parameter `PositionTolerance`.

'polarity': setzt den Parameter `Polarity`.

'sigma'

'threshold'

Diese Parameter sind ausführlich in der Referenz von `create_bead_inspection_model` beschrieben.

Parameter

▷ **BeadInspectionModel** (input_control) . . . . . bead_inspection_model ⇝ *handle*
Handle des Modells zur Kleberaupeninspektion.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Name des zu setzenden Parameters.
Default: 'target_thickness'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'target_thickness', 'thickness_tolerance', 'position_tolerance', 'polarity', 'sigma', 'threshold'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Neuer Parameterwert.
Default: 40
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {40, 10, 15, 0.6, 1.0, 4.0, 5.0, 'light', 'dark'}

Ergebnis

Der Operator `set_bead_inspection_param` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- BeadInspectionModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_bead_inspection_model`

Nachfolger

`apply_bead_inspection_model`, `get_bead_inspection_param`

Alternativen

`create_bead_inspection_model`

Siehe auch

`create_bead_inspection_model`, `clear_bead_inspection_model`

Modul

2D Metrology

14.2 OCV

close_ocv (: : OCVHandle :)

Freigeben eines OCV-Tools.

`close_ocv` gibt ein OCV-Tool frei, das mit `create_ocv_proj` oder `read_ocv` angelegt wurde. Das Handle ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **OCVHandle** (input_control) . . . . . ocv ⇝ *handle*
Handle des OCV-Tools, das freigegeben werden soll.

Beispiel

```
read_ocv("ocv_file",&ocv_handle);
for (i=0; i<1000; i++)
{
  grab_image_async(&Image,fg_handle,-1);
  reduce_domain(Image,ROI,&Pattern);
  do_ocv_simple(Pattern,ocv_handle,"A",
                "true","true","false","true",10,
                &Quality);
}
close_ocv(ocv_handle);
```

Ergebnis

`close_ocv` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Handle gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- OCVHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`read_ocv`, `create_ocv_proj`

Siehe auch

`close_ocr`

Modul

OCR/OCV

create_ocv_proj (: : PatternNames : OCVHandle)

Erzeugen eines neuen OCV-Tools basierend auf Grauwertprojektionen.

`create_ocv_proj` erzeugt ein neues OCV-Tool. Dieses kann danach mit „Gut-Zeichen“ trainiert werden. Hierzu steht der Operator `traind_ocv_proj` zur Verfügung. Dieser Operator wird daher normalerweise im Anschluss an `create_ocv_proj` aufgerufen.

Das Verfahren des Objektvergleiches basiert auf den Grauwertprojektionen. Hierzu werden beim Training und beim Vergleich die Grauwerte des Musters horizontal und vertikal aufsummiert. Die so erhaltenen Daten werden dann miteinander verglichen. Um so ähnlicher sich die Projektionen sind, um so höher ist die Güte des Objektes.

Übergeben werden die Namen der Zeichen (`PatternNames`), die trainiert werden sollen. Die Anzahl der Zeichen und auch die zu vergebenden Namen können frei gewählt werden. Im einfachsten Fall wird nur ein Name angegeben. Die Namen werden beim Training und in der Anwendung (Bewertung von Zeichen) zur Identifikation der „Gut-Zeichen“ verwendet. Die Namen können nicht geändert werden. Es können mehr Namen vergeben werden als später trainiert werden. Geschlossen wird das Tool mit dem Operator `close_ocv`. Hierdurch wird der Speicher wieder freigegeben.

Parameter

▷ **PatternNames** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Liste von Namen der zu lernenden Zeichen.
Default: ’a’

▷ **OCVHandle** (output_control) . . . . . ocv ⇝ *handle*
Handle des erzeugten OCV-Tools.

Beispiel

```
create_ocv_proj("A",&ocv_handle);
draw_region(&ROI,window_handle);
reduce_domain(Image,ROI,&Sample);
traind_ocv_proj(Sample,ocv_handle,"A","single");
```

Ergebnis

`create_ocv_proj` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`traind_ocv_proj`, `write_ocv`, `close_ocv`

Alternativen

`read_ocv`

Siehe auch

`create_ocr_class_box`

Modul

OCR/OCV

`deserialize_ocv ( : : SerializedItemHandle : OCVHandle )`

Deserialisieren eines serialisierten OCV-Tools.

`deserialize_ocv` deserialisiert ein OCV-Tool, welches mit `serialize_ocv` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte OCV-Tool wird in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten OCV-Tool mit dem Handle `OCVHandle` gespeichert. Nach dem Deserialisieren kann entweder das Training fortgesetzt werden (`traind_ocv_proj`), sofern dies noch nicht abgeschlossen wurde, oder es kann direkt eine Bewertung von Zeichen ausgeführt werden (`do_ocv_simple`).

Parameter

▷ **`SerializedItemHandle`** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **`OCVHandle`** (output_control) ..... ocv ⇝ *handle*
Handle des OCV-Tools.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_ocv` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_ocv`

Nachfolger

`do_ocv_simple`, `close_ocv`

Modul

OCR/OCV

do_ocv_simple (Pattern : : OCVHandle, PatternName, AdaptPos, AdaptSize, AdaptAngle, AdaptGray, Threshold : Quality)

Bewerten eines Zeichens mit einem OCV-Tool.

`do_ocv_simple` bewertet das übergebene Zeichen (`Pattern`). Das Zeichen muss vorher mit dem OCV-Tool trainiert worden sein. Die Region sollte dabei in etwa die gleiche (relative) Ausdehnung und Form haben wie beim Training. Zur Kennzeichnung des Zeichens wird der gleiche Name wie beim Training in `PatternName` übergeben. Über die nächsten vier Parameter kann dann Einfluss auf die automatische Anpassung genommen werden: `AdaptPos` und `AdaptSize` beziehen sich auf die Geometrie des Zeichens. Mit `AdaptPos` wird festgelegt, ob eine Verschiebung des Zeichens kompensiert werden soll. `AdaptSize` legt fest, ob eine Größenveränderung angepasst werden soll. `AdaptAngle` ist nicht implementiert. Der Parameter `AdaptGray` bezieht sich auf die Grauwertanpassung. Zum einen wird eine additive Grauwertänderung kompensiert, gleichzeitig wird eine multiplikative Grauwertänderung angepasst.

Der Parameter `Threshold` gibt den Mindestunterschied der Grauwerte an, der als Fehler interpretiert wird. Als Resultat ergibt sich dann der Prozentsatz der fehlerhaften Pixel. Wird mit dem Parameter `Threshold` eine Schwelle kleiner als 0 übergeben, besteht das Resultat stattdessen in der Summe aller Abweichungen normiert auf die Fläche der Region.

Das Ergebnis des Operators ist eine Bewertung des Zeichens. Dies ist der Unterschied der Grauwerte zwischen dem aktuellen Zeichen und dem Trainingszeichen nach den entsprechenden automatischen Anpassungen. Der Wert von `Quality` liegt zwischen 0 und 1. Der Wert 1 bedeutet, dass das Zeichen mit dem Muster identisch ist. Der Wert 0 steht für eine sehr große Abweichung.

Parameter

- ▷ **Pattern** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
  Zu bewertendes Zeichen.
- ▷ **OCVHandle** (input_control) . . . . . ocv ⇝ *handle*
  Handle des OCV-Tools.
- ▷ **PatternName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Name des Zeichens.
  Default: 'a'
- ▷ **AdaptPos** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Anpassung an horizontale und vertikale Verschiebung.
  Default: 'true'
  Werteliste: `AdaptPos` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **AdaptSize** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Anpassung an horizontale und vertikale Größenveränderung.
  Default: 'true'
  Werteliste: `AdaptSize` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **AdaptAngle** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Anpassung der Orientierung (nicht implementiert).
  Default: 'false'
  Werteliste: `AdaptAngle` ∈ {'false'}
- ▷ **AdaptGray** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Anpassung an additive und multiplikative Grauwertänderungen.
  Default: 'true'
  Werteliste: `AdaptGray` ∈ {'true', 'false'}

▷ **Threshold** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Mindestdifferenz der Muster.
Default: 10
Wertevorschläge: Threshold ∈ {-1.0, 0.0, 1.0, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 80.0, 100.0, 150.0}

▷ **Quality** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Bewertung des Zeichens.
Wertebereich: 0.0 ≤ Quality ≤ 1.0

Ergebnis

do_ocv_simple liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Handle und die Vergleichsdaten gültig sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

traind_ocr_class_box, trainf_ocr_class_box, read_ocv, threshold, connection, select_shape

Nachfolger

close_ocv

Siehe auch

create_ocv_proj

Modul

OCR/OCV

read_ocv (: : FileName : OCVHandle)

Einlesen eines OCV-Tools von Datei.

read_ocv liest ein OCV-Tool von Datei. Der Zustand des Tools ist identisch mit dem Zustand beim Speichern (write_ocv). Nach dem Lesen kann entweder das Training fortgesetzt werden (traind_ocv_proj), sofern dies noch nicht abgeschlossen wurde, oder es kann direkt eine Bewertung von Zeichen ausgeführt werden (do_ocv_simple).

Als Extension der Datei wird '.ocv' verwendet. Falls diese bei dem Dateinamen nicht angegeben ist, wird sie automatisch angefügt.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der Datei die gelesen werden soll.
Default: 'test_ocv'
Dateiendung: .ocv

▷ **OCVHandle** (output_control) . . . . . ocv ⇝ *handle*
Handle des gelesenen OCV-Tools.

Beispiel

```
read_ocv("ocv_file",&ocv_handle);
for (i=0; i<1000; i++)
{
  grab_image_async(&Image,fg_handle,-1);
  reduce_domain(Image,ROI,&Pattern);
  do_ocv_simple(Pattern,ocv_handle,"A",
                "true","true","false","true",10,
```

```
                &Quality);
}
close_ocv(ocv_handle);
```

Ergebnis

`read_ocv` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Datei korrekt ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`write_ocv`

Nachfolger

`do_ocv_simple`, `close_ocv`

Siehe auch

`read_ocr`

Modul

OCR/OCV

`serialize_ocv` (: : OCVHandle : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines OCV-Tools.

`serialize_ocv` serialisiert die Daten eines OCV-Tools (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von `write_ocv` in eine Datei geschrieben werden. Das OCV-Tool wird in dem Handle `OCVHandle` übergeben. Das serialisierte OCV-Tool wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und kann mit `deserialize_ocv` wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **`OCVHandle`** (input_control) ..... ocv ⇝ *handle*
Handle des OCV-Tools.

▷ **`SerializedItemHandle`** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_ocv` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`traind_ocv_proj`

Nachfolger

`fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_ocv`

Modul

OCR/OCV

traind_ocv_proj (Pattern : : OCVHandle, Name, Mode :)

Training eines OCV-Tools mit Zeichen.

traind_ocv_proj trainiert ein OCV-Tool das mit create_ocv_proj erzeugt oder mit read_ocv eingelesen wurde. Zum Training werden dem System die Zeichen als Regionen mit dem zugehörigen Bild übergeben. Es ist zu beachten, dass die Region nicht nur den Vordergrund des Zeichens (z.B. die dunklen Pixel) beinhaltet, sondern auch Pixel von der Umgebung des Zeichens. Dies kann z.B. das umschließende Rechteck des Zeichens sein. Ohne diesen Kontext kann ein Zeichen nicht beurteilt werden.

Falls mehr als ein Muster gelernt werden soll, kann das Training durch einen Aufruf mit mehreren Zeichen zusammen mit einem Tupel der zugehörigen Namen oder durch mehrfache Aufrufe des Operators mit jeweils einem Muster realisiert werden. Das Verhalten, d.h. die Bewertung eines Zeichens, wird hierdurch nicht beeinflusst. Die Laufzeit des Trainings wird jedoch bei einer Aufteilung auf mehrere Aufrufe etwas höher sein.

Parameter

- ▷ **Pattern** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
  Zu trainierende Zeichen.
- ▷ **OCVHandle** (input_control) ..... ocv ⇝ *handle*
  Handle des zu trainierenden OCV-Tools.
- ▷ **Name** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Name(n) der zu untersuchenden Objekte.
  Default: 'a'
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Modus für Training (nur ein Modus verfügbar).
  Default: 'single'
  Werteliste: Mode ∈ {'single'}

Beispiel

```
create_ocv_proj("A",&ocv_handle);
draw_region(&ROI,window_handle);
reduce_domain(Image,ROI,&Sample);
traind_ocv_proj(Sample,ocv_handle,"A","single");
```

Ergebnis

traind_ocv_proj liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Handle und die Trainingsdaten gültig sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- OCVHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

write_ocr_trainf, create_ocv_proj, read_ocv, threshold, connection, select_shape

Nachfolger

close_ocv

Siehe auch

traind_ocr_class_box

Modul

OCR/OCV

write_ocv (: : OCVHandle, FileName :)

Sichern eines neuen OCV-Tools in eine Datei.

write_ocv schreibt ein OCV-Tool in eine Datei. Dies kann nach dem Operator traind_ocv_proj zum Sichern des Zustandes verwendet werden. Das OCV-Tool wird durch das Schreiben nicht verändert. Die Datei kann später mit read_ocv wieder eingelesen werden. Als Extension wird '.ocv' verwendet. Wenn diese Extension nicht mit dem Dateinamen angegeben ist, wird sie automatisch angefügt.

Parameter

▷ **OCVHandle** (input_control) ..... ocv ⇝ *handle*
Handle des zu schreibenden OCV-Tools.

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Name der Datei, in die das Tool gesichert werden soll.
Default: 'test_ocv'
Dateiendung: .ocv

Ergebnis

write_ocv liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Daten korrekt sind und die Datei geschrieben werden kann. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

traind_ocv_proj

Nachfolger

close_ocv

Siehe auch

write_ocr

Modul

OCR/OCV

14.3 Strukturiertes Licht

Dieses Kapitel beschreibt die Verwendung von strukturiertem Licht zur Oberflächeninspektion (Deflektometrie).

Konzept von strukturiertem Licht

Das grundlegende Konzept von strukturiertem Licht beruht auf strukturierter Beleuchtung, einer Beleuchtung mit bekannten Mustern. Die Art und Weise, wie diese Muster nach dem Auftreffen auf eine Oberfläche in der Szene erscheinen, lässt eine weitere Analyse oder Rekonstruktion (siehe 3D-Rekonstruktion / Strukturiertes Licht) der Oberfläche zu.

Unter Deflektometrie versteht man die Analyse der Reflexionen bekannter Muster von spiegelnden oder halbmatten Oberflächen. Jedes Muster-Bild muss auf einem Display oder Monitor angezeigt werden. Es wird von der zu untersuchenden Oberfläche reflektiert, und ein entsprechendes Kamerabild der Reflexion wird aufgenommen. Verformungen der Muster im Kamerabild werden von der spiegelnden Oberfläche verursacht, so dass Oberflächendefekte detektiert werden können.

Die zur Verwendung von strukturiertem Licht für die Deflektometrie notwendigen Schritte werden im Folgenden kurz erläutert.

Erzeugen eines Modells für strukturiertes Licht: Im ersten Schritt wird das Modell für strukturiertes Licht mit

- create_structured_light_model (ModelType='*deflectometry*')

erzeugt oder mit

- read_structured_light_model

eingelesen.

Setzen der Modellparameter: Die unterschiedlichen Modellparameter können mit

- set_structured_light_model_param

gesetzt oder mit

- get_structured_light_model_param

abgefragt werden. Die Parameter *'pattern_width'*, *'pattern_height'*, *'pattern_orientation'* und *'pattern_type'* spezifizieren, mitsamt den Parametern *'min_stripe_width'* und *'single_stripe_width'* die Vorgaben der zu erzeugenden Muster-Bilder, welche zur Beleuchtung der Oberfläche benutzt werden. Schließlich kann der Parameter *'persistence'* gesetzt werden, um die Zwischenergebnisse zu debuggen.

Erzeugen der Muster-Bilder: Die Muster-Bilder werden mit gen_structured_light_pattern erzeugt, nachdem alle relevanten Parameter gesetzt wurden. Es ist sicherzustellen, dass die erzeugten Muster-Bilder an den Bedarf des jeweiligen Setups angepasst sind.

Beleuchtung der Oberfläche mit Mustern und Aufnahme der Kamerabilder: In dieser Phase werden die Muster-Bilder auf dem Monitor angezeigt. Für jedes Muster-Bild wird ein Kamerabild der beleuchteten Oberfläche aufgenommen.

Dekodieren der aufgenommenen Bilder: Die erzeugten Kamerabilder CameraImages können mit decode_structured_light_pattern dekodiert werden. Nach Aufruf dieses Operators werden die Korrespondenzbilder erzeugt und in dem Modell StructuredLightModel gespeichert.

Abrufen der Ergebnisse: Die dekodierten Korrespondenzbilder *'correspondence_image'* sowie die anderen Ergebnisse können mit get_structured_light_object abgefragt werden. Weitere Details über die verschiedenen Objekte, die abgefragt werden können, finden sich in der Referenzdokumentation des Operators.

Auch das Defektbild *'defect_image'* kann mit get_structured_light_object erzeugt und abgerufen werden.

Weitere Operatoren

Das Modell für strukturiertes Licht bietet diverse Operatoren, die dabei helfen, auf Modellparameter zuzugreifen und diese zu aktualisieren.

Mit write_structured_light_model kann das Modell für strukturiertes Licht in einer Datei gespeichert werden. Es ist sicherzustellen, dass zuvor generierte Muster-Bilder nicht in dieser Datei gespeichert werden. Mit read_structured_light_model kann die Modell-Datei gelesen werden.

Des Weiteren ist es möglich, das Modell mit den Operatoren serialize_structured_light_model und deserialize_structured_light_model zu serialisieren und zu deserialisieren.

Weiterführende Informationen

Weitere Details zu strukturiertem Licht finden sich im „Solution Guide Basics".

clear_structured_light_model (: : StructuredLightModel :)

Löschen eines Modells für strukturiertes Licht und Freigabe des verwendeten Speichers.

Der Operator clear_structured_light_model löscht ein Modell für strukturiertes Licht, das mit create_structured_light_model erzeugt wurde. Aller vom Modell verwendeter Speicher wird freigegeben. Das Handle des Modells wird in StructuredLightModel übergeben. Nach dem Aufruf von clear_structured_light_model ist das Handle ungültig.

Das Konzept des strukturierten Lichts sowie die unterstützen Anwendungsbereiche werden in der Einleitung des Kapitels Inspektion / Strukturiertes Licht beschrieben.

Parameter

▷ **StructuredLightModel** (input_control) . . . . . structured_light_model(-array) ⇝ *handle*
Handle des Modells für strukturiertes Licht.

Ergebnis

Der Operator `clear_structured_light_model` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, falls ein gültiger Handle übergeben wurde und der entsprechende Handle korrekt freigegeben werden kann. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- StructuredLightModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Siehe auch

`create_structured_light_model`

Modul

3D Metrology

create_structured_light_model (: : ModelType : StructuredLightModel)

Erzeugen eines Modells für strukturiertes Licht.

`create_structured_light_model` erzeugt ein neues Modell für strukturiertes Licht vom Typ `ModelType`. Aktuell sind die Typen *'deflectometry'* und *'3d_reconstruction'* verfügbar.

Die Parameter des Modells können mit `get_structured_light_model_param` abgefragt und mit `set_structured_light_model_param` manipuliert werden.

Das Konzept des strukturierten Lichts sowie die unterstützen Anwendungsbereiche werden in der Einleitung des Kapitels Inspektion / Strukturiertes Licht beschrieben.

Parameter

▷ **ModelType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Typ des erzeugten Modells für strukturiertes Licht.
Default: 'deflectometry'
Werteliste: `ModelType` ∈ {'3d_reconstruction', 'deflectometry'}

▷ **StructuredLightModel** (output_control) . . . . . structured_light_model ⇝ *handle*
Handle des Modells für strukturiertes Licht.

Beispiel

```
* Create the model
create_structured_light_model ('deflectometry', StructuredLightModel)
* Generate the patterns to project
gen_structured_light_pattern (PatternImages, StructuredLightModel)
* Decode the camera images
decode_structured_light_pattern (CameraImages, StructuredLightModel)
```

Ergebnis

Der Operator `create_structured_light_model` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, falls das Modell für strukturiertes Licht korrekt allokiert werden kann. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`set_structured_light_model_param`, `get_structured_light_model_param`

Modul

3D Metrology

decode_structured_light_pattern (
`CameraImages : : StructuredLightModel : )`

Dekodieren der aufgenommenen Kamerabilder bei einem Verfahren mit strukturiertem Licht.

`decode_structured_light_pattern` dekodiert die Kamerabilder `CameraImages`, die zuvor bei einem Verfahren mit strukturiertem Licht aufgenommen wurden. Die bei der Dekodierung erzeugten Korrespondenzbilder und andere Zwischenergebnisse werden im Model `StructuredLightModel` gespeichert und können im Anschluss mit dem Operator `get_structured_light_object` abgerufen werden.

Im Folgenden wird der Dekodiervorgang ausführlich erklärt:

Wie in `gen_structured_light_pattern` angemerkt, ist es im ersten Schritt notwendig zu entscheiden, ob ein Kamerapixel eine Region beobachtet, die von einem weißen Streifen oder einem schwarzen Streifen beleuchtet wird. Um diesen Entscheidungsprozess zu vereinfachen, werden Normalisierungsbilder benutzt und ein lokal wechselnder Schwellenwert bestimmt, der variierende Reflexionsgrade oder Helligkeit des Objekts und variierende Lichtverhältnisse verarbeiten kann. Während des Dekodiervorgangs der aufgenommenen Kamerabilder werden alle Gray-Code-Bilder mit diesem vorberechneten Schwellenwert verglichen. Ein Kamerapixel wird als hell klassifiziert, wenn sein Grauwert größer oder gleich diesem Schwellenwert ist.

Ferner wird während des Dekodiervorgangs die Musterregion bestimmt. Die Segmentierung wird vom Parameter *'min_gray_difference'* (siehe `set_structured_light_model_param`) kontrolliert.

Angenommen, es wurden n Gray-Code-Bilder verarbeitet, erhält man für jedes Pixel einen binären n-bit Code. Aus dieser Folge lassen sich Zeile und Spalte des Monitors oder Projektors bis auf $'min_stripe_width'/2$ bestimmen.

Besteht das `StructuredLightModel` nicht nur aus Gray-Code-Bildern, sondern ist ein Hybrid-System mit Phasenbildern (siehe `gen_structured_light_pattern`), so werden im nächsten Schritt die Phasenbilder dekodiert. Das Ergebnis ist ein subpixelgenaues Korrespondenzbild zwischen Monitor- oder Projektor- und Kamerakoordinaten, das die Information beinhaltet, welches Kamerapixel welches Monitor- oder Projektorpixel beobachtet.

Wenn der Parameter *'pattern_type'* des Modells `StructuredLightModel` auf *'single_stripe'* gesetzt wird, wird im ersten Schritt des Dekodierprozesses entschieden, welcher Einzelstreifen sein Licht auf einen Kamerapixel wirft. Die Gray-Code-Folge und die Phase werden dann verwendet, um die Position innerhalb des gefundenen Einzelstreifens zu verfeinern.

Es kann vorkommen, dass die detektierte Gray-Code-Folge eines Pixels falsch ist. Dies kann zu Werten im Korrespondenzbild führen, die Monitor- oder Projektor-Zeilen und -Spalten darstellen, die größer als die Monitor- oder Projektor-Breite und -Höhe sind. Um diese Probleme zu vermeiden, ist der letzte Schritt des Dekodiervorgangs die Entfernung dieser Werte aus dem Korrespondenzbild.

Parameter

▷ **CameraImages** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
Aufgenommene Kamerabilder.

▷ **StructuredLightModel** (input_control) . . . . . structured_light_model ⇝ *handle*
Handle des Modells für strukturiertes Licht.

Beispiel

```
* Create the model
create_structured_light_model ('deflectometry', StructuredLightModel)
* Set the size of the monitor
set_structured_light_model_param (StructuredLightModel, \
                                  'pattern_width', 1600)
set_structured_light_model_param (StructuredLightModel, \
                                  'pattern_height', 1200)
* Set the smallest width of the stripes in the pattern
set_structured_light_model_param (StructuredLightModel, \
                                  'min_stripe_width', 8)
* Generate the patterns to project
gen_structured_light_pattern (PatternImages, StructuredLightModel)
* Set the expected black/white contrast in the region of interest
set_structured_light_model_param (StructuredLightModel, \
                                  'min_gray_difference', 70)
* Decode the camera images
decode_structured_light_pattern (CameraImages, StructuredLightModel)
* Get the computed correspondences and defects
get_structured_light_object (CorrespondenceImages, StructuredLightModel, \
                             'correspondence_image')
set_structured_light_model_param (StructuredLightModel, 'derivative_sigma', \
                                  Sigma)
get_structured_light_object (DefectImage, StructuredLightModel, \
                             'defect_image')
```

Ergebnis

Der Operator `decode_structured_light_pattern` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- StructuredLightModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`gen_structured_light_pattern`

Nachfolger

`get_structured_light_object`, `reconstruct_surface_structured_light`

Siehe auch

`create_structured_light_model`, `set_structured_light_model_param`

Modul

3D Metrology

deserialize_structured_light_model (
: : SerializedItemHandle : StructuredLightModel)

Deserialisieren eines Modells für strukturiertes Licht.

`deserialize_structured_light_model` deserialisiert ein Modell für strukturiertes Licht, welches mit `serialize_structured_light_model` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item`

für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte Modell wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden im Modell StructuredLightModel gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **StructuredLightModel** (output_control) ..... structured_light_model ⇝ *handle*
Handle des Modells für strukturiertes Licht.

Beispiel

```
* Deserialize the model
deserialize_structured_light_model (SerializedItemHandle, \
                                    StructuredLightModel)
* Get a previously decoded result
get_structured_light_object (CorrespondenceImages, StructuredLightModel, \
                             'correspondence_image')
* Decode new camera images
decode_structured_light_pattern (CameraImages, StructuredLightModel)
* Get the decoded result
get_structured_light_object (CorrespondenceImagesNew, StructuredLightModel, \
                             'correspondence_image')
```

Ergebnis

Der Operator deserialize_structured_light_model gibt 2 (H_MSG_TRUE) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- StructuredLightModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

fread_serialized_item, receive_serialized_item, serialize_structured_light_model

Siehe auch

create_structured_light_model, write_structured_light_model, serialize_structured_light_model

Modul

3D Metrology

gen_structured_light_pattern (: PatternImages : StructuredLightModel :)

Erstellen der Muster-Bilder zur Anzeige bei einem Verfahren mit strukturiertem Licht.

gen_structured_light_pattern erzeugt die Muster-Bilder, die bei einem Verfahren mit strukturiertem Licht angezeigt oder projiziert werden. Verschiedene Parameter wie Breite und Höhe der Bilder, der Typ der Muster und die minimale Streifenbreite müssen zuvor mit dem Operator set_structured_light_model_param

für das Modell StructuredLightModel festgelegt werden. Je nach den gesetzten Parametern in StructuredLightModel kann Anzahl und Aussehen der Muster-Bilder variieren.

Generell können die Muster-Bilder in vier Gruppen unterteilt werden:

- Normalisierungsbilder
- Gray-Code-Bilder
- Phasenbilder
- Einzelstreifen-Bilder

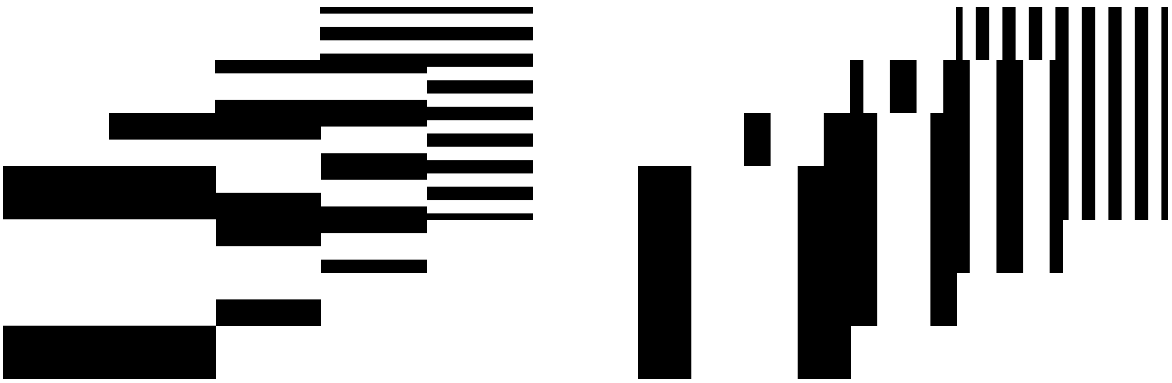
Allgemeine Information zu den Bildgruppen

Normalisierungsbilder:

Zum Dekodieren der Gray-Code-Bilder ist es notwendig zu entscheiden, ob ein Kamerapixel Oberflächenpunkte beobachtet, die von einem weißen Streifen oder einem schwarzen Streifen des angezeigten oder projizierten Musters beleuchtet wurden. Um auch bei großer Variation des Reflexionsgrads oder der Helligkeit der Oberfläche robust dekodieren zu können, werden Normalisierungsbilder benutzt um hell und dunkel beleuchtete Regionen besser zu identifizieren. Der einfachste, in den meisten Fällen aber auch ausreichende, Ansatz ist, ein vollständig schwarzes und ein vollständig weißes Bild zu erzeugen. Während des Dekodiervorgangs der aufgenommenen Kamerabilder (siehe decode_structured_light_pattern) werden dann alle Gray-Code-Bilder mit dem Mittelwert des dunklen und hellen Bildes verglichen. Ein Kamerapixel wird als hell klassifiziert, wenn sein Grauwert größer oder gleich seinem zuvor berechneten Mittelwert ist. Ein weiterer Ansatz besteht darin, für jedes erzeugte Gray-Code-Bild wie im nächsten Absatz beschrieben auch eine invertierte Version des Gray-Code-Bilds zu erzeugen. Ein Kamerapixel wird dann als hell klassifiziert, wenn sein Grauwert im ersten Bild größer als sein Grauwert im invertierten Bild ist.

Gray-Code-Bilder:

Vor anwendungsnahen Arbeiten wie dem Detektieren von Defekten ist der erste Schritt in jeder Anwendung von strukturiertem Licht, eine Abbildung zwischen den Kamerapixeln und der Pixelebene des Monitors oder Projektors zu finden. Dies wird durch Anzeigen einer Bildfolge erreicht, die die Zeilen und Spalten des Monitors oder Projektors eindeutig kodieren. Wegen einiger Vorteile gegenüber anderen Mustertypen werden typischerweise Gray-Code-Bilder zur Kodierung verwendet. Ein Beispiel für eine Abfolge vertikaler und horizontaler Gray-Code-Bilder findet sich in der folgenden Abbildung.



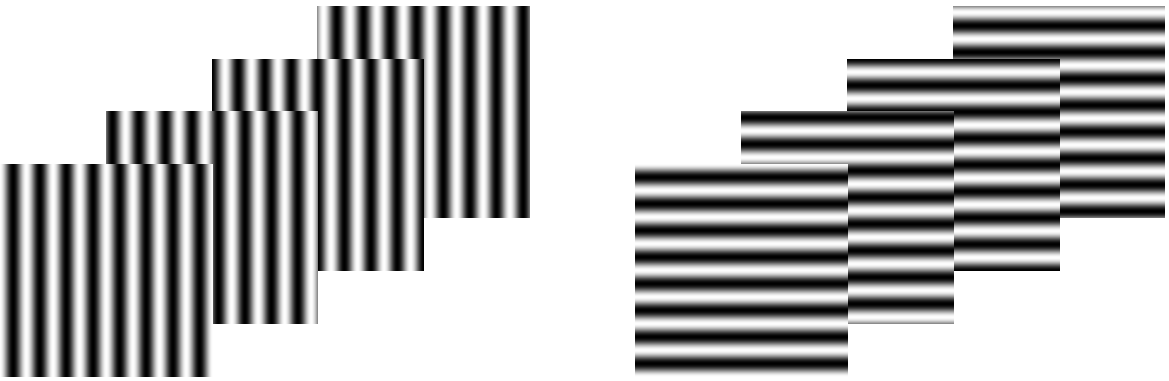
Bildfolge vertikaler und horizontaler Gray-Code-Bilder wie sie von gen_structured_light_pattern erzeugt werden. Die Muster werden vom Monitor oder Projektor typischerweise vom gröbsten Muster zum feinsten angezeigt, wobei sich die Streifenbreite jeweils halbiert.

Obwohl die Benutzung von Gray-Code-Bildern eine einfache und zweckmäßige Herangehensweise darstellt, weist sie gewisse Beschränkungen auf. Ein Nachteil tritt auf, wenn viele Gray-Code-Bilder benötigt werden, um eine für die praktische Anwendung nötige räumliche Auflösung zu erreichen. Bei zunehmend feinerer Streifenauflösung wird das korrekte Dekodieren wegen Unschärfeeffekten immer schwieriger. Die dritte Bildgruppe (Phasenbilder) kann erzeugt werden, um diese Beschränkung zu überwinden.

Phasenbilder:

Phasenbilder benutzen gewöhnlich periodische Muster wie Sinus- oder Kosinus-Wellen, um später einen Winkel des Phasendurchlaufs zu rekonstruieren. In Kombination mit den Gray-Code-Bildern liefern sie dann die Korrespondenzen zwischen Monitor- oder Projektor- und Kamerakoordinaten.

Um eine robuste Dekodierung in Hinblick auf Variation des Reflexionsgrads oder der Helligkeit der Oberfläche und Rauschanfälligkeit zu ermöglichen, werden pro Orientierung (vertikal oder horizontal) vier Phasenbilder erzeugt. Die Bilder sind Kosinus-Wellen mit Phasenverschiebungen von $k\pi/2$, wobei $k = 0, ..., 3$.

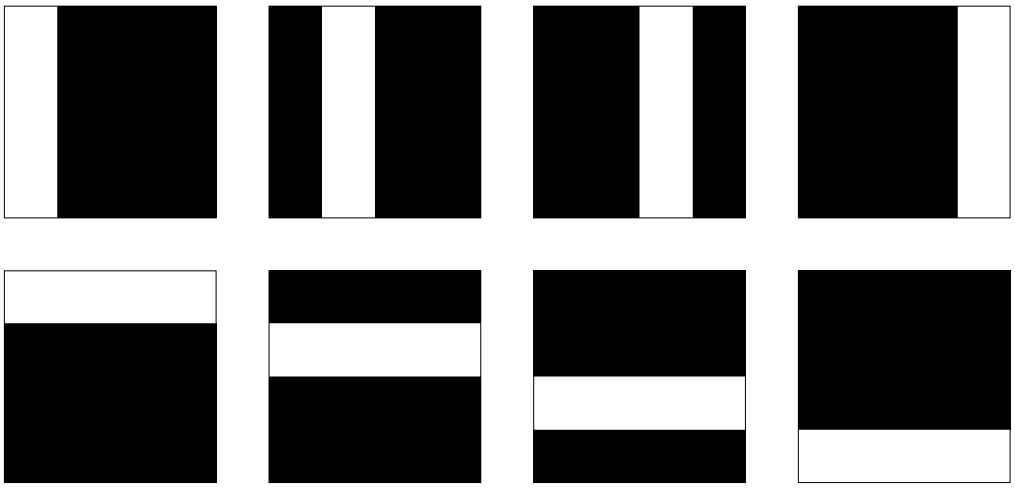


Bildfolge vertikaler und horizontaler Phasenbilder wie sie von `gen_structured_light_pattern` erzeugt werden.

Der Hauptvorteil der Phasenbilder gegenüber den Gray-Code-Bildern besteht in subpixelgenauen Korrespondenzen zwischen Monitor- oder Projektor- und Kamerakoordinaten. Wegen der Periodizität ist die Kodierung nur eindeutig bis auf ganzzahlige Vielfache der Periodenlänge. Um eine eindeutige Kodierung über das ganze Bild zu erreichen, ist die Kombination mit Gray-Code-Bildern notwendig.

Einzelstreifen-Bilder:

Einzelstreifen-Bilder bestehen aus einem hellen Streifen auf dunklem Hintergrund. Der helle Streifen wird derart über die Bilder verschoben, dass jeder Monitor- oder Projektorpixel in genau einem Streifen enthalten ist. Um zu entscheiden, welcher helle Streifen in dem vom Kamerapixel beobachteten Bereich reflektiert wird, wird während der Dekodierung der hellste Pixelwert innerhalb der Sequenz einzelner Streifenbilder gewählt. Dies ermöglicht eine Dekodierung, die trotz Schwankungen der Oberflächenreflexion robust ist.



Bildfolge vertikaler und horizontaler Streifenbilder wie sie von `gen_structured_light_pattern` erzeugt werden, wenn *'pattern_type'* auf *'single_stripe'* gesetzt wird.

Die Gray-Code-Folge und die Phase werden dann verwendet, um die Position innerhalb des gefundenen Einzelstreifens zu verfeinern. Somit nimmt die Anzahl der erzeugten Gray-Code-Bilder typischerweise etwas ab, während zusätzliche Einzelstreifen-Bilder erzeugt werden.

Bildfolge vertikaler und horizontaler Gray-Code-Bilder wie sie von `gen_structured_light_pattern` erzeugt werden, wenn *'pattern_type'* auf *'single_stripe'* gesetzt wird.

Information über die Erzeugung der Bildgruppen

Erzeugung der Normalisierungsbilder:

Wie oben beschrieben, bietet HALCON zwei verschiedene Arten von Normalisierungsbildern. Standardmäßig ist *'normalization'* auf *'global'* gesetzt, was zur Erzeugung eines vollständig schwarzen und eines vollständig weißen Bilds führt. Zum Ändern der Methode so dass jedes Gray-Code-Bild einzeln invertiert wird, muss mit `set_structured_light_model_param` *'normalization'* auf *'inverted_pattern'* gesetzt werden. Der Hauptvorteil der globalen Normalisierung ist die signifikant kleinere Bildanzahl während noch zufriedenstellende Ergebnisse erreicht werden. Nur für teilspiegelnde Oberflächen könnte die andere Methode robuster sein und sollte gewählt werden, falls die globale Normalisierung zu falschen Dekodier-Ergebnissen führt.

Erzeugung der Gray-Code-Bilder:

Größe, Anzahl und Aussehen der Gray-Code-Bilder hängt von folgenden Parametern ab (siehe `set_structured_light_model_param`): *'pattern_width'*, *'pattern_height'*, *'min_stripe_width'* und *'pattern_orientation'*.

Die ersten beiden Parameter legen die Größe der erzeugten Bilder fest und sollten normalerweise auf die Größe des Monitors oder Projektors gesetzt werden, der zum Anzeigen der Muster-Bilder verwendet wird. Der Parameter *'min_stripe_width'* legt die feinste Streifenbreite (in Pixel) der erzeugten Muster fest. Außerdem haben alle drei Parameter großen Einfluss auf die Anzahl der erzeugten Bilder.

Sei $'max_stripe_width' = 2^{\lceil \log_2 ('pattern_width') \rceil}$ die maximale vertikale Streifenbreite und

$'max_stripe_width' = 2^{\lceil \log_2 ('pattern_height') \rceil}$ die maximale horizontale Streifenbreite. Dann ist die Anzahl der Gray-Code-Bilder num_images in einer Orientierung (horizontal oder vertikal) gegeben durch

$$num_images = \lceil \log_2 (2 \cdot max_stripe_width / min_stripe_width) \rceil$$

Der Parameter *'pattern_orientation'* setzt die Orientierung der erzeugten Gray-Code-Bilder (und Phasenbilder). Standardmäßig werden Bilder mit vertikalen und Bilder mit horizontalen Streifen erzeugt. Es ist auch möglich, nur Bilder einer Richtung zu erzeugen. Für Modelle für strukturiertes Licht vom Typ 'deflectometry' wird dies jedoch nicht empfohlen, da Änderungen der Oberfläche dann nur in einer Richtung detektiert werden können. Nur falls Änderungen der Oberfläche bewusst ignoriert werden sollten oder Defekte nur in einer Richtung zu erwarten sind, sollte dieser Parameter mit `set_structured_light_model_param` verändert werden. Im Gegensatz dazu benötigen Modelle für strukturiertes Licht vom Typ '3d_reconstruction' nur während des Kalibriervorgangs beide Richtungen (weitere Informationen sind im Beispielprogramm zur Kalibrierung eines Sensors für strukturiertes Licht zu finden). Im Online-Prozess wird für höhere Geschwindigkeit empfohlen, *'pattern_orientation'* auf *'vertical'* zu setzen, da weniger Bilder als für *'both'* benötigt werden und `reconstruct_surface_structured_light` nur die vertikalen Korrespondenzbilder benutzt.

Erzeugung der Phasenbilder:

Da Phasenbilder geeignet sind, die praktischen Beschränkungen der Gray-Code-Bilder zu überwinden, ist ihre Erzeugung empfohlen und geschieht standardmäßig.

Falls die erreichte Genauigkeit der Gray-Code-Bilder ausreicht, kann die Erzeugung der Phasenbilder durch `set_structured_light_model_param` ausgeschaltet werden, wobei *'pattern_type'* auf *'gray_code'* gesetzt wird.

Erzeugung der Einzelstreifen-Bilder:

Wenn die alleinige Verwendung von Gray-Code-Bildern und Phasenbildern nicht robust genug ist (dies kann zum Beispiel auf halbspiegelnden Oberflächen der Fall sein), kann die Erstellung von Einzelstreifen-Bildern mit set_structured_light_model_param aktiviert werden, indem *'pattern_type'* auf *'single_stripe'* gesetzt wird.

Anzahl sowie Aussehen der Einzelstreifen-Bilder hängen von dem Parameter *'single_stripe_width'* ab, welcher die Streifenbreite in Pixeln festlegt (siehe set_structured_light_model_param).

Während zusätzliche Einzelstreifen-Bilder erzeugt werden, nimmt die Anzahl der erzeugten Gray-Code-Bilder typischerweise etwas ab. Die Anzahl der Gray-Code-Bilder kann mit der obigen Formel berechnet werden, indem *'max_stripe_width'* durch *'single_stripe_width'* ersetzt wird.

Die Verwendung dieser Bilder wird in der Einleitung des Kapitels Inspektion / Strukturiertes Licht beschrieben.

Parameter

▷ **PatternImages** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
Generierte Muster-Bilder.

▷ **StructuredLightModel** (input_control) ..... structured_light_model ⇝ *handle*
Handle des Modells für strukturiertes Licht.

Beispiel

```
* Create the model
create_structured_light_model ('deflectometry', StructuredLightModel)
* Set the size of the monitor
set_structured_light_model_param (StructuredLightModel, \
                                  'pattern_width', 1600)
set_structured_light_model_param (StructuredLightModel, \
                                  'pattern_height', 1200)
* Set the smallest width of the stripes in the pattern
set_structured_light_model_param (StructuredLightModel, \
                                  'min_stripe_width', 8)
* Generate the patterns to project
gen_structured_light_pattern (PatternImages, StructuredLightModel)
* Decode the camera images
decode_structured_light_pattern (CameraImages, StructuredLightModel)
```

Ergebnis

Der Operator gen_structured_light_pattern gibt 2 (H_MSG_TRUE) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- StructuredLightModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

set_structured_light_model_param

Nachfolger

decode_structured_light_pattern

Siehe auch

create_structured_light_model, get_structured_light_model_param, get_structured_light_object

Modul

3D Metrology

get_structured_light_model_param (: : StructuredLightModel, GenParamName : GenParamValue)

Abfragen von Parametern eines Modells für strukturiertes Licht.

Der Operator get_structured_light_model_param wird verwendet, um verschiedene Parameter eines Modells für strukturiertes Licht (StructuredLightModel) abzufragen. Die Namen der gewünschten Parameter werden in GenParamName übergeben und die entsprechenden Werte werden in GenParamValue zurückgegeben. Es ist möglich, mehrere Parameter mit einem einzigen Aufruf des Operators get_structured_light_model_param abzufragen. Dabei können alle Parameter, die sich mit set_structured_light_model_param manipulieren lassen, abgefragt werden. Erläuterungen zu den individuellen Parametern finden sich in der Dokumentation zu set_structured_light_model_param.

Der folgende zusätzliche Parameter kann abgefragt werden:

'type': Typ des Modells für strukturiertes Licht (zur Zeit entweder *'deflectometry'* oder *'3d_reconstruction'*, wie in create_structured_light_model gesetzt).

Das Konzept des strukturierten Lichts sowie die unterstützen Anwendungsbereiche werden in der Einleitung des Kapitels Inspektion / Strukturiertes Licht beschrieben.

Parameter

- ▷ **StructuredLightModel** (input_control) ..... structured_light_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells für strukturiertes Licht.
- ▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Name des abgefragten Modellparameters.
  Default: 'min_stripe_width'
  Werteliste: GenParamName ∈ {'type', 'derivative_sigma', 'min_gray_difference', 'min_stripe_width', 'normalization', 'pattern_height', 'pattern_orientation', 'pattern_type', 'pattern_width', 'single_stripe_width', 'persistence', 'camera_setup_model'}
- ▷ **GenParamValue** (output_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Wert des abgefragten Modellparameters.

Beispiel

```
* Create the model
create_structured_light_model ('deflectometry', StructuredLightModel)
* Get the default value
get_structured_light_model_param (StructuredLightModel, \
                                  'min_stripe_width', Default)
* Set the value
set_structured_light_model_param (StructuredLightModel, \
                                  'min_stripe_width', 64)
* Get the value
get_structured_light_model_param (StructuredLightModel, 'min_stripe_width', \
                                  MinStripeWidth)
* Generate the patterns to project
gen_structured_light_pattern (PatternImages, StructuredLightModel)
* Decode the camera images
decode_structured_light_pattern (CameraImages, StructuredLightModel)
```

Ergebnis

Der Operator get_structured_light_model_param gibt 2 (H_MSG_TRUE) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_structured_light_model

Siehe auch

set_structured_light_model_param

Modul

3D Metrology

get_structured_light_object (: Object : StructuredLightModel, ObjectName :)

Ikonische (Zwischen-)Ergebnisse vom Modell für strukturiertes Licht abfragen.

Der Operator get_structured_light_object greift auf ikonische (Zwischen-)Ergebnisse eines Modells für strukturiertes Licht zu, das bereits mit decode_structured_light_pattern dekodiert wurde.

Einerseits kann man so die Ergebnisse des Dekodiervorgangs (*'correspondence_image'*) abfragen, oder auch das weiterverarbeitete Defektbild (*'defect_image'*). Andererseits ist get_structured_light_object auch hilfreich bei einer Problembehandlung des Dekodiervorgangs. Zu beachten ist, dass Zwischenergebnisse nur aus dem StructuredLightModel abgefragt werden können, wenn der *'persistence'*-Modus des Modells *vor* dem Dekodieren mit set_structured_light_model_param eingeschaltet wurde.

Verfügbare Objekte ohne persistence-Modus:

'correspondence_image': Diese Bilder beschreiben die Pixelkorrespondenzen zwischen Monitor oder Projektor und Kamera. Bei Dekodieren in vertikaler und horizontaler Richtung werden beide Korrespondenzbilder konkateniert zurückgegeben. Ansonsten wird nur das Bild der jeweiligen Richtung zurückgegeben.

'pattern_region': In dieser Region wurden die Kamerabilder dekodiert. Diese Region ist identisch zum Definitionsbereich der Korrespondenzbilder.

'defect_image' **(für Modelle für strukturiertes Licht vom Typ** *'deflectometry'***)**: Dieses Bild beschreibt mögliche Defekte der Oberfläche, die die angezeigten Muster zur Kamera reflektiert. Prinzipiell weisen hohe Grauwerte im Defektbild darauf hin, dass die Gradienten der Korrespondenzbilder signifikant von den Gradienten in ihrer Nachbarschaft abweichen. Beachten Sie, dass dieses Objekt nur für Modelle für strukturiertes Licht vom Typ *'deflectometry'* verfügbar ist.

Nur im persistence-Modus verfügbare Objekte:

Bei Dekodieren in vertikaler und horizontaler Richtung werden Bilder beider Richtungen konkateniert zurückgegeben. Ansonsten werden nur die Bilder der jeweiligen Richtung zurückgegeben.

'binarized_image': Diese Bilder beschreiben die Gray-Code-Folge, wobei weiße und schwarze Grauwerte anzeigen, ob das Kamerapixel Oberflächenpunkte beobachtete, die von weißen oder schwarzen Regionen des angezeigten oder projizierten Musters beleuchtet wurden. Wurde *'normalization'* mit set_structured_light_model_param auf *'inverted_pattern'* gesetzt, bezieht sich der Grauwert auf das erste Bild des invertierten Bildpaars.

'decoded_phase_shift_image': Diese Bilder enthalten die zu den angezeigten oder projizierten Phasenbildern gehörigen Winkel. Eine Periode deckt in den Mustern Streifen der Ausdehnung *'min_stripe_width'* ab.

'decoded_single_stripe_image': Dekodiertes Einzelstreifen-Bild, das ausschließlich aus Einzelstreifen-Bildern berechnet wird. Wenn *'pattern_type'* auf *'single_stripe'* gesetzt wird, ergibt sich das Korrespondenzbild aus der Kombination des dekodierten Einzelstreifen-Bildes mit den dekodierten Gray-Code-Bildern und den dekodierten Phasenbildern.

'gray_code_correspondence_image': Aus Gray-Code-Bildern berechnetes Korrespondenzbild. Wenn *'pattern_type'* auf *'gray_code_and_phase_shift'* gesetzt wird, ergibt sich das aktuelle Korrespondenzbild aus dem *'gray_code_correspondence_image'* und den dekodierten Phasenbildern. Wenn *'pattern_type'* auf *'single_stripe'* gesetzt wird, ergibt sich das aktuelle Korrespondenzbild aus dem *'gray_code_correspondence_image'*, kombiniert mit den Gray-Code-Bildern und den Phasenbildern.

Parameter

▷ **Object** (output_object) ..... (multichannel-)object(-array) ⇝ *object*
Ikonisches Ergebnis.

▷ **StructuredLightModel** (input_control) ..... structured_light_model ⇝ *handle*
Handle des Modells für strukturiertes Licht.

▷ **ObjectName** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Name des ikonischen Ergebnisses.
Default: 'correspondence_image'
Wertevorschläge: `ObjectName` ∈ {'correspondence_image', 'pattern_region', 'decoded_single_stripe_image', 'binarized_image', 'decoded_phase_shift_image', 'gray_code_correspondence_image', 'defect_image'}

Beispiel

```
* Create the model
create_structured_light_model ('deflectometry', StructuredLightModel)
* Generate the patterns to project
gen_structured_light_pattern (PatternImages, StructuredLightModel)
* Decode the camera images
decode_structured_light_pattern (CameraImages, StructuredLightModel)
* Get the computed correspondences and defects
get_structured_light_object (CorrespondenceImages, StructuredLightModel, \
                             'correspondence_image')
set_structured_light_model_param (StructuredLightModel, \
                                  'derivative_sigma', Sigma)
get_structured_light_object (DefectImage, StructuredLightModel, \
                             'defect_image')
```

Ergebnis

Der Operator `get_structured_light_object` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`decode_structured_light_pattern`

Nachfolger

`clear_structured_light_model`

Siehe auch

`gen_structured_light_pattern`

Modul

3D Metrology

read_structured_light_model (: : FileName : StructuredLightModel)

Lesen eines Modells für strukturiertes Licht aus einer Datei.

`read_structured_light_model` liest ein Modell für strukturiertes Licht, welches mit `write_structured_light_model` gespeichert wurde. Die Modelle für strukturiertes Licht haben in HALCON die Standard-Dateiendung 'hslm'.

Es kann hilfreich sein ein Modell zu speichern, nachdem alle optimalen Parameter für eine Messanordnung gesetzt wurden. Das Modell kann dann zu einem späteren Zeitpunkt wieder eingelesen werden, um ohne Umstände

Muster-Bilder neu zu generieren. Objekte, die bereits vor dem Speichern des Modells generiert wurden, können auch nach dem Einlesen eines Modells wieder aufgegriffen werden.

Das Konzept des strukturierten Lichts sowie die unterstützten Anwendungsbereiche werden in der Einleitung des Kapitels Inspektion / Strukturiertes Licht beschrieben.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.hslm`

▷ **StructuredLightModel** (output_control) ..... structured_light_model ⇝ *handle*
Handle des Modells für strukturiertes Licht.

Beispiel

```
* Read the model
read_structured_light_model ('ExampleModel.hslm', StructuredLightModel)
* Get a previously decoded result
get_structured_light_object (CorrespondenceImages, StructuredLightModel, \
                             'correspondence_image')
* Decode new camera images
decode_structured_light_pattern (CameraImages, StructuredLightModel)
* Get the decoded result
get_structured_light_object (CorrespondenceImagesNew, StructuredLightModel, \
                             'correspondence_image')
```

Ergebnis

Der Operator `read_structured_light_model` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`write_structured_light_model`

Siehe auch

`create_structured_light_model`, `clear_structured_light_model`

Modul

3D Metrology

reconstruct_surface_structured_light

```
reconstruct_surface_structured_light (
    : : StructuredLightModel : ObjectModel3D )
```

Rekonstruktion einer Oberfläche aus einem dekodierten Modell für strukturiertes Licht.

`reconstruct_surface_structured_light` rekonstruiert eine Oberfläche mit einem Verfahren mit strukturiertem Licht. Vor der Rekonstruktion wird für jedes projizierte Muster-Bilder ein Kamerabild der Projektion auf die Oberfläche aufgenommen. Das Konzept des strukturierten Lichts sowie die unterstützten Anwendungsbereiche werden in der Einleitung des Kapitels Inspektion / Strukturiertes Licht beschrieben. Die rekonstruierte Oberfläche wird im HALCON-3D-Objektmodell `ObjectModel3D` zurückgegeben.

Rekonstruiert werden können diffus reflektierende Oberflächen, unter Benutzung eines Projektors, der Licht wie eine 'inverse Kamera' projiziert. In create_structured_light_model muss der Typ des Modells auf *'3d_reconstruction'* gesetzt sein.

Die Rekonstruktion verwendet die vertikalen dekodierten Korrespondenzen zwischen den beleuchtenden Projektorkoordinaten und den Kamerakoordinaten, sowie Kalibrierdaten:

decode_structured_light_pattern muss vor reconstruct_surface_structured_light aufgerufen werden, um die Korrespondenzbilder zwischen Projektor- und Kamerakoordinaten im Modell StructuredLightModel zu speichern, d. h. für jedes Kamerapixel, von welchem Projektorpixel der beobachtete Oberflächenpunkt beleuchtet (kodiert) wird. reconstruct_surface_structured_light benutzt die vertikalen Korrespondenzbilder, so dass der Parameter *'pattern_orientation'* von set_structured_light_model_param auf *'vertical'* oder *'both'* gesetzt sein muss. In den meisten Fällen sollte für eine höhere Geschwindigkeit *'vertical'* gewählt werden, da weniger Bilder als für *'both'* benötigt werden.

Das Setzen der Kalibrierdaten wird in set_structured_light_model_param für den Parameter *'camera_setup_model'* beschrieben.

Die Rekonstruktion wird nur innerhalb der Domäne der Korrespondenzbilder durchgeführt. Eine Verkleinerung der Domäne der Eingabebilder von decode_structured_light_pattern (z. B. mit reduce_domain) kann genutzt werden, um die rekonstruierte Oberfläche zu verkleinern, z. B. für schnellere Laufzeit oder zur Unterdrückung von Rauschen. Das Ergebnis ObjectModel3D enthält ein 2D-Mapping, so dass aus object_model_3d_to_xyz mit *'from_xyz_map'* auch entsprechende Koordinatenbilder erzeugt werden können. Pixel, für die keine Rekonstruktion möglich war, sind nicht in ihrer Domäne enthalten.

Parameter

▷ **StructuredLightModel** (input_control) ..... structured_light_model ⇝ *handle*
Handle des Modells für strukturiertes Licht.

▷ **ObjectModel3D** (output_control) ..... object_model_3d ⇝ *handle*
Handle des 3D-Objektmodells.

Beispiel

```
* Set the calibration information
set_structured_light_model_param (StructuredLightModel, \
                                  'camera_setup_model', CameraSetupModelID)
* Decode the camera images
decode_structured_light_pattern (CameraImages, StructuredLightModel)
* Reconstruct the surface
reconstruct_surface_structured_light (StructuredLightModel, ObjectModel3D)
```

Ergebnis

Der Operator reconstruct_surface_structured_light gibt 2 (H_MSG_TRUE) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

decode_structured_light_pattern

Nachfolger

object_model_3d_to_xyz

Siehe auch

create_structured_light_model, set_structured_light_model_param

Modul

3D Metrology

serialize_structured_light_model (
: : StructuredLightModel : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines Modells für strukturiertes Licht.

serialize_structured_light_model serialisiert ein Modell für strukturiertes Licht (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das Modell wird in dem Handle StructuredLightModel übergeben. Das serialisierte Modell wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_structured_light_model wieder deserialisiert werden.

Parameter

- ▷ **StructuredLightModel** (input_control) ..... structured_light_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells für strukturiertes Licht.
- ▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.

Beispiel

```
* Create the model
create_structured_light_model ('deflectometry', StructuredLightModel)
* Generate the patterns to project
gen_structured_light_pattern (PatternImages, StructuredLightModel)
* Decode the camera images
decode_structured_light_pattern (CameraImages, StructuredLightModel)
* Serialize the model
serialize_structured_light_model (StructuredLightModel, \
                                  SerializedItemHandle)
```

Ergebnis

Der Operator serialize_structured_light_model gibt 2 (H_MSG_TRUE) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

clear_structured_light_model, fwrite_serialized_item, send_serialized_item, deserialize_structured_light_model

Siehe auch

create_structured_light_model, read_structured_light_model, deserialize_structured_light_model

Modul

3D Metrology

set_structured_light_model_param (: : StructuredLightModel,
GenParamName, GenParamValue :)

Setzen von Parametern eines Modells für strukturiertes Licht.

Der Operator set_structured_light_model_param wird verwendet, um die Parameter eines Modells für strukturiertes Licht StructuredLightModel zu manipulieren. Die aktuellen Parametereinstellungen können mit dem Operator get_structured_light_model_param abgefragt werden.

Das Konzept des strukturierten Lichts sowie die unterstützen Anwendungsbereiche werden in der Einleitung des Kapitels Inspektion / Strukturiertes Licht beschrieben.

Allgemeine Parameter:

'persistence': Aktiviert (GenParamValue=*'true'*) oder deaktiviert (GenParamValue=*'false'*) den Modus *'persistence'* des Modells für strukturiertes Licht. Im Persistenz-Modus speichert das Modell Zwischenergebnisse der Dekodierung, welche später mit get_structured_light_object inspiziert werden können.

Es ist zu beachten, dass das Modell in diesem Modus signifikanten Speicherplatz benötigen könnte. Deswegen empfehlen wir, den Persistenz-Modus nur während der Einrichtung oder zur Fehlerbehebung zu aktivieren.

Wird der Wert von *'persistence'* verändert, werden alle Ergebnisse des Modells gelöscht.

Wertebereich: *'true'*, *'false'*, *1*, *0*

Default: *'false'*

Parameter, die das Erscheinungsbild der Muster-Bilder beeinflussen:

'pattern_width': Setzt die Breite der Muster-Bilder, welche durch den Aufruf von gen_structured_light_pattern erzeugt werden. Normalerweise sollte *'pattern_width'* der Breite des Monitors oder Projektors entsprechen, der zur Anzeige der Muster-Bilder verwendet wird.

Der Wert von *'pattern_width'* muss größer als *'min_stripe_width'*/2 sein. Für den Fall, dass *'pattern_type'* auf *'single_stripe'* gesetzt ist, muss *'pattern_width'* zusätzlich größer als *'single_stripe_width'*/2 sein. Für den Fall, dass ein *'camera_setup_model'* im Modell gesetzt ist, muss *'pattern_width'* zur Breite der Projektorparameter passen, die im Kameraaufbaumodell (an Index *1*) gesetzt sind.

Wird der Wert von *'pattern_width'* verändert, ist das Modell nicht mehr dekodierbar und alle möglicherweise verfügbaren Ergebnisse werden gelöscht. Deshalb muss gen_structured_light_pattern aufgerufen werden, bevor das Modell mit decode_structured_light_pattern dekodiert wird.

Wertebereich: Ganze Zahlen größer oder gleich *1*

Default: *1024*

'pattern_height': Setzt die Höhe der Muster-Bilder, welche durch den Aufruf von gen_structured_light_pattern erzeugt werden. Normalerweise sollte *'pattern_height'* der Höhe des Monitors oder Projektors entsprechen, der zur Anzeige der Muster-Bilder verwendet wird.

Der Wert von *'pattern_height'* muss größer als *'min_stripe_width'*/2 sein. Für den Fall, dass *'pattern_type'* auf *'single_stripe'* gesetzt ist, muss *'pattern_height'* zusätzlich größer als *'single_stripe_width'*/2 sein. Für den Fall, dass ein *'camera_setup_model'* im Modell gesetzt ist, muss *'pattern_height'* zur Höhe der Projektorparameter passen, die im Kameraaufbaumodell (an Index *1*) gesetzt sind.

Wird der Wert von *'pattern_height'* verändert, ist das Modell nicht mehr dekodierbar und alle möglicherweise verfügbaren Ergebnisse werden gelöscht. Deshalb muss gen_structured_light_pattern aufgerufen werden, bevor das Modell mit decode_structured_light_pattern dekodiert wird.

Wertebereich: Ganze Zahlen größer oder gleich *1*

Default: *1024*

'min_stripe_width': Setzt die Breite (in Pixeln) des schmalsten Streifens der Muster-Bilder, welche durch den Aufruf von gen_structured_light_pattern erzeugt werden.

Der Wert von *'min_stripe_width'* muss eine Zweierpotenz sein. Außerdem muss *'min_stripe_width'* kleiner oder gleich dem Minimum der Parameter *'pattern_width'* und *'pattern_height'* sein, nachdem beide bis zur nächsten Zweierpotenz aufgerundet wurden. Für den Fall, dass *'pattern_type'* auf *'single_stripe'* gesetzt ist, muss *'min_stripe_width'* zusätzlich kleiner oder gleich *'single_stripe_width'* sein.

Wird der Wert von *'min_stripe_width'* verändert, ist das Modell nicht mehr dekodierbar und alle möglicherweise verfügbaren Ergebnisse werden gelöscht. Deshalb muss gen_structured_light_pattern aufgerufen werden, bevor das Modell mit decode_structured_light_pattern dekodiert wird.

Wertebereich: Ganzzahlige Zweierpotenzen größer oder gleich *4*

Default: *32*

'normalization': Setzt den Modus der Normalisierung des Modells für strukturiertes Licht. Wenn der Parameter *'normalization'* auf *'global'* gesetzt ist, generiert gen_structured_light_pattern zwei zusätzliche Muster-Bilder bestehend aus einem weißen und einem schwarzen Bild. Diese Bilder werden dann während der Dekodierung verwendet, um die eigentliche Muster Region zu ermitteln. Wird stattdessen der Wert *'inverted_pattern'* gewählt, wird jedes Gray-Code-Bild zusätzlich invertiert und die Muster Region wird, unter Verwendung der Gray-Code-Bilder und ihrer invertierten Version, iterativ segmentiert.

Wird der Wert von *'normalization'* verändert, ist das Modell nicht mehr dekodierbar und alle möglicherweise verfügbaren Ergebnisse werden gelöscht. Deshalb muss gen_structured_light_pattern aufgerufen werden, bevor das Modell mit decode_structured_light_pattern dekodiert wird.

Werteliste: *'global'*, *'inverted_pattern'*

Default: *'global'*

'pattern_orientation': Setzt die Orientierung der Muster-Bilder, welche durch den Aufruf von gen_structured_light_pattern erzeugt werden. Wenn der Parameter *'pattern_orientation'* auf *'both'* gesetzt ist, werden Muster -Bilder mit vertikalen Streifen sowie Muster-Bilder mit horizontalen Streifen erzeugt. Bei *'vertical'* bestehen die Muster-Bilder nur aus vertikalen Streifen, wohingegen bei *'horizontal'* nur horizontale Streifen generiert werden.

Wird der Wert von *'pattern_orientation'* verändert, ist das Modell nicht mehr dekodierbar und alle möglicherweise verfügbaren Ergebnisse werden gelöscht. Deshalb muss gen_structured_light_pattern aufgerufen werden, bevor das Modell mit decode_structured_light_pattern dekodiert wird.

Werteliste: *'both'*, *'vertical'*, *'horizontal'*

Default: *'both'*

'pattern_type': Setzt den Typ der Muster-Bilder, welche durch den Aufruf von gen_structured_light_pattern erzeugt werden.

'pattern_type'	Erzeugte Bilder
'gray_code'	Gray-Code-Bilder
'gray_code_and_phase_shift'	Gray-Code-Bilder und Phasenbilder
'single_stripe'	Einzelstreifen-Bilder, Gray-Code-Bilder und Phasenbilder

Normalerweise liefert der Typ *'gray_code_and_phase_shift'* präzisere Ergebnisse, da die Kombination aus Gray-Code-Bildern und Phasenbildern sub-pixel genaue Koordinaten liefert. Der Typ *'single_stripe'* erhöht die Robustheit im Fall von partiell spiegelnden Oberflächen.

Wird *'pattern_type'* verändert, ist das Modell nicht mehr dekodierbar und alle möglicherweise verfügbaren Ergebnisse werden gelöscht. Deshalb muss gen_structured_light_pattern aufgerufen werden, bevor das Modell mit decode_structured_light_pattern dekodiert wird.

Werteliste: *'gray_code_and_phase_shift'*, *'gray_code'*, *'single_stripe'*

Default: *'gray_code_and_phase_shift'*

'single_stripe_width': Legt die Breite (in Pixeln) des Einzelstreifens fest, welcher durch den Aufruf von gen_structured_light_pattern mit dem *'pattern_type'* *'single_stripe'* generiert wird.

Der Wert muss von *'single_stripe_width'* muss eine Zweierpotenz sein und muss größer oder gleich *'min_stripe_width'* sein. Außerdem muss *'single_stripe_width'* kleiner oder gleich dem Minimum der Parameter *'pattern_width'* und *'pattern_height'* sein, nachdem beide bis zur nächsten Zweierpotenz aufgerundet wurden.

Beachten Sie, dass der Parameter *'single_stripe_width'* nur gesetzt werden kann, wenn *'pattern_type'* der Wert *'single_stripe'* zugewiesen wurde. Wird *'pattern_type'* in *'single_stripe'* geändert, wird *'single_stripe_width'* auf eine Zweierpotenz ungefähr in der Mitte zwischen *'min_stripe_width'* und dem Minimum von *'pattern_width'* und *'pattern_height'* gesetzt.

Wird *'single_stripe_width'* verändert, ist das Modell nicht mehr dekodierbar und alle möglicherweise verfügbaren Ergebnisse werden gelöscht. Daher muss gen_structured_light_pattern aufgerufen werden, bevor das Modell mit decode_structured_light_pattern dekodiert wird.

Wertebereich: Ganzzahlige Zweierpotenzen größer oder gleich *4*

Default: Zweierpotenz ungefähr in der Mitte zwischen dem aktuell gesetzten Wert *'min_stripe_width'* und *'pattern_width'*, *'pattern_height'*

Parameter, welche die Segmentierung der Muster Region beeinflussen:

'min_gray_difference': Setzt die kleinste Grauwertdifferenz für die Gray-Code-Bilder. Dieser Wert wird innerhalb des Operators `decode_structured_light_pattern` verwendet, um binarisierte Bilder zu ermitteln. Dadurch wird für jeden Pixel des Kamerabildes die Grauwertdifferenz zwischen belichtetem und unbelichtetem Fall berechnet. Wenn die Grauwertdifferenz eines Pixels kleiner als *'min_gray_difference'* ist, wird der Pixel von der Domäne der binarisierten Bilder (siehe `get_structured_light_object`) ausgeschlossen und somit auch von weiteren Berechnungen.

Wenn *'min_gray_difference'* auf 0 gesetzt wird, ist die segmentierte Region identisch zur Eingaberegion der Kamerabilder, mit dem einzigen Unterschied, dass Pixel mit einem Dekodierergebnis außerhalb der Muster-Bilder ausgeschlossen werden.

Wertebereich: Ganze Zahlen großer oder gleich *0*

Default: *30*

Parameter für Modelle für strukturiertes Licht vom Typ 'deflectometry':

'derivative_sigma': Setzt das Sigma der Gaußfunktion (d.h. das Ausmaß der Glättung) zur Faltung der Korrespondenzbilder, um das Defektbild zu berechnen.

Wertebereich: Gleitkommazahlen oder ganze Zahlen größer oder gleich *0.01*

Default: 2

Parameter für Modelle für strukturiertes Licht vom Typ '3d_reconstruction':

'camera_setup_model': Setzt eine Kopie des Kameraaufbaumodells, das die Kalibrierdaten des Sensors für strukturiertes Licht enthält, wie etwa kalibrierte Kamera- und Projektorparameter und -posen. Der Projektor des Sensors wird hier als 'inverse Kamera' modelliert. `reconstruct_surface_structured_light` benutzt die Kalibrierdaten, um die Oberfläche in Weltkoordinaten zu rekonstruieren. Weitere Informationen zum Kalibriervorgang sind im Beispielprogramm zur Kalibrierung eines Sensors für strukturiertes Licht zu finden (detaillierte Informationen zum Kalibriervorgang im Mehrbild-Kameraaufbau finden sich in Kalibrierung / Mehrbild).

Die Kamera des Sensors muss in Index 0 im Kameraaufbaumodell gesetzt sein, der Projektor des Sensors in Index 1. Um ein Kameraaufbaumodell aus dem `StructuredLightModel` zu löschen, muss HNULL übergeben werden.

Es ist zu beachten, dass Breite und Höhe der Projektorparameter im Kameraaufbaumodell (in Index 1) zu *'pattern_width'* und *'pattern_height'* des Modells für strukturiertes Licht passen müssen. In folgenden Aufrufen von `decode_structured_light_pattern` und `reconstruct_surface_structured_light` müssen Breite und Höhe der Kameraparameter im Kameraaufbaumodell (in Index 0) zur Größe der Eingabebilder von `decode_structured_light_pattern` passen.

Zunächst werden nur Projektoren unterstützt, die als inverse projektive Flächenkameras modelliert werden können, d.h. nur Projektoren vom Typ *'area_scan_division'* und *'area_scan_polynomial'*. Für die Kamera werden alle Typen von Flächenkameras außer hyperzentrischen unterstützt.

Wird das *'camera_setup_model'* verändert, werden alle möglicherweise verfügbaren Ergebnisse gelöscht. Daher muss `decode_structured_light_pattern` aufgerufen werden, bevor die Oberfläche mit `reconstruct_surface_structured_light` rekonstruiert werden kann.

Default: HNULL

Parameter

▷ **`StructuredLightModel`** (input_control) ..... structured_light_model ⇝ *handle*
Handle des Modells für strukturiertes Licht.

▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Name des zu ändernden Parameters.
Default: 'min_stripe_width'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'camera_setup_model', 'derivative_sigma', 'min_gray_difference', 'min_stripe_width', 'normalization', 'pattern_height', 'pattern_orientation', 'pattern_type', 'pattern_width', 'single_stripe_width', 'persistence'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *integer* / real / string
Neuer Wert des Parameters.
Default: 32
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0, 0.01, 0.5, 0.7, 1, 1.4, 5, 50.0, 64, 128, 256, 1024, 'true', 'false',

'both', 'vertical', 'horizontal', 'global', 'inverted_pattern', 'gray_code_and_phase_shift', 'gray_code', 'single_stripe'}

Beispiel

```
* Create the model
create_structured_light_model ('deflectometry', StructuredLightModel)
* Set the size of the monitor
set_structured_light_model_param (StructuredLightModel, \
                                  'pattern_width', 1600)
set_structured_light_model_param (StructuredLightModel, \
                                  'pattern_height', 1200)
* Set the smallest width of the stripes in the pattern
set_structured_light_model_param (StructuredLightModel, \
                                  'min_stripe_width', 8)
* Generate the patterns to project
gen_structured_light_pattern (PatternImages, StructuredLightModel)
* Set the expected black/white contrast in the region of interest
set_structured_light_model_param (StructuredLightModel, \
                                  'min_gray_difference', 70)
* Decode the camera images
decode_structured_light_pattern (CameraImages, StructuredLightModel)
* Get the computed correspondences and defects
get_structured_light_object (CorrespondenceImages, StructuredLightModel, \
                             'correspondence_image')
set_structured_light_model_param (StructuredLightModel, 'derivative_sigma', \
                                  Sigma)
get_structured_light_object (DefectImage, StructuredLightModel, \
                             'defect_image')
```

Ergebnis

Der Operator `set_structured_light_model_param` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- StructuredLightModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_structured_light_model`

Siehe auch

`get_structured_light_model_param`

Modul

3D Metrology

write_structured_light_model (: : StructuredLightModel, FileName :)

Abspeichern eines Modells für strukturiertes Licht in einer Datei.

write_structured_light_model schreibt ein Modell für strukturiertes Licht in die Datei FileName. Die Modelle für strukturiertes Licht haben in HALCON die Standard-Dateiendung 'hslm'. Das Modell kann dann mit read_structured_light_model gelesen werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass write_structured_light_model keine zuvor generierten Muster-Bilder im Modell abspeichert. Mit anderen Worten, nur die Parameter und Objekte des Modells die bereits generiert wurden, werden in der Datei gespeichert. Die Liste mit Objekten sowie eine Beschreibung, wie diese zu generieren sind, kann in der Referenz zu get_structured_light_object gefunden werden.

Das Konzept des strukturierten Lichts sowie die unterstützten Anwendungsbereiche werden in der Einleitung des Kapitels Inspektion / Strukturiertes Licht beschrieben.

Parameter

▷ **StructuredLightModel** (input_control) ..... structured_light_model ⇝ *handle*
Handle des Modells für strukturiertes Licht.

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: .hslm

Beispiel

```
* Create the model
create_structured_light_model ('deflectometry', StructuredLightModel)
* Generate the patterns to project
gen_structured_light_pattern (PatternImages, StructuredLightModel)
* Decode the camera images
decode_structured_light_pattern (CameraImages, StructuredLightModel)
* Write the model
write_structured_light_model (StructuredLightModel, 'ExampleModel.hslm')
```

Ergebnis

Der Operator write_structured_light_model gibt 2 (H_MSG_TRUE) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

clear_structured_light_model

Siehe auch

create_structured_light_model, clear_structured_light_model

Modul

3D Metrology

14.4 Texturinspektion

Dieses Kapitel beschreibt Operatoren für die Texturinspektion.

Konzept der Texturinspektion

Mit der Texturinspektion können mit wenigen Parametereinstellungen texturierte Oberflächen auf Fehler überprüft werden. Der Algorithmus benötigt ein Training mit Bildern von fehlerfreier Textur. Bei dem Training werden Texturmerkmale aus den Trainingsbildern extrahiert und dazu genutzt, auf der Basis eines Gaußsches Mischverteilungsmodell (GMM) Klassifikators ein Texturinspektionsmodell zu trainieren. Nach dem erfolgreichen Training können Bilder der gleichen Textur mit dem Texturinspektionsmodell verglichen werden und somit potentielle Fehler identifiziert werden. Texturinspektion arbeitet auf einer Bildpyramide, so dass unterschiedliche Frequenzbereiche der Textur untersucht werden.

Es ist möglich Mehrkanalbilder in der Texturinspektion-Pipeline zu verwenden.

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte, die zur Texturinspektion benötigt werden, kurz beschrieben.

Anlegen eines Texturinspektionsmodells: Zuerst wird ein Texturinspektionsmodell mit

- create_texture_inspection_model

angelegt oder mit

- read_texture_inspection_model

eingelesen.

Hinzufügen von Trainingsdaten: Der Operator

- add_texture_inspection_model_image

fügt dem Texturinspektionsmodell neue Trainingsbilder hinzu.

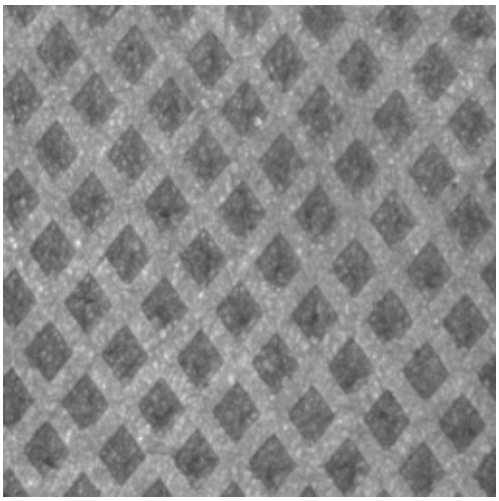


Bild einer texturierten Oberfläche, dass zum Trainieren eines Texturinspektionsmodells genutzt wird.

Die mit add_texture_inspection_model_image zugefügten Bilder können mit einem Aufruf von get_texture_inspection_model_image wieder abgefragt werden. Falls alle oder ein Teil der Bilder nicht mehr zur Texturinspektion verwendet werden sollen, so können diese Bilder mit Hilfe des Operators remove_texture_inspection_model_image aus dem Modell entfernt werden.

Trainieren des Texturinspektionsmodells: Das Texturinspektionsmodell wird mit

- train_texture_inspection_model

trainiert.

Während des Trainings wird eine Bildpyramide erzeugt. Für jede Pyramidenstufe wird ein Gaußsches Mischverteilungsmodell (GMM) trainiert und eine Fehlerschwelle (*'novelty_threshold'*) bestimmt. Diese Schwelle ermöglicht beim Anwenden der Texturinspektion die Klassifikation von jedem Pixel in fehlerhafte und fehlerfreie Textur. Nach dem Training können die Fehlerschwellen mit get_texture_inspection_model_param abgefragt werden.

Verschiedene Parameter beeinflussen das Training. Sie können mit

- set_texture_inspection_model_param

gesetzt werden.

Das folgende Vorgehen für das Training wird empfohlen:

- Setzen von initialen Parametern, wenn nötig:

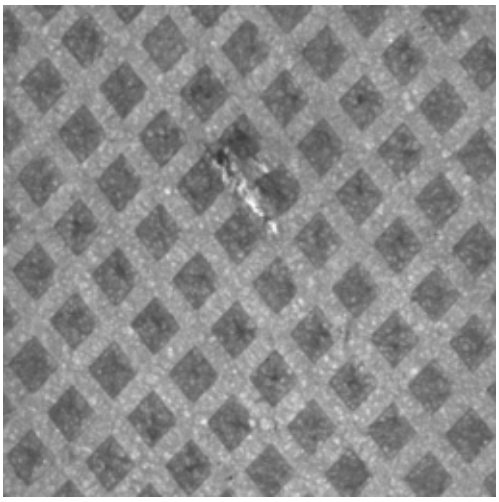
  - *'patch_normalization'*: Wird dieser Parameter auf *'weber'* gesetzt, werden die Texturmerkmale normalisiert und das Texturinspektionsmodell wird robust gegen Beleuchtungsänderungen. Hier ist zu beachten, dass eine Normalisierung nicht immer gewünscht ist, z.B. wenn die Helligkeit ein wichtiges Merkmal bei der Unterscheidung zwischen fehlerhafter und fehlerfreier Textur darstellt. In diesem Fall ist eine kontrollierte Beleuchtung für eine erfolgreiche Klassifizierung zwingend notwendig.
  - *'patch_rotational_robustness'*: Wird dieser Parameter auf *'true'* gesetzt, werden die Texturmerkmale so sortiert, dass das Texturinspektionsmodell robust gegen Rotationsänderungen wird. Dies kann hilfreich sein, wenn es schwierig ist, alle möglichen Orientierungen der Textur durch Trainingsbilder abzudecken.

- Trainieren des Texturinspektionsmodells (mit den Defaultparametern): Das initiale Training des Texturinspektionsmodells kann viel Zeit in Anspruch nehmen. Die benötigte Zeit ist abhängig von der Anzahl der Trainingsbilder und deren Auflösung. Mögliche Strategien zum Verringern der Trainingszeit:
  - Zoomen der Bilder: Häufig funktioniert die Texturinspektion sogar besser mit niedrig aufgelösten Bildern. Ist bekannt, dass nicht die volle Auflösung der Bilder benötigt wird, kann das Zoomen der Bilder einen signifikanten Zeitvorteil bringen. Zoomt man ein Bild z.B. mit Faktor 2, kann dies die Trainingszeit um Faktor 4 beschleunigen.
  - Beschleunigen des Trainings: Ein weiterer, aber auch riskanterer Ansatz ist es, den Schwellenwert, der bestimmt, wann die Optimierung des Klassifikators beendet wird, mit dem Parameter *'gmm_em_threshold'* z.B. von *0.001* auf *0.1* zu erhöhen. Dies führt zu kürzeren Trainingszeiten aber auch zu einem möglicherweise weniger genauen Texturinspektionsmodell. Wird dieses Vorgehen gewählt, ist es strengstens empfohlen, den Schwellenwert nach dem Anpassen der meisten Parameter wieder zu reduzieren.
- Prüfen des Trainingsergebnisses: Mit einem Satz von Bildern mit fehlerhafter Textur kann das Ergebnis einer Klassifikation mit dem trainierten Texturinspektionsmodell geprüft werden. Dies wird näher im Abschnitt 'Anwenden des Texturinspektionsmodells' beschrieben. Ist das Ergebnis nicht zufriedenstellend, können weitere Parameter angepasst werden. Die wichtigsten Parameter sind:
  - *'num_levels'* oder *'levels'*: Die Anzahl der Pyramidenstufen bzw. der explizit genutzten Pyramidenstufen. Höhere Pyramidenstufen funktionieren gut für gröbere Texturmerkmale. Ist die Textur in den Bildern sehr grob, werden die niedrigeren Pyramidenstufen eventuell gar nicht für eine erfolgreiche Inspektion benötigt. Um deutlich an Laufzeit zu sparen, können die entsprechenden Skalen durch das explizite Setzen der Skalen mittels *'levels'* ausgeschlossen werden, Wird zum Beispiel *'levels'* auf [1,3] gesetzt, werden im Training und zum Klassifizieren nur die erste und die dritte Level verwendet.
  - *'sensitivity'*: Dieser Parameter kontrolliert, wie streng die Fehlerschwellen (*'novelty_threshold'*) gesetzt werden. Somit kann die Empfindlichkeit gegenüber Texturfehlern eingestellt werden. Generell führen positive Werte zu einer höheren Empfindlichkeit des Verfahrens und dadurch zu mehr Texturfehlern. Umgekehrt führen negative Werte zu einer niedrigeren Empfindlichkeit des Verfahrens und dadurch zu weniger Texturfehlern.
  - *'novelty_threshold'*: Dieser Parameter setzt die Fehlerschwellen manuell. Dies kann zur Feinabstimmung genutzt werden, sollten die Ergebnisse der automatischen Schätzung nicht optimal sein.
- Wiederholen des Trainings, wenn nötig: Wurden Parameter angepasst, muss das Texturinspektionsmodell für gewöhnlich neu trainiert werden.

Anwenden des Texturinspektionsmodells: Nach dem erfolgreichen Training kann das Texturinspektionsmodell dazu verwendet werden, texturierte Oberflächen zu klassifizieren. Jedes Testbild kann mit

- `apply_texture_inspection_model`

mit dem Texturinspektionsmodell verglichen werden.



Testbild mit Fehlern.

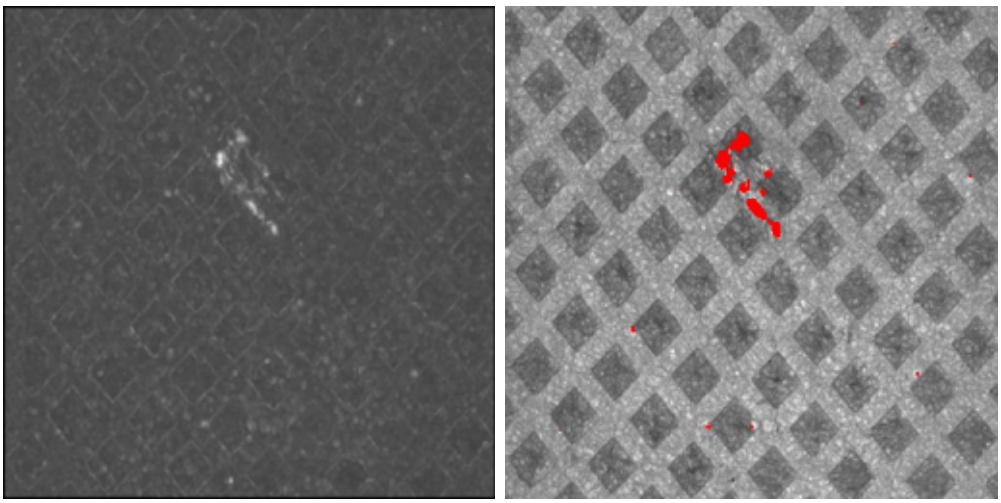
Für jedes Testbild gibt der Operator eine Fehlerregion (*'novelty_region'*) zurück, die anzeigt, wo das Bild größere Abweichungen von den trainierten Trainingsdaten aufweist. Die Fehlerregion wird durch die Kombination der Fehlerregionen der unterschiedlichen Bildpyramidenstufen erzeugt. Dabei werden die Fehlerregionen von benachbarten Skalen miteinander geschnitten. Dadurch wird die Robustheit gegenüber Rauschen erhöht. Die so entstandenen Schnittflächen werden in der *'novelty_region'* vereinigt. Falls es keine benachbarte Level gibt, wird die Fehlerregion der entsprechenden Level direkt zu der *'novelty_region'* hinzugefügt. Setzt man zum Beispiel *'num_levels'* auf 1, so gibt es keine benachbarten Skalen und die Fehlerregion vom ersten Level wird in *'novelty_region'* zurückgegeben.

Zum Debuggen kann der Parameter *'gen_result_handle'* mit `set_texture_inspection_model_param` auf *'true'* gesetzt werden. Auf diese Weise werden die Novelty-Score-Bilder und die Fehlerregionen der einzelnen Bildpyramidenstufen in einem Ergebnis-Handle gespeichert, aus welchem sie wieder mit

- `get_texture_inspection_result_object`

ausgelesen werden können. Generell beschreiben die Novelty-Score-Bilder wie gut jedes Pixel zu dem Texturinspektionsmodell passt, welches im Trainingsprozess entstanden ist. Die Fehlerregionen der einzelnen Pyramidenstufen werden dann durch das Anwenden der Fehlerschwelle (*'novelty_threshold'*) auf die jeweiligen Novelty-Score-Bilder berechnet.

Das Inspizieren der Novelty-Score-Bilder und der Fehlerregionen kann Aufschluss darüber geben, welche Art von Fehlern auf welchen Pyramidenstufen gefunden werden können. Darauf basierend kann entschieden werden, ob Parameter für das Training und die Klassifizierung angepasst werden sollten, z.B., ob es sinnvoll ist, explizit nur bestimmte Pyramidenstufen durch das Setzen des Parameters *'levels'* auszuwählen.



(1) (2)

Das resultierende Novelty-Score Bild (1) und die resultierende Fehlerregion (2) für das obige Testbild.

Weitere Operatoren

Die Funktionalität der Texturinspektion wird durch verschiedene Parameter beeinflusst. Die Parameterwerte können mit `get_texture_inspection_model_param` abgefragt und mit `set_texture_inspection_model_param` geändert werden.

Ein Texturinspektionsmodell kann mit dem Operator `write_texture_inspection_model` abgespeichert werden. Dabei wird nur das Texturinspektionsmodell und nicht dem Modell hinzugefügte Bilder gespeichert. Die hinzugefügten Bilder können mit `get_texture_inspection_model_image` abgefragt und mit einem Aufruf von `write_object` separat abgespeichert werden.

Um den Speicherbedarf des Texturinspektionsmodells zu verringern, können dem Model bereits hinzugefügte Bilder wieder herausgelöscht werden. Dies erfolgt durch den Operator `remove_texture_inspection_model_image`.

Außerdem kann das Modell mit `serialize_texture_inspection_model` und `deserialize_texture_inspection_model` serialisiert bzw. deserialisiert werden.

Glossar

Im Folgenden werden die wichtigsten Begriffe, die im Umfeld der Texturinspektion verwendet werden, beschrieben:

Trainingsbilder Bilder, die für das Training verwendet werden.

Testbilder Bilder, die mit dem trainierten Texturinspektionsmodell verglichen werden.

Patch Menge von benachbarten Pixeln.

Texturmerkmal Pixelwerte innerhalb eines Patches.

Trainingsdaten Texturmerkmale, die in einem Trainingsprozess genutzt werden.

Neuheitswert Im Testprozess werden die Texturmerkmale der Testbilder mit dem Texturinspektionsmodell verglichen und ihr Neuheitswert (*novelty score*) wird berechnet. Je höher dieser Wert ist, desto wahrscheinlicher ist es, dass das Texturmerkmal nicht zu dem Texturinspektionsmodell passt.

Fehlerschwelle Die Fehlerschwelle (Novelty Threshold) wird im Trainingsprozess geschätzt. Texturmerkmale mit einem Neuheitswert unter der Fehlerschwelle passen zum Texturinspektionsmodell, Texturmerkmale mit einem höheren Neuheitswert passen nicht.

```
add_texture_inspection_model_image (
    Image : : TextureInspectionModel : Indices )
```

Hinzufügen von Trainingsbildern zu einem Texturinspektionsmodell.

`add_texture_inspection_model_image` fügt Trainingsbilder zum Texturinspektionsmodell `TextureInspectionModel` hinzu. Für die weitere Verarbeitung wird für jedes Bild die Information innerhalb der Domäne des Bildes berücksichtigt. Da Merkmale, welche im Trainingsprozess für jedes Pixel extrahiert werden, in Relation zu ihrer Nachbarschaft berechnet werden, können für Pixel am Rand der Domäne keine Merkmale extrahiert werden. Die Größe des Randes (*Rand*) hängt von der Größe der Merkmale *'patch_size'* ab (siehe `set_texture_inspection_model_param`) und ergibt sich als: $Rand = {'patch_size'}/2 - 1$.

Alle Bilder, die mit diesem Operator dem Modell hinzugefügt werden, werden zum Trainieren des Texturinspektionsmodells (siehe `train_texture_inspection_model`) verwendet. Des Weiteren ist es möglich, die hinzugefügten Bilder mit `get_texture_inspection_model_image` abzufragen.

Jedes hinzugefügte Bild erhält einen Index (`Indices`), der es dem Nutzer ermöglicht, eine einfache Zuordnung der hinzugefügten Bilddaten zu seiner Bilddatenbank herzustellen. Der Index kann außerdem dazu verwendet werden, um hinzugefügte Bilder die nicht mehr benötigt werden, mit `remove_texture_inspection_model_image` gezielt aus aus dem Modell zu entfernen.

Es ist möglich Grauwertbilder oder Mehrkanalbilder hinzuzufügen. Allerdings müssen alle übergebenen Bilder die gleiche Anzahl von Kanälen haben.

Das Konzept der Texturinspektion ist bei der Einleitung zum Kapitel Inspektion / Texturinspektion beschrieben.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Eingabebild der zu trainierenden Textur.

▷ **TextureInspectionModel** (input_control) . . . . . texture_inspection_model ⇝ *handle*
Handle des Texturinspektionsmodells.

▷ **Indices** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Indices der Bilder die dem Texturinspektionsmodell hinzugefügt wurden.

Beispiel

```
* Create texture inspection model
create_texture_inspection_model ('basic', TextureInspectionModel)
* Make this short example fast:
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gmm_em_max_iter', 1)
* Read and add training images
read_image (TrainImage, 'carpet/carpet_01')
add_texture_inspection_model_image (TrainImage, TextureInspectionModel, \
                                    Indices)
* Train the model
train_texture_inspection_model (TextureInspectionModel)
* Read and apply a test image
read_image (TrainImage, 'carpet/carpet_02')
apply_texture_inspection_model (TestImage, DefectCandidates, \
                                TextureInspectionModel, \
                                TextureInspectionResultID)
```

Ergebnis

Der Operator `add_texture_inspection_model_image` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- TextureInspectionModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_texture_inspection_model`, `set_texture_inspection_model_param`, `get_texture_inspection_model_param`

Nachfolger

`train_texture_inspection_model`, `clear_texture_inspection_model`, `remove_texture_inspection_model_image`, `get_texture_inspection_model_image`

Modul

Matching

apply_texture_inspection_model (Image : NoveltyRegion : TextureInspectionModel : TextureInspectionResultID)

Inspizieren der Textur in einem Bild.

Der Operator apply_texture_inspection_model vergleicht die Textur in einem Bild Image mit dem trainierten Texturinspektionsmodell TextureInspectionModel. Image kann ein einzelnes oder ein Tupel von Bildern sein. Dabei ist es möglich Grauwertbilder oder Mehrkanalbilder zu übergeben. Der Operator erwartet, dass die übergebenen Bilder in Image die gleiche Anzahl von Kanälen haben, wie die Bilder mit denen das Modell trainiert wurde. Die Laufzeit von apply_texture_inspection_model skaliert etwa linear mit der Anzahl der Bildkanäle. Modelle, die farbige Bilder verwenden, sind jedoch im Allgemeinen besser in der Lage, farbige Texturdefekte zu erkennen.

Regionen im Bild die nicht zum Texturinspektionsmodell passen, werden in der Fehlerregion NoveltyRegion zurückgegeben. Außerdem gibt der Operator, falls *'gen_result_handle'* mit set_texture_inspection_model_param auf *'true'* gesetzt wurde, im Handle TextureInspectionResultID detailliertere Informationen zur Texturklassifikation zurück. Ist *'gen_result_handle'* auf *'false'* gesetzt, bleibt TextureInspectionResultID leer.

Das Konzept der Texturinspektion ist bei der Einleitung zum Kapitel Inspektion / Texturinspektion beschrieben.

Für jede Pyramidenstufe werden Texturmerkmale extrahiert und mit dem entsprechenden GMM-Klassifikator klassifiziert. Der sich ergebende Neuheitswert (*'novelty_score'*) wird mit der Fehlerschwelle (*'novelty_threshold'*) dieser Pyramidenstufe verglichen und als fehlerhaft oder fehlerfrei klassifiziert. Die fehlerhaften Pixel werden zunächst in einer Fehlerregion für jede Pyramidenstufe gesammelt und anschließend zu der endgültigen Fehlerregion kombiniert, die in NoveltyRegion zurückgegeben wird. Dabei werden die Fehlerregionen von benachbarten Skalen miteinander geschnitten. Dadurch wird die Robustheit gegenüber Rauschen erhöht. Die so entstandenen Schnittflächen werden in der *'novelty_region'* vereinigt. Falls es keine benachbarte Level gibt, wird die Fehlerregion der entsprechenden Level direkt zu der *'novelty_region'* hinzugefügt. Setzt man zum Beispiel *'num_levels'* auf 1, so gibt es keine benachbarten Skalen und die Fehlerregion vom ersten Level wird in *'novelty_region'* zurückgegeben.

Ist *'gen_result_handle'* mit set_texture_inspection_model_param auf *'true'* gesetzt worden, enthält TextureInspectionResultID Novelty-Score-Bilder und die daraus resultierenden Fehlerregionen für jede Pyramidenstufe.

Diese Informationen können beim Debuggen und beim Anpassen der Modellparameter (z.B. der Fehlerschwellen) helfen und werden mit get_texture_inspection_result_object abgefragt.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image-array ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Bild(er) der zu inspizierenden Textur.
- ▷ **NoveltyRegion** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Detektierte Fehlerregion.
- ▷ **TextureInspectionModel** (input_control) ..... texture_inspection_model ⇝ *handle*
  Handle des Texturinspektionsmodells.
- ▷ **TextureInspectionResultID** (output_control) ..... texture_inspection_result ⇝ *handle*
  Handle des Inspektionsergebnisses.

Beispiel

```
* Create texture inspection model
create_texture_inspection_model ('basic', TextureInspectionModel)
* Set parameters
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gen_result_handle', 'true')
* Make this short example fast:
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gmm_em_max_iter', 1)
* Read and add training images
read_image (TrainImage, 'carpet/carpet_01')
add_texture_inspection_model_image (TrainImage, TextureInspectionModel, \
                                    Indices)
* Train the model
train_texture_inspection_model (TextureInspectionModel)
* Read and apply a test image
read_image (TestImage, 'carpet/carpet_02')
apply_texture_inspection_model (TestImage, DefectCandidates, \
```

```
                                    TextureInspectionModel, \
                                    TextureInspectionResultID)
```

Ergebnis

Der Operator `apply_texture_inspection_model` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- TextureInspectionResultID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`train_texture_inspection_model`

Nachfolger

`get_texture_inspection_result_object`, `get_texture_inspection_model_param`, `clear_texture_inspection_result`, `clear_texture_inspection_model`

Modul

Matching

`clear_texture_inspection_model` (: : TextureInspectionModel :)

Löschen eines Texturinspektionsmodells und Freigabe des verwendeten Speichers.

Der Operator `clear_texture_inspection_model` löscht ein Texturinspektionsmodell, das mit `create_texture_inspection_model` erzeugt wurde. Aller vom Modell verwendeter Speicher wird freigegeben. Das Handle des Modells wird in `TextureInspectionModel` übergeben. Nach dem Aufruf von `clear_texture_inspection_model` ist das Handle ungültig.

Das Konzept der Texturinspektion ist bei der Einleitung zum Kapitel Inspektion / Texturinspektion beschrieben.

Parameter

▷ **TextureInspectionModel** (input_control) ..... texture_inspection_model(-array) ⇝ *handle*
Handle des Texturinspektionsmodells.

Beispiel

```
* Create texture inspection model
create_texture_inspection_model ('basic', TextureInspectionModel)
* Read and add training images
read_image (TrainImage, 'carpet/carpet_01')
add_texture_inspection_model_image (TrainImage, TextureInspectionModel, \
                                    Indices)
* Train the model
train_texture_inspection_model (TextureInspectionModel)
* Read and apply a test image
read_image (TestImage, 'carpet/carpet_02')
apply_texture_inspection_model (TestImage, DefectCandidates, \
                                TextureInspectionModel, \
                                TextureInspectionResultID)
```

Ergebnis

Der Operator `clear_texture_inspection_model` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- TextureInspectionModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Siehe auch

`create_texture_inspection_model`

Modul

Matching

clear_texture_inspection_result (: : TextureInspectionResultID :)

Löschen eines Texturinspektionsergebnisses und Freigabe des verwendeten Speichers.

Der Operator `clear_texture_inspection_result` gibt das Handle `TextureInspectionResultID`für die Ergebnisse einer Texturinspektion frei, das durch den Aufruf von `apply_texture_inspection_model` erzeugt wurde. Aller vom Handle verwendeter Speicher wird freigegeben. Nach dem Aufruf von `clear_texture_inspection_result` ist das Handle ungültig.

Das Konzept der Texturinspektion ist bei der Einleitung zum Kapitel Inspektion / Texturinspektion beschrieben.

Parameter

▷ **TextureInspectionResultID** (input_control) . . . . . texture_inspection_result(-array) ⇝ *handle*
Handle der Ergebnisse einer Texturinspektion.

Beispiel

```
* Create texture inspection model
create_texture_inspection_model ('basic', TextureInspectionModel)
* Make this short example fast:
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gmm_em_max_iter', 1)
* Set parameter to generate a result handle
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gen_result_handle', 'true')
* Read and add training images
read_image (TrainImage, 'carpet/carpet_01')
add_texture_inspection_model_image (TrainImage, TextureInspectionModel, \
                                    Indices)
* Train the model
train_texture_inspection_model (TextureInspectionModel)
* Read and apply a test image
read_image (TestImage, 'carpet/carpet_02')
apply_texture_inspection_model (TestImage, DefectCandidates, \
                                TextureInspectionModel, \
                                TextureInspectionResultID)
```

Ergebnis

Der Operator `clear_texture_inspection_result` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- TextureInspectionResultID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`apply_texture_inspection_model`

Modul

Matching

`create_texture_inspection_model` (
`: : ModelType : TextureInspectionModel`)

Erzeugen eines Texturinspektionsmodells.

`create_texture_inspection_model` erzeugt ein neues Texturinspektionsmodell `TextureInspectionModel` vom Typ `ModelType`. Aktuell wird nur der Modelltyp *'basic'* unterstützt.

Die Parameter des Modells können mit `get_texture_inspection_model_param` abgefragt und mit `set_texture_inspection_model_param` manipuliert werden.

Das Konzept der Texturinspektion ist bei der Einleitung zum Kapitel Inspektion / Texturinspektion beschrieben.

Parameter

▷ **`ModelType`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Typ des erzeugten Texturinspektionsmodells.
Default: 'basic'
Werteliste: `ModelType` ∈ {'basic'}

▷ **`TextureInspectionModel`** (output_control) ..... texture_inspection_model ⇝ *handle*
Handle des Texturinspektionsmodells.

Beispiel

```
* Create texture inspection model
create_texture_inspection_model ('basic', TextureInspectionModel)
* Make this short example fast:
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gmm_em_max_iter', 1)
* Read and add training images
read_image (TrainImage, 'carpet/carpet_01')
add_texture_inspection_model_image (TrainImage, TextureInspectionModel, \
                                    Indices)
* Train the model
train_texture_inspection_model (TextureInspectionModel)
* Read and apply a test image
read_image (TestImage, 'carpet/carpet_02')
apply_texture_inspection_model (TestImage, DefectCandidates, \
                                TextureInspectionModel, \
                                TextureInspectionResultID)
```

Ergebnis

Der Operator `create_texture_inspection_model` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`set_texture_inspection_model_param`, `get_texture_inspection_model_param`, `add_texture_inspection_model_image`

Modul

Matching

deserialize_texture_inspection_model (: : SerializedItemHandle : TextureInspectionModel)

Deserialisieren eines Texturinspektionsmodells.

`deserialize_texture_inspection_model` deserialisiert ein Texturinspektionsmodell, welches mit `serialize_texture_inspection_model` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte Texturinspektionsmodell wird in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben. Die deserialisierten Werte werden im Texturinspektionsmodell `TextureInspectionModel` gespeichert.

Das Konzept der Texturinspektion ist bei der Einleitung zum Kapitel Inspektion / Texturinspektion beschrieben.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **TextureInspectionModel** (output_control) ..... texture_inspection_model ⇝ *handle*
Handle des Texturinspektionsmodells.

Beispiel

```
* Create texture inspection model
create_texture_inspection_model ('basic', TextureInspectionModel)
* Set parameters
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gen_result_handle', 'true')
* Make this short example fast:
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gmm_em_max_iter', 1)
* Read and add training images
read_image (TrainImage, 'carpet/carpet_01')
add_texture_inspection_model_image (TrainImage, TextureInspectionModel, \
                                    Indices)
* Train the model
train_texture_inspection_model (TextureInspectionModel)
* Serialize texture inspection model
serialize_texture_inspection_model (TextureInspectionModel, \
                                    SerializedItemHandle)
* Deserialize in Model
deserialize_texture_inspection_model (SerializedItemHandle, \
```

```
                                        TextureInspectionModelSerialized)
* Read and apply a test image
read_image (TestImage, 'carpet/carpet_02')
apply_texture_inspection_model (TestImage, DefectCandidates, \
                                TextureInspectionModelSerialized, \
                                TextureInspectionResultID)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_texture_inspection_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- TextureInspectionModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_texture_inspection_model`

Nachfolger

`apply_texture_inspection_model`

Siehe auch

`create_texture_inspection_model`, `write_texture_inspection_model`, `serialize_texture_inspection_model`

Modul

Matching

get_texture_inspection_model_image

```
get_texture_inspection_model_image (
    : ModelImages : TextureInspectionModel : )
```

Abfragen der Bilder eines Texturinspektionsmodells.

Der Operator `get_texture_inspection_model_image` gibt alle Bilder, die dem Texturinspektionsmodell `TextureInspectionModel` mit `add_texture_inspection_model_image` hinzugefügt wurden, zurück.

Das Konzept der Texturinspektion ist bei der Einleitung zum Kapitel Inspektion / Texturinspektion beschrieben.

Parameter

▷ **ModelImages** (output_object) ..... (multichannel-)image-array ⇝ *object :* byte / uint2
Im Texturinspektionsmodell enthaltene Trainingsbilder.

▷ **TextureInspectionModel** (input_control) ..... texture_inspection_model ⇝ *handle*
Handle des Texturinspektionsmodells.

Beispiel

```
* Create texture inspection model
create_texture_inspection_model ('basic', TextureInspectionModel)
* Make this short example fast:
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gmm_em_max_iter', 1)
```

```
* Read and add training images
read_image (TrainImage, 'carpet/carpet_01')
add_texture_inspection_model_image (ModelImages, TextureInspectionModel, \
                                    Indices)
* Get added training images
get_texture_inspection_model_image (ModelImagesOut, TextureInspectionModel)
```

Ergebnis

Der Operator `get_texture_inspection_model_image` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`create_texture_inspection_model`, `set_texture_inspection_model_param`, `get_texture_inspection_model_param`, `add_texture_inspection_model_image`

Nachfolger

`train_texture_inspection_model`, `clear_texture_inspection_model`, `remove_texture_inspection_model_image`

Modul

Matching

get_texture_inspection_model_param (: : TextureInspectionModel, GenParamName : GenParamValue)

Abfragen von Parametern eines Texturinspektionsmodells.

Der Operator `get_texture_inspection_model_param` wird genutzt, um die Werte der verschiedenen Parameter des Texturinspektionsmodells `TextureInspectionModel` abzufragen. Die Namen der gewünschten Parameter werden im Parameter `GenParamName` übergeben. Die zugehörigen Werte werden in `GenParamValue` zurückgegeben. Es können mehrere Parameter mit einem einzigen Aufruf von `get_texture_inspection_model_param` abgefragt werden. Es können alle Parameter abgefragt werden, die mit `set_texture_inspection_model_param` gesetzt werden können. Für die Beschreibung der einzelnen Parameter siehe die Dokumentation von `set_texture_inspection_model_param`. Darüber hinaus ist es möglich, die folgenden Parameter abzurufen:

'gmm_centers': Gibt die Anzahl der gaußschen Verteilungen zurück, die im Trainingsprozess als optimal ermittelt wurde. Diese Rückgabe kann als Referenz für zukünftig zu erstellende Texturmodelle dienen. Der Wertebereich für die mögliche Anzahl an Verteilungen wird durch die Festlegung der Parameter *'gmm_pmincenters'* und *'gmm_pmaxcenters'* bestimmt. Jede Bildpyramidenstufe kann eine unterschiedliche Anzahl an gaußschen Verteilungen aufweisen. Durch das Anhängen eines Indizes an den Parameter lässt sich die Anzahl der gaußschen Verteilungen für eine bestimme Bildpyramidenstufe anzeigen. *'gmm_centers_3'* liefert beispielsweise die Anzahl der gaußschen Verteilungen für die dritte Bildpyramidenstufe.

'image_indices': Gibt die Indices der Bilder zurück, die dem Texturinspektionsmodell mit `add_texture_inspection_model_image` hinzugefügt wurden. Es werden nur die Indices der Bilder zurückgegeben, die sich aktuell im Modell befinden, also nicht mit `remove_texture_inspection_model_image` entfernt wurden.

'trained_covartype': Liefert den Typ der Kovarianzmatrix, der während des Trainings verwendet wurde. Der Benutzer hat die Möglichkeit die bevorzugte Art der Kovarianzmatrix mit dem Setzen von *'gmm_covartype'* in `set_texture_inspection_model_param` einzustellen. Wenn jedoch das Training mit dem bevorzugten Kovarianz-Typ fehlschlägt, wird das Training mit einem Kovarianz-Typ mit weniger Freiheitsgeraden neu initialisiert. Wenn zum Beispiel das Training mit *'diag'* scheitert, wird ein weiteres Training mit *'spherical'* ausgeführt.

Zur besseren Übersicht können Parametern die tupelwertig sein können nur einzeln und nicht zusammen mit anderen Parametern abgefragt werden. Dazu gehören die Parameter *'image_indices'*, *'gmm_centers'*, *'levels'* und *'novelty_threshold'*.

Das Konzept der Texturinspektion ist bei der Einleitung zum Kapitel Inspektion / Texturinspektion beschrieben.

Parameter

▷ **TextureInspectionModel** (input_control) . . . . . texture_inspection_model ⇝ *handle*
Handle des Texturinspektionsmodells.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Name des abgefragten Modellparameters.
Default: 'novelty_threshold'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'num_levels', 'levels', 'gen_result_handle', 'novelty_threshold', 'sensitivity', 'patch_normalization', 'patch_rotational_robustness', 'patch_size', 'gmm_centers', 'gmm_sigma', 'gmm_pmincenters', 'gmm_pmaxcenters', 'gmm_preprocessing', 'gmm_ncomp', 'gmm_randseed', 'gmm_em_max_iter', 'gmm_em_threshold', 'gmm_em_regularize', 'gmm_covartype', 'image_indices', 'trained_covartype'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *integer* / real / string
Wert des abgefragten Modellparameters.

Beispiel

```
* Create texture inspection model
create_texture_inspection_model ('basic', TextureInspectionModel)
* Make this short example fast:
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gmm_em_max_iter', 1)
* Get parameters
get_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, 'patch_size', \
                                    PatchSize)
* Read and add training images
read_image (TrainImage, 'carpet/carpet_01')
add_texture_inspection_model_image (TrainImage, TextureInspectionModel, \
                                    Indices)
* Train the model
train_texture_inspection_model (TextureInspectionModel)
* Read and apply a test image
read_image (TestImage, 'carpet/carpet_02')
apply_texture_inspection_model (TestImage, DefectCandidates, \
                                TextureInspectionModel, \
                                TextureInspectionResultID)
```

Ergebnis

Der Operator `get_texture_inspection_model_param` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_texture_inspection_model`, `train_texture_inspection_model`

Nachfolger

`add_texture_inspection_model_image`, `train_texture_inspection_model`

Siehe auch

`set_texture_inspection_model_param`

Modul

Matching

get_texture_inspection_result_object (
: Object : TextureInspectionResultID, ResultName :)

Abfragen von ikonischen Ergebnissen einer Texturinspektion.

get_texture_inspection_result_object fragt das ikonische Ergebnis ResultName im von apply_texture_inspection_model zurückgegebenen Handle TextureInspectionResultID ab. TextureInspectionResultID wurde nur dann erzeugt, wenn *'gen_result_handle'* mit set_texture_inspection_model_param auf *'true'* gesetzt wurde.

Das Konzept der Texturinspektion ist bei der Einleitung zum Kapitel Inspektion / Texturinspektion beschrieben.

Im Folgenden sind die möglichen Parameterwerte für ResultName gelistet:

'novelty_region': Gibt die Fehlerregionen für alle Bildpyramidenstufen in einem Objekttupel zurück. Um die Fehlerregion einer einzelnen Bildpyramidenstufe abzufragen, muss der jeweilige Index angehängt werden, z.B. *'novelty_region_1'*. Wenn ein Tupel von Bildern an apply_texture_inspection_model übergeben wurde, können nur die Fehlerregionen für das erste Bild dieses Tupels abgefragt werden.

'novelty_score_image': Gibt die Novelty-Score-Bilder für alle Bildpyramidenstufen in einem Objekttupel zurück. Um die Novelty-Score-Bilder einer einzelnen Bildpyramidenstufe abzufragen, muss der jeweilige Index angehängt werden, z.B. *'novelty_score_image_1'*. Wenn ein Tupel von Bildern an apply_texture_inspection_model übergeben wurde, können nur die Novelty-Score-Bilder für das erste Bild dieses Tupels abgefragt werden.

Parameter

▷ **Object** (output_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Zurückgegebene ikonische Ergebnisse.

▷ **TextureInspectionResultID** (input_control) ..... texture_inspection_result ⇝ *handle*
Handle des Texturinspektionsergebnisses.

▷ **ResultName** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / integer
Name der zurückzugebenden ikonischen Ergebnisse.
Default: 'novelty_region'
Werteliste: ResultName ∈ {'novelty_score_image', 'novelty_region'}

Beispiel

```
* Create texture inspection model
create_texture_inspection_model ('basic', TextureInspectionModel)
* Set parameters
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gen_result_handle', 'true')
* Make this short example fast:
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gmm_em_max_iter', 1)
* Read and add training images
read_image (TrainImage, 'carpet/carpet_01')
add_texture_inspection_model_image (TrainImage, TextureInspectionModel, \
                                    Indices)
* Train the model
train_texture_inspection_model (TextureInspectionModel)
* Read and apply a test image
read_image (TestImage, 'carpet/carpet_02')
apply_texture_inspection_model (TestImage, DefectCandidates, \
                                TextureInspectionModel, \
                                TextureInspectionResultID)
* Get result objects
get_texture_inspection_result_object (Object, TextureInspectionResultID, \
                                      'novelty_score_image')
```

Ergebnis

Sind alle Parameter gültig, gibt get_texture_inspection_result_object 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`apply_texture_inspection_model`

Nachfolger

`clear_texture_inspection_result`, `clear_texture_inspection_model`

Modul

Matching

read_texture_inspection_model (
: : FileName : TextureInspectionModel)

Lesen eines Texturinspektionsmodells aus einer Datei.

`read_texture_inspection_model` liest aus der durch `FileName` gegebenen Datei ein mit `write_texture_inspection_model` abgespeichertes Texturinspektionsmodell ein. Da das Trainieren eines Texturinspektionsmodells relativ lange dauern kann, wird das Texturinspektionsmodell typischerweise in einem Offline-Prozess trainiert und mit `write_texture_inspection_model` gespeichert. Im Online-Prozess wird das Texturinspektionsmodell mit `read_texture_inspection_model` gelesen und danach zur Evaluierung mit `apply_texture_inspection_model` verwendet. Die Dateiendung für das Texturinspektionsmodell ist in HALCON 'htim'.

Nach dem Einlesen eines bereits trainierten Texturinspektionsmodell, kann der Operator `apply_texture_inspection_model` aufgerufen werden, um Testbilder zu klassifizieren. Ein erneutes Trainieren des Modells kann nur erfolgen, wenn das eingelesene Modell über Bilder verfügt. Außerdem ist zu beachten, dass die Modifikation von Parametern des Modells ein komplettes Neutraining zur Folge hat.

Das Konzept der Texturinspektion ist bei der Einleitung zum Kapitel Inspektion / Texturinspektion beschrieben.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.htim`

▷ **TextureInspectionModel** (output_control) ..... texture_inspection_model ⇝ *handle*
Handle des Texturinspektionsmodells.

Beispiel

```
* Create texture inspection model
create_texture_inspection_model ('basic', TextureInspectionModel)

* Make this short example fast:
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gmm_em_max_iter', 1)
* Read and add training images
read_image (TrainImage, 'carpet/carpet_01')
add_texture_inspection_model_image (TrainImage, TextureInspectionModel, \
                                    Indices)
* Train the model
train_texture_inspection_model (TextureInspectionModel)
* Write out texture inspection model
write_texture_inspection_model (TextureInspectionModel, \
                                'ExampleModel.htim')
* Read in Model
```

```
read_texture_inspection_model ('ExampleModel.htim', \
                               TextureInspectionModelRead)
* Read and apply a test image
read_image (TestImage, 'carpet/carpet_02')
apply_texture_inspection_model (TestImage, DefectCandidates, \
                                TextureInspectionModelRead, \
                                TextureInspectionResultID)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_texture_inspection_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`write_texture_inspection_model`

Nachfolger

`apply_texture_inspection_model`

Siehe auch

`create_texture_inspection_model`, `clear_texture_inspection_model`, `set_texture_inspection_model_param`, `get_texture_inspection_model_param`, `add_texture_inspection_model_image`

Modul

Matching

remove_texture_inspection_model_image (: : TextureInspectionModel, Indices : RemainingIndices)

Löschen ausgewählter oder aller Bilder eines Texturinspektionsmodells.

`remove_texture_inspection_model_image` löscht alle oder einzelne, ausgewählte Bilder eines Texturinspektionsmodells `TextureInspectionModel`.

Eine Verwendung von `remove_texture_inspection_model_image` ist einerseits zu empfehlen, um den Speicherplatz eines abgespeicherten Modells zu reduzieren. Dies ist vor allem dann von Vorteil, wenn das Texturinspektionsmodell offline trainiert und mit `write_texture_inspection_model` abgespeichert wurde, da in diesem Fall die Testbilder mit Hilfe von `apply_texture_inspection_model` weiterhin klassifiziert werden können, der benötigte Speicherplatz jedoch auf ein Minimum reduziert wurde. Andererseits können damit auf einfach Weise Bilder, die für eine spätere Klassifizierung von Testbildern nicht (mehr) benötigt werden, aus dem Modell entfernt werden. Dies ermöglicht es den Nutzer mit einem vollständig konfigurierten Texturmodell weiterzuarbeiten während er lediglich die verwendeten Bilddaten auf das zu lösende Inspektionsproblem abstimmen muss. Nach dem Entfernen von Bildern aus dem Texturinspektionsmodell muss es neu trainiert werden.

Um gezielt Bilder aus dem Texturinspektionsmodells zu entfernen, können im Parameter `Indices` die Indices der entsprechenden Bilder angegeben werden. Eine Überprüfung, welche Bilder sich noch im Texturinspektionsmodell befinden, kann mit dem Operator `get_texture_inspection_model_param` unter Angabe des Wertes *'image_indices'* erfolgen. Sollte der Nutzer noch nicht vergebene Indices zu Löschen von Bildern verwenden, so werden diese ignoriert. `remove_texture_inspection_model_image` bietet außerdem die Möglichkeit an, `Indices` auf den Wert *'all'* zu setzen. Damit werden automatisch alle Bilder aus dem Texturinspektionsmodells entfernt.

Falls mit `remove_texture_inspection_model_image` alle hinzugefügten Bilder aus dem Modell entfernt wurden, so kann das Modell erst (wieder) trainiert werden, wenn mit `add_texture_inspection_model_image` neue Bilder hinzugefügt wurden. Falls nur ein Teil der Bilder aus dem Modell gelöscht wurde, so werden bei einem Aufruf von `train_texture_inspection_model` alle Schritte des Trainings ausgeführt, da die ggf. noch vorhandenen Trainingsdaten nicht mehr mit der zu diesem Zeitpunkt verwendeten Datengrundlage übereinstimmen.

`remove_texture_inspection_model_image` gibt im Parameter `RemainingIndices` die Indices der Bilder zurück die nach dem Aufruf noch im Texturinspektionsmodells vorhanden sind.

Das Konzept der Texturinspektion ist bei der Einleitung zum Kapitel Inspektion / Texturinspektion beschrieben.

Parameter

- ▷ **`TextureInspectionModel`** (input_control) . . . . . texture_inspection_model(-array) ⇝ *handle*
  Handle des Texturinspektionsmodells.
- ▷ **`Indices`** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Indices der Bilder, die aus dem Texturinspektionsmodell entfernt werden sollen.
- ▷ **`RemainingIndices`** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Indices der Bilder, die weiterhin vom Texturinspektionsmodell verwendet werden.

Beispiel

```
* Create texture inspection model
create_texture_inspection_model ('basic', TextureInspectionModel)
* Read and add training images
read_image (TrainImage, 'carpet/carpet_01')
add_texture_inspection_model_image (TrainImage, TextureInspectionModel, \
                                    Indices)
* Get added training images
get_texture_inspection_model_image (TrainImageOut, TextureInspectionModel)
* Remove training images
remove_texture_inspection_model_image (TextureInspectionModel, Indices, \
                                       RemainingIndices)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `remove_texture_inspection_model_image` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- TextureInspectionModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`train_texture_inspection_model`

Siehe auch

`create_texture_inspection_model`, `clear_texture_inspection_model`, `set_texture_inspection_model_param`, `get_texture_inspection_model_param`, `add_texture_inspection_model_image`

Modul

Matching

serialize_texture_inspection_model (
: : TextureInspectionModel : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines Texturinspektionsmodells.

serialize_texture_inspection_model serialisiert ein Texturinspektionsmodell (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das Texturinspektionsmodell wird in dem Handle TextureInspectionModel übergeben. Das serialisierte Texturinspektionsmodell wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_texture_inspection_model wieder deserialisiert werden.

Das Konzept der Texturinspektion ist bei der Einleitung zum Kapitel Inspektion / Texturinspektion beschrieben.

Parameter

- ▷ **TextureInspectionModel** (input_control) ..... texture_inspection_model ⇝ *handle*
  Handle des Texturinspektionsmodells.
- ▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.

Beispiel

```
* Create texture inspection model
create_texture_inspection_model ('basic', TextureInspectionModel)
* Set parameters
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gen_result_handle', 'true')
* Make this short example fast:
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gmm_em_max_iter', 1)
* Read and add training images
read_image (TrainImage, 'carpet/carpet_01')
add_texture_inspection_model_image (TrainImage, TextureInspectionModel, \
                                    Indices)
* Train the model
train_texture_inspection_model (TextureInspectionModel)
* Serialize texture inspection model
serialize_texture_inspection_model (TextureInspectionModel, \
                                    SerializedItemHandle)
* Deserialize in Model
deserialize_texture_inspection_model (SerializedItemHandle, \
                                      TextureInspectionModelSerialized)
* Read and apply a test image
read_image (TestImage, 'carpet/carpet_02')
apply_texture_inspection_model (TestImage, DefectCandidates, \
                                TextureInspectionModelSerialized, \
                                TextureInspectionResultID)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert serialize_texture_inspection_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

train_texture_inspection_model

Nachfolger

clear_texture_inspection_model, fwrite_serialized_item, send_serialized_item, deserialize_texture_inspection_model

Siehe auch

create_texture_inspection_model, read_texture_inspection_model, deserialize_texture_inspection_model

Modul

Matching

set_texture_inspection_model_param (: : TextureInspectionModel, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen von Parametern eines Texturinspektionsmodells.

Der Operator set_texture_inspection_model_param wird benutzt, um die Parameter des Texturinspektionsmodells TextureInspectionModel anzupassen. Die aktuell gesetzten Parameterwerte können mit dem Operator get_texture_inspection_model_param abgefragt werden.

Das Konzept der Texturinspektion ist bei der Einleitung zum Kapitel Inspektion / Texturinspektion beschrieben.

Allgemeine Parameter:

'num_levels': Bestimmt die Anzahl an Bildpyramidenstufen die für die Inspektion von Texturen generiert werden. Die Anzahl der verwendeten Bildpyramidenstufen kann sowohl das Ergebnis der Texturinspektion als auch die Laufzeit von train_texture_inspection_model und apply_texture_inspection_model beeinflussen. Standardmäßig wird die Anzahl der Bildpyramidenstufen über die Größe der Trainingsbilder bestimmt. Hierbei ist zu beachten dass nicht mehr als 5 Bildpyramidenstufen verwendet werden.

Das Ändern dieses Parameters erfordert ein erneutes Trainieren des Texturinspektionsmodells wenn die angegebenen Skalen vorher nicht schon trainiert wurden. Reduziert man bei einem trainierten Modell zum Beispiel die Anzahl der Skalen von 4 auf 3 muss nicht neu trainiert werden.

Ist die Textur in den Bildern sehr grob, werden die niedrigeren Bildpyramidenstufen unter Umständen nicht für eine erfolgreiche Inspektion benötigt. Dann kann die Laufzeit deutlich optimiert werden indem man diese Skalen explizit durch das Setzen von *'levels'* ausschließt.

Wertebereich: integer Werte größer oder gleich *1* oder *'auto'*

Default: *'auto'*

'levels': Bestimmt explizit die Bildpyramidenstufen, die zur Inspektion von Texturen verwendet werden. Die Anzahl der verwendeten Bildpyramidenstufen kann sowohl das Ergebnis der Texturinspektion als auch die Laufzeit von train_texture_inspection_model und apply_texture_inspection_model beeinflussen. Standardmäßig werden die Bildpyramidenstufen durch den Wert von *'num_levels'* bestimmt: Wird zum Beispiel *'num_levels'* auf 4 gesetzt wird das Training und die Klassifikation auf vier Skalen durchgeführt. Um alle verfügbaren Skalen zu trainieren, sollte der Wert auf *'auto'* gesetzt werden.

Das Ändern dieses Parameters erfordert ein erneutes Trainieren des Texturinspektionsmodells wenn die angegebene Skalen vorher nicht schon trainiert wurde.

Ist die Textur in den Bildern sehr grob, werden die niedrigeren Bildpyramidenstufen unter Umständen nicht für eine erfolgreiche Inspektion benötigt. Dann kann die Laufzeit deutlich optimiert werden indem man diese Skalen explizit ausschließt.

Um Verwirrungen über die Länge des Tupels zu vermeiden, kann *'levels'* nur einzeln und nicht zusammen mit anderen Parametern gesetzt werden.

Wertebereich: ein monoton steigendes Tupel von integer Werten größer oder gleich *1*, oder *'auto'*

Default: *'auto'*

'gen_result_handle': Dieser Parameter bestimmt, ob beim Aufruf von apply_texture_inspection_model ein Handle zur detaillierteren Inspektion der Ergebnisse erstellt wird. Setzt man *'gen_result_handle'* auf *'true'*, lassen sich mit get_texture_inspection_result_object aus dem Handle Ergebnisse für die einzelnen Bildpyramidenstufen abfragen. Dies kann beim Debuggen und bei der Parameterfeinabstimmung helfen.

Für den Wert *'false'* wird beim Aufruf von apply_texture_inspection_model lediglich die detektierte Fehlerregion ausgegeben.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: *'false'*

Parameter, die die Berechnung der automatischen Fehlerschwelle beeinflussen:

'novelty_threshold': Dieser Parameter setzt die Werte für die Fehlerschwellen, welche zwischen fehlerfreier und fehlerhafter Textur unterscheiden. Die Fehlerschwellen werden als Tupel übergeben und werden für alle Bildpyramidenstufen gleichzeitig gesetzt. Dementsprechend muss die Anzahl der Elemente mit der Anzahl der verwendeten Pyramidenstufen *'num_levels'* (bzw. *'levels'*, falls gesetzt) übereinstimmen.

Das Setzen dieses Parameters vor dem Training hat keinen Effekt, da das Training die Fehlerschwellen automatisch bestimmt. Ein Anpassen von *'novelty_threshold'* sollte daher nach dem Training erfolgen. Eine typische Anwendung ist die Feinabstimmung zum Optimieren der Ergebnisse von apply_texture_inspection_model. Bitte beachten Sie, ein Aufruf von train_texture_inspection_model schätzt die Fehlerschwellen automatisch und überschreibt somit explizit gesetzte Fehlerschwellen.

Durch das Anhängen eines Indizes lässt sich die Fehlerschwelle für eine bestimme Bildpyramidenstufe setzen. *'novelty_threshold_3'* beispielsweise legt die Fehlerschwelle für die dritte Bildpyramidenstufe fest.

Wertebereich: integer oder float Werte größer oder gleich *0* und kleiner oder gleich *710*

Default: Wird in train_texture_inspection_model berechnet

'sensitivity': Dieser Parameter beeinflusst die Empfindlichkeit der im Training mit train_texture_inspection_model automatisch bestimmten Fehlerschwellen. Standardmäßig ist der Wert 0.0 gesetzt, was dazu führt, dass die Fehlerschwellen aus dem Training übernommen werden. Bei einem Aufruf von apply_texture_inspection_model wird eine negative Sensitivität auf die im Training bestimmten Fehlerschwellen addiert. Dementsprechend führt eine Sensitivität unter 0.0 zu höheren Fehlerschwellen und dadurch zu potentiell weniger gefundenen Fehlern. Positive Werte hingegen führen zu niedrigeren Fehlerschwellen und dadurch zu potentiell mehr entdeckten Fehlern.

Die automatisch festgesetzten Fehlerschwellen können nach dem Training mit dem Parameter *'novelty_threshold'* geändert werden.

Werteliste: float oder integer Wert

Default: *0.0*

Parameter, die die Texturmerkmale beeinflussen:

'patch_normalization': Bestimmt die Methode mit der die Texturmerkmale normiert werden. Eine Normierung ist dann sinnvoll, wenn zwischen den verschiedenen Aufnahmen keine konsistenten Beleuchtungsbedingungen gegeben sind. Wird der Parameter auf *'weber'* gesetzt, werden die Merkmale gemäß dem Weber-Fechner-Gesetz normiert. Wird der Parameter auf *'none'* gesetzt, werden die Merkmale nicht normiert.

Eine Änderung dieses Parameters erfordert ein erneutes vollständiges Training des Texturinspektionsmodells.

Werteliste: *'none'*, *'weber'*

Default: *'none'*

'patch_rotational_robustness': Wird dieser Parameter auf *'true'* gesetzt, werden die Texturmerkmale sortiert und dadurch zu einem gewissen Grad Rotationsinvarianz erreicht. Das Sortieren der Merkmale führt jedoch zu einem Informationsverlust bei den Merkmalen und die Texturinspektion wird generell weniger sensitiv. Außerdem ist die Laufzeit etwas länger. Wird der Parameter auf *'false'* gesetzt, werden die Texturmerkmale nicht sortiert.

Eine Änderung dieses Parameters erfordert ein erneutes vollständiges Training des Texturinspektionsmodells.

Alternativ ist es auch möglich, alle möglichen Rotationen in den Trainingsbildern abzudecken. Die Erhöhung der Anzahl der Trainingsbilder führt zu einer längeren Trainingszeit.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: *'false'*

'patch_size': Dieser Parameter bestimmt den Durchmesser der extrahierten Texturmerkmalspatches in Pixeln. Größere Patchgrößen erhöhen die Laufzeit deutlich. Daher sollte dieser Parameter nur mit großer Vorsicht angepasst werden. Zuerst sollte versucht werden, die Auflösung der Bilder oder die Anzahl der benutzten Pyramidenstufen zu reduzieren.

Eine Änderung dieses Parameters erfordert ein erneutes vollständiges Training des Texturinspektionsmodells.

Wertebereich: ungerade integer Werte zwischen *1* und *11*

Default: *5*

Weitergehende Parameter, die die GMM-Klassifikatoren beeinflussen:

Intern nutzt die Texturinspektion einen auf Gaußsches Mischverteilungsmodell (GMM) basierenden Klassifikator. Generell wird die Änderung der GMM-Parameter nicht empfohlen, ist für erfahrene Nutzer aber trotzdem möglich.

Eine Änderung dieser Parameter erfordert ein erneutes vollständiges Training des Texturinspektionsmodells.

Im Folgenden werden die Parameter, die den GMM-Klassifikator beeinflussen, beschrieben. Für weitere Informationen zum GMM-Klassifikator siehe auch `create_class_gmm` und `train_class_gmm`.

'gmm_sigma': Dieser Parameter bestimmt die Standardabweichung des gaußschen Rauschens, welches zu den Trainingsdaten hinzugefügt wird (siehe `add_sample_class_gmm`).

Wertebereich: integer oder float Werte größer gleich *0*

Default: *0.0*

'gmm_pmincenters': Dieser Parameter bestimmt die minimale Anzahl der gaußschen Verteilungen pro Klasse. *'gmm_pmincenters'* kann nicht auf einen Wert gesetzt werden, der größer ist als der aktuelle Wert von *'gmm_pmaxcenters'*.

Wertebereich: integer Wert größer gleich *1* und kleiner gleich *'gmm_pmaxcenters'*

Default: *12*

'gmm_pmaxcenters': Dieser Parameter bestimmt die maximale Anzahl der gaußschen Verteilungen pro Klasse. *'gmm_pmaxcenters'* kann nicht auf einen Wert gesetzt werden, der kleiner ist als der aktuelle Wert von *'gmm_pmincenters'*.

Wertebereich: integer Wert größer gleich *'gmm_pmincenters'*

Default: *12*

'gmm_preprocessing': Dieser Parameter bestimmt die Art der Vorverarbeitung, die zur Transformation der Merkmalsvektoren genutzt wird.

Werteliste: *'principal_components'*, *'normalization'*, *'none'*

Default: *'normalization'*

'gmm_ncomp': Dieser Parameter steuert die Vorverarbeitung im Falle dass eine Hauptkomponentenanalyse (*'principal_components'*) als Vorverarbeitung ausgewählt wurde. Speziell legt es die Dimension des transformierten Merkmalsvektors fest. *'gmm_ncomp'* muss immer kleiner als die Merkmalsdimension sein, die (*'patch_size'* $\times$ *'patch_size'*) beträgt. Wird *'patch_size'* so gesetzt, dass *'patch_size'* $\times$ *'patch_size'* $<$ *'gmm_ncomp'*, so wird der Parameter entsprechend angepasst.

Wertebereich: integer Werte größer oder gleich *1*

Default: *15*

'gmm_randseed': Dieser Parameter bestimmt den Initialisierungswert des Zufallszahlengenerators, der zur Initialisierung des GMM mit zufälligen Werten verwendet wird.

Werteliste: integer Wert

Default: *42*

'gmm_em_max_iter': Dieser Parameter bestimmt die maximale Anzahl von Iterationen des Expectation-Maximization-Algorithmus.

Wertebereich: integer Werte größer gleich *0*

Default: *100*

'gmm_em_threshold': Dieser Parameter bestimmt den Schwellenwert für die relative Änderung des Fehlers, die nötig ist, damit der Expectation-Maximization-Algorithmus endet.

Wertebereich: integer oder float Werte größer gleich *0* und kleiner als *1.0*

Default: *0.001*

'gmm_em_regularize': Dieser Parameter bestimmt den Regularisierungswert zur Vermeidung einer Singularität der Kovarianzmatrizen im Trainingsprozess.

Wertebereich: integer oder float Werte größer gleich *0* und kleiner als *1.0*

Default: *0.0001*

'gmm_covartype': Dieser Parameter bestimmt die Art der Kovarianzmatrix die intern verwendet wird.
Werteliste: *'spherical'*, *'diag'*, *'full'*
Default: *'diag'*

Ändern von Parametern eines trainierten Texturinspektionsmodells

Werden nach dem erfolgreichen Aufruf von `train_texture_inspection_model` die Werte von Parametern umgesetzt, so ist in den meisten Fällen ein erneutes Training notwendig. Je nachdem welche Parameter geändert werden, müssen verschiedene Teile des Trainings neu ausgeführt werden.

Ein Anpassen der Parameter *'gmm_*'* erfordert ein erneutes Training der Klassifikatoren. Da ein neuer Klassifikator zu abweichenden Neuheitswerten (*novelty scores*) führt, müssen auch die Fehlerschwellen (Novelty Threshold) neu berechnet werden. Die Parameter *'patch_*'* erfordern ein komplettes erneutes Training des Texturinspektionsmodells. Das Umsetzten von *'num_levels'* oder *'levels'* erfordert in der Regel ein komplettes Training des Texturinspektionsmodells. Werden die verwendeten Skalen aber nur reduziert, zum Beispiel durch das Reduzieren von *'levels'* von [1,2,3] auf [1,3], wird kein neues Training benötigt, da die Skalen 1 und 3 bereits in einem vorherigen Schritt trainiert wurden.

Der Parameter *'gen_result_handle'* hat keinerlei Auswirkung auf ein trainiertes Texturinspektionsmodell, so dass er geändert werden kann, ohne dass ein erneutes Training nötig ist.

Parameter

- ▷ **`TextureInspectionModel`** (input_control) ..... texture_inspection_model ⇝ *handle*
  Handle des Texturinspektionsmodells.
- ▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Name des zu ändernden Parameters.
  Default: 'gen_result_handle'
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'num_levels', 'levels', 'gen_result_handle', 'novelty_threshold', 'sensitivity', 'patch_normalization', 'patch_rotational_robustness', 'patch_size', 'gmm_sigma', 'gmm_pmincenters', 'gmm_pmaxcenters', 'gmm_preprocessing', 'gmm_ncomp', 'gmm_randseed', 'gmm_em_max_iter', 'gmm_em_threshold', 'gmm_em_regularize', 'gmm_covartype'}
- ▷ **`GenParamValue`** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Neuer Wert des Parameters.
  Default: 'true'
  Werteliste: `GenParamValue` ∈ {5, 'auto', 'true', 'false', 'none', 'weber', 'principal_components', 'normalization'}

Beispiel

```
* Create texture inspection model
create_texture_inspection_model ('basic', TextureInspectionModel)
* Set parameters
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gen_result_handle', 'true')
* Make this short example fast:
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gmm_em_max_iter', 1)
* Read and add training images
read_image (TrainImage, 'carpet/carpet_01')
add_texture_inspection_model_image (TrainImage, TextureInspectionModel, \
                                    Indices)
* Train the model
train_texture_inspection_model (TextureInspectionModel)
* Read and apply a test image
read_image (TestImage, 'carpet/carpet_02')
apply_texture_inspection_model (TestImage, DefectCandidates, \
                                TextureInspectionModel, \
                                TextureInspectionResultID)
```

Ergebnis

Der Operator `set_texture_inspection_model_param` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- TextureInspectionModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_texture_inspection_model`

Nachfolger

`add_texture_inspection_model_image`, `train_texture_inspection_model`

Siehe auch

`get_texture_inspection_model_param`

Modul

Matching

`train_texture_inspection_model` (: : `TextureInspectionModel` :)

Trainieren eines Texturinspektionsmodells.

`train_texture_inspection_model` trainiert ein Texturinspektionsmodell mit allen Trainingsbildern, die dem Modell mit `add_texture_inspection_model_image` zugefügt wurden.

Der komplette Texturinspektionsprozess arbeitet mit Bildpyramiden. Die Tiefe der Pyramide wird durch den Parameter *'num_levels'* (oder falls explizite Skalen gesetzt sind, von *'levels'*) bestimmt. Im ersten Trainingsschritt werden für jede Pyramidenstufe Texturmerkmale extrahiert und zum Set der Trainingsdaten zugefügt. Für jede Pyramidenstufe wird mit allen Trainingsdaten der jeweiligen Pyramidenstufe ein auf Gaußsches Mischverteilungsmodell (GMM) basierender Klassifikator bestimmt. In einem dritten Schritt werden die Trainingsdaten dann genutzt, um die Fehlerschwelle für jede Bildpyramidenstufe zu ermitteln. Im Folgenden werden die drei Schritte des Trainings im Detail beschrieben:

1. **Die Merkmalsextraktion** extrahiert für jedes Pixel in den Trainingsbildern ein Texturmerkmal. Die Texturmerkmale werden entsprechend der Einstellungen der *'patch_*'* Parameter berechnet, welche mit `set_texture_inspection_model_param` geändert werden können. Jedes Texturmerkmal wird dann zu den Trainingsdaten des GMMs zugefügt.
2. **Während des Trainings** des GMMs werden aus den Trainingsdaten die optimalen *'gmm_*'* Parameter abgeleitet. Die Dimensionen der einzelnen Texturmerkmale werden durch die gewählte Größe der Patches bestimmt (siehe `set_texture_inspection_model_param`). Für große Patchgrößen kann es extrem schwierig sein, eine gute Approximation an die optimalen GMM Parameter zu bekommen. Außerdem erhöhen sich die Laufzeit und der benötigte Speicher signifikant. Daher wird empfohlen, die Patchgröße nur mit großer Vorsicht zu ändern. Weitere Informationen zu GMM Klassifikatoren sind bei der Beschreibung des Operators `create_class_gmm` zu finden.
3. **Die Berechnung der Fehlerschwelle (Novelty Threshold)** ist nötig, um zwischen fehlerhafter und fehlerfreier Textur unterscheiden zu können. Zunächst wird mit den in Schritt 2 bestimmten GMMs der Neuheitswert (*novelty score*) für jedes im Training genutzte Texturmerkmal berechnet. Dann werden basierend auf den sich ergebenden Neuheitswerten die Fehlerschwellen für jede Bildpyramidenstufe bestimmt. Die automatische Bestimmung der Fehlerschwellen kann durch den Parameter *'sensitivity'* beeinflusst werden, der mit `set_texture_inspection_model_param` gesetzt werden kann.

Nachdem das Training des Modells erfolgreich durchgeführt wurde, können Bilder mit `apply_texture_inspection_model` klassifiziert werden. Hier wird für jedes Pixel ein Neuheitswert festgesetzt und mit der Fehlerschwelle abgeglichen, die im dritten Schritt des Trainings bestimmt

wurde. Für optimale Ergebnisse können die Fehlerschwellen der einzelnen Bildpyramidenstufen mit set_texture_inspection_model_param angepasst werden.

Im Allgemeinen hat das Verändern aller Parameter, bis auf *'gen_result_handle'* und *'sensitivity'*, zur Folge, dass das Texturinspektionsmodell neu trainiert werden muss. Je nachdem an welcher Stelle im Algorithmus ein neu eingestellter Parameter eingreift, wird intern entweder das gesamte Training oder nur der benötigte Teil davon ausgeführt. Aus diesem Grund kann es zu deutlichen Geschwindigkeitsunterschieden bei den Aufrufen von train_texture_inspection_model kommen. Welche Teile des Trainings beim Umsetzen eines bestimmten Parameters betroffen sind, wird in set_texture_inspection_model_param beschrieben.

Das Konzept der Texturinspektion ist bei der Einleitung zum Kapitel Inspektion / Texturinspektion beschrieben.

Parameter

▷ **TextureInspectionModel** (input_control) ..... texture_inspection_model ⇝ *handle*
Handle des Texturinspektionsmodells.

Beispiel

```
* Create texture inspection model
create_texture_inspection_model ('basic', TextureInspectionModel)
* Make this short example fast:
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gmm_em_max_iter', 1)
* Read and add training images
read_image (TrainImage, 'carpet/carpet_01')
add_texture_inspection_model_image (TrainImage, TextureInspectionModel, \
                                    Indices)
* Train the model
train_texture_inspection_model (TextureInspectionModel)
* Read and apply a test image
read_image (TestImage, 'carpet/carpet_02')
apply_texture_inspection_model (TestImage, DefectCandidates, \
                                TextureInspectionModel, \
                                TextureInspectionResultID)
```

Ergebnis

Der Operator train_texture_inspection_model gibt 2 (H_MSG_TRUE) zurück, sofern alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- TextureInspectionModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

add_texture_inspection_model_image, set_texture_inspection_model_param

Nachfolger

apply_texture_inspection_model, clear_texture_inspection_model, remove_texture_inspection_model_image, write_texture_inspection_model, serialize_texture_inspection_model

Literatur

X. Xianghua, M. Mirmehdi: „TEXEMS: Texture Exemplars for Defect Detection on Random Textured Surfaces“; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 29, No. 8; August 2007.

T. Boettger, M. Ulrich: „Real-time Texture Detection on Textured Surfaces with Compressed Sensing“; Pattern Recognition and Image Analysis, Vol. 26, No. 1, pp. 88-94; January 2016.

Modul

Matching

write_texture_inspection_model (: : TextureInspectionModel, FileName :)

Abspeichern eines Texturinspektionsmodells in einer Datei.

write_texture_inspection_model speichert das Texturinspektionsmodell TextureInspectionModel in der Datei FileName ab. Die Dateiendung für das Texturinspektionsmodell ist in HALCON 'htim'. write_texture_inspection_model wird typischerweise aufgerufen, nachdem das Texturinspektionsmodell mit train_texture_inspection_model trainiert wurde, kann jedoch auch zum Speichern eines untrainierten Modells verwendet werden. Das Texturinspektionsmodell kann mit read_texture_inspection_model wieder eingelesen werden. write_texture_inspection_model schreibt die im Modell gesetzten Parameter sowie eventuell hinzugefügte Bilder und bei einem trainierten Modell die Ergebnisse des Trainings.

Das Konzept der Texturinspektion ist bei der Einleitung zum Kapitel Inspektion / Texturinspektion beschrieben.

Parameter

- ▷ **TextureInspectionModel** (input_control) ..... texture_inspection_model ⇝ *handle*
  Handle des Texturinspektionsmodells.
- ▷ **FileName** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
  Name der Datei.
  Dateiendung: .htim

Beispiel

```
* Create texture inspection model
create_texture_inspection_model ('basic', TextureInspectionModel)
* Make this short example fast:
set_texture_inspection_model_param (TextureInspectionModel, \
                                    'gmm_em_max_iter', 1)
* Read and add training images
read_image (TrainImage, 'carpet/carpet_01')
add_texture_inspection_model_image (TrainImage, TextureInspectionModel, \
                                    Indices)
* Train the model
train_texture_inspection_model (TextureInspectionModel)
* Write out texture inspection model
write_texture_inspection_model (TextureInspectionModel, 'ExampleModel.htim')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert write_texture_inspection_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

train_texture_inspection_model

Nachfolger

clear_texture_inspection_model

Siehe auch

create_texture_inspection_model, clear_texture_inspection_model, set_texture_inspection_model_param, get_texture_inspection_model_param, add_texture_inspection_model_image

Modul

Matching

14.5 Variationsmodell

clear_train_data_variation_model (: : ModelID :)

Freigabe des Speichers der Trainingsdaten eines Variationsmodells.

clear_train_data_variation_model gibt den Speicher der Trainingsdaten eines Variationsmodells wieder frei. clear_train_data_variation_model dient dazu, Speicherplatz (sowohl im Hauptspeicher als auch beim Schreiben des Variationsmodells mit write_variation_model) zu sparen. clear_train_data_variation_model kann nur aufgerufen werden, falls das Variationsmodell mit prepare_variation_model zum Vergleich vorbereitet wurde. Nach dem Aufruf von clear_train_data_variation_model kann das Variationsmodell nur noch zum Bildvergleich mit compare_variation_model oder compare_ext_variation_model verwendet werden. Ein weiteres Training ist ausgeschlossen. Weiterhin können die zum Bildvergleich verwendeten Bilder nicht mehr mit get_variation_model ausgelesen werden. Falls dies erwünscht ist, muss get_variation_model vor clear_train_data_variation_model aufgerufen werden.

Parameter

▷ **ModelID** (input_control) ..... variation_model ⇝ *handle*
ID des Variationsmodells.

Ergebnis

clear_train_data_variation_model liefert 2 (H_MSG_TRUE) zurück, wenn alle Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

prepare_variation_model

Nachfolger

compare_variation_model, compare_ext_variation_model, write_variation_model

Modul

Matching

clear_variation_model (: : ModelID :)

Freigabe des Speichers eines Variationsmodells.

clear_variation_model gibt den Speicher eines Variationsmodells, das mit create_variation_model angelegt wurde, wieder frei. Das Modell kann nach dem Aufruf nicht mehr verwendet werden. Der Handle ModelID ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . variation_model ⇝ *handle*
ID des Variationsmodells.

Ergebnis

clear_variation_model liefert 2 (H_MSG_TRUE) zurück, wenn alle Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_variation_model

Modul

Matching

compare_ext_variation_model (Image : Region : ModelID, Mode :)

Vergleich eines Bildes mit einem Variationsmodell.

compare_ext_variation_model vergleicht das Eingabebild Image mit dem Variationsmodell ModelID. compare_ext_variation_model ist eine Erweiterung von compare_variation_model, die mehr Modi zum Bildvergleich bietet. Bevor compare_ext_variation_model aufgerufen werden kann, müssen mit prepare_variation_model oder prepare_direct_variation_model die beiden internen Schwellenwertbilder erzeugt worden sein. Sei das aktuelle Bild Image durch $c(x, y)$ bezeichnet und die beiden internen Schwellenwertbilder mit $t_{u,l}$ (siehe prepare_variation_model oder prepare_direct_variation_model). Dann wird für Mode = *'absolute'* die Ausgaberegion Region aus allen Punkten bestimmt, die sich stark vom Modell unterscheiden, d.h. für die gilt:

$$c(x, y) > t_u(x, y) \vee c(x, y) < t_l(x, y) \ .$$

Diese Modus ist also identisch zu compare_variation_model. Für Mode = *'light'* besteht Region aus allen Punkten, die zu hell sind:

$$c(x, y) > t_u(x, y) \ .$$

Für Mode = *'dark'* besteht Region aus allen Punkten, die zu dunkel sind:

$$c(x, y) < t_l(x, y) \ .$$

Schließlich werden für Mode = *'light_dark'* in Region zwei Regionen zurückgeliefert. In der ersten Region ist das Ergebnis von Mode = *'light'*, in der zweiten Region das Ergebnis von Mode = *'dark'*. Die jeweiligen Regionen können mit select_obj selektiert werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Bild des zu vergleichenden Objekts.
- ▷ **Region** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Region der Punkte, die sich stark vom Modell unterscheiden.
- ▷ **ModelID** (input_control) ..... variation_model ⇝ *handle*
  ID des Variationsmodells.
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art des Vergleichs mit dem Variationsmodells.
  Default: 'absolute'
  Wertevorschläge: `Mode` ∈ {'absolute', 'light', 'dark', 'light_dark'}

Beispiel

```
read_shape_model ('model.shm', TemplateID)
read_variation_model ('model.var', ModelID)
for K := 1 to 10 by 1
    read_image (Image, 'pen-' + K$'02')
    find_generic_shape_model (Image, TemplateID, MatchResultID, \
                              NumMatchResult)
    get_generic_shape_model_result (MatchResultID, 'all', 'hom_mat_2d', \
                                    HomMat2D)
    dev_display (Image)
    if (NumMatchResult == 1)
        affine_trans_image (Image, ImageTrans, HomMat2D, 'constant', \
                            'false')
        compare_ext_variation_model (ImageTrans, RegionDiff, ModelID, \
                                     'absolute')
        dev_display (RegionDiff)
    endif
endfor
```

Ergebnis

`compare_ext_variation_model` liefert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, wenn alle Parameter korrekt sind und die internen Schwellenwertbilder zuvor mit `prepare_variation_model` oder `prepare_direct_variation_model` erzeugt worden sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`prepare_variation_model`, `prepare_direct_variation_model`

Nachfolger

`select_obj`, `connection`

Alternativen

`compare_variation_model`, `dyn_threshold`

Siehe auch

`get_thresh_images_variation_model`

Modul

Matching

compare_variation_model (Image : Region : ModelID :)

Vergleich eines Bildes mit einem Variationsmodell.

compare_variation_model vergleicht das Eingabebild Image mit dem Variationsmodell ModelID. Bevor compare_variation_model aufgerufen werden kann, müssen mit prepare_variation_model oder prepare_direct_variation_model die beiden internen Schwellenwertbilder erzeugt worden sein. Sei das aktuelle Bild Image durch $c(x, y)$ bezeichnet und die beiden internen Schwellenwertbilder mit $t_{u,l}$ (siehe prepare_variation_model und prepare_direct_variation_model). Dann wird die Ausgaberegion Region aus allen Punkten bestimmt, die sich stark vom Modell unterscheiden, d.h. für die gilt:

$$c(x, y) > t_u(x, y) \vee c(x, y) < t_l(x, y) \ .$$

Falls nur zu helle oder zu dunkle Fehler segmentiert werden sollen, kann der Operator compare_ext_variation_model verwendet werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Bild des zu vergleichenden Objekts.
- ▷ **Region** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Region der Punkte, die sich stark vom Modell unterscheiden.
- ▷ **ModelID** (input_control) ..... variation_model ⇝ *handle*
  ID des Variationsmodells.

Beispiel

```
read_shape_model ('model.shm', TemplateID)
read_variation_model ('model.var', ModelID)
for K := 1 to 10 by 1
    read_image (Image, 'pen-' + K$'02')
    find_generic_shape_model (Image, TemplateID, MatchResultID, \
                              NumMatchResult)
    get_generic_shape_model_result (MatchResultID, 'all', 'hom_mat_2d', \
                                    HomMat2D)
    dev_display (Image)
    if (NumMatchResult == 1)
        affine_trans_image (Image, ImageTrans, HomMat2D, 'constant', \
                            'false')
        compare_variation_model (ImageTrans, RegionDiff, ModelID)
        dev_display (RegionDiff)
    endif
endfor
```

Ergebnis

compare_variation_model liefert 2 (H_MSG_TRUE) zurück, wenn alle Parameter korrekt sind und die internen Schwellenwertbilder zuvor mit prepare_variation_model oder prepare_direct_variation_model erzeugt worden sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

prepare_variation_model, prepare_direct_variation_model

Nachfolger

connection

Alternativen

compare_ext_variation_model, dyn_threshold

Siehe auch

get_thresh_images_variation_model

Modul

Matching

create_variation_model (: : Width, Height, Type, Mode : ModelID)

Erzeugung eines Variationsmodells zum Bildvergleich.

create_variation_model erzeugt ein Variationsmodell, das zum Bildvergleich verwendet werden kann. Der Handle auf das generierte Variationsmodell wird in ModelID zurückgeliefert.

Das Variationsmodell wird typischerweise verwendet, um korrekt gefertigte Objekte („gute Objekte“) von falsch gefertigten Objekten („schlechte Objekte“) zu unterscheiden. Vorausgesetzt wird hierbei, dass sich die Unterscheidung allein aufgrund der Grauwerte des Objektes treffen lässt.

Das Variationsmodell besteht aus einem idealen Bild des Objektes, mit dem das Bild eines Objektes später mit compare_variation_model oder compare_ext_variation_model verglichen werden soll, und einem Bild, das angibt, wie sehr das Objekt an seinen verschiedenen Punkten im Grauwert variieren kann. Die Größe der Bilder, mit denen das Variationsmodell trainiert wird und die später zum Vergleich verwendet werden, wird mit Width und Height festgelegt. Der Bildtyp der Trainings- und Vergleichsbilder wird mit Type angegeben.

Das Variationsmodell wird aus mehreren Bildern guter Objekte trainiert. Daher ist es unerlässlich, dass die Trainingsbilder die Objekte in derselben Lage zeigen. Falls dies nicht garantiert werden kann, kann die Lage des Objektes z.B. mittels Matching (siehe find_generic_shape_model) bestimmt werden. Hierauf kann das Bild mit affine_trans_image in eine Standardlage transformiert werden.

Mit dem Parameter Mode kann festgelegt werden, wie das Bild des idealen Objektes und das zugehörige Variationsbild berechnet werden. Für Mode=*'standard'* wird das ideale Bild des Objektes aus dem Mittelwert aller Trainingsbilder an den jeweiligen Bildpunkten berechnet. Das zugehörige Variationsbild wird aus der Standardabweichung der Trainingsbilder an den jeweiligen Bildpunkten berechnet. Dieser Modus hat den Vorteil, dass das Modell iterativ trainiert werden kann, d.h. sobald ein Bild eines guten Objektes vorliegt, kann es mit train_variation_model trainiert werden. Der Nachteil dieses Modus ist, dass sehr genau darauf geachtet werden muss, dass ausschließlich Bilder guter Objekte trainiert werden, da der Mittelwert und die Standardabweichung nicht robust gegenüber Ausreißern sind, d.h. wenn ein Bild eines schlechten Objektes aus Versehen mittrainiert wird, kann die Genauigkeit des idealen Objektbildes und des Variationsbildes beeinträchtigt werden.

Falls nicht verhindert werden kann, dass das Variationsmodell mit Bildern von Objekten trainiert wird, die Fehler enthalten, kann Mode=*'robust'* verwendet werden. In diesem Modus wird das ideale Bild des Objektes aus dem Median aller Trainingsbilder an den jeweiligen Bildpunkten berechnet. Das zugehörige Variationsbild wird aus dem Median der absoluten Abweichungen der Trainingsbilder vom Median an den jeweiligen Bildpunkten berechnet und geeignet skaliert. Dieser Modus hat den Vorteil, dass das berechnete Variationsmodell robust gegenüber Ausreißern ist. Es hat den Nachteil, dass es nicht iterativ trainiert werden kann, d.h. alle Trainingsbilder müssen mit concat_obj aufgesammelt werden und in einem Aufruf von train_variation_model trainiert werden.

In manchen Fällen ist es nicht möglich, mehrere Trainingsbilder aufzunehmen. In diesem Fall kann durch Trainieren des einzigen Trainingsbildes kein sinnvolles Variationsbild erzeugt werden. Um dies zu umgehen, können synthetische Variationen des Trainingsbildes erzeugt werden, z.B. durch Verschieben des Trainingsbildes um ± 1 Pixel in Zeilen- und Spaltenrichtung oder durch Grauwertmorphologie (z.B. mit gray_erosion_shape und gray_dilation_shape) und dann trainiert werden. Eine andere Möglichkeit, ein Variationsmodell aus einem Trainingsbild zu erzeugen, ist, das Modell mit Mode=*'direct'* zu erzeugen. In diesem Fall kann das Variationsmodell nur dadurch trainiert werden, dass das ideale Bild des Objektes und das Variationsbild direkt mit prepare_direct_variation_model spezifiziert wird. Da typischerweise die Variation an den Kanten des Objektes groß ist, ist es sinnvoll, das Variationsbild mit Kantenoperatoren wie sobel_amp, edges_image oder gray_range_rect zu erzeugen.

Parameter

▷ **Width** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Breite der zu vergleichenden Bilder.
Default: 640
Wertevorschläge: `Width` ∈ {160, 192, 320, 384, 640, 768}

▷ **Height** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Höhe der zu vergleichenden Bilder.
Default: 480
Wertevorschläge: `Height` ∈ {120, 144, 240, 288, 480, 576}

▷ **Type** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Typ der zu vergleichenden Bilder.
Default: 'byte'
Wertevorschläge: `Type` ∈ {'byte', 'int2', 'uint2'}

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Berechnung des Variationsmodells.
Default: 'standard'
Wertevorschläge: `Mode` ∈ {'standard', 'robust', 'direct'}

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . variation_model ⇝ *handle*
ID des Variationsmodells.

Komplexität

Das mit `create_variation_model` erzeugte Modell benötigt für `Mode` = *'standard'* und `Mode` = *'robust'* für `Type` = *'byte'* 12 ∗ `Width` ∗ `Height` Bytes Speicher. Für `Type` = *'uint2'* und `Type` = *'int2'* werden 14 ∗ `Width` ∗ `Height` Bytes benötigt. Für `Mode` = *'direct'* und nachdem die Trainingsdaten mit `clear_train_data_variation_model` gelöscht worden sind, werden für `Type` = *'byte'* 2 ∗ `Width` ∗ `Height` Bytes benötigt. Für die anderen Bildtypen werden 4 ∗ `Width` ∗ `Height` benötigt.

Ergebnis

`create_variation_model` liefert 2 (`H_MSG_TRUE`) zurück, wenn alle Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`train_variation_model`, `prepare_direct_variation_model`

Siehe auch

`prepare_variation_model`, `clear_variation_model`, `clear_train_data_variation_model`, `find_generic_shape_model`, `affine_trans_image`

Modul

Matching

deserialize_variation_model (: : SerializedItemHandle : ModelID)

Deserialisieren eines Variationsmodells.

`deserialize_variation_model` deserialisiert ein Variationsmodell, welches mit `serialize_variation_model` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte Variationsmodell wird in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten Variationsmodell mit dem Handle `ModelID` gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . variation_model ⇝ *handle*
ID des Variationsmodells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_variation_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_variation_model`

Nachfolger

`compare_variation_model`, `compare_ext_variation_model`

Siehe auch

`read_variation_model`, `write_variation_model`

Modul

Matching

get_thresh_images_variation_model (: MinImage, MaxImage : ModelID :)

Auslesen der zum Bildvergleich verwendeten Schwellenwertbilder.

`get_thresh_images_variation_model` gibt die in dem Variationsmodell `ModelID` gespeicherten Schwellenwertbilder in `MinImage` und `MaxImage` zurück. Die Schwellenwertbilder müssen mit `prepare_variation_model` oder `prepare_direct_variation_model` berechnet werden, bevor sie ausgelesen werden können. Die Formel zur Berechnung der Schwellenwertbilder kann bei `prepare_variation_model` oder `prepare_direct_variation_model` nachgelesen werden. Die Schwellenwertbilder werden bei `compare_variation_model` und `compare_ext_variation_model` verwendet, um zu große Abweichungen eines Bildes vom Modell zu erkennen. Wie bei `compare_variation_model` und `compare_ext_variation_model` beschrieben, werden Grauwerte außerhalb des Intervalls, das durch `MinImage` und `MaxImage` gegeben ist, als Fehler betrachtet.

Parameter

▷ **MinImage** (output_object) . . . . . image ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
Schwellenwertbild für den unteren Schwellenwert.

▷ **MaxImage** (output_object) . . . . . image ⇝ *object :* real
Schwellenwertbild für den oberen Schwellenwert.

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . variation_model ⇝ *handle*
ID des Variationsmodells.

Ergebnis

`get_thresh_images_variation_model` liefert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, wenn alle Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

prepare_variation_model, prepare_direct_variation_model

Siehe auch

compare_variation_model, compare_ext_variation_model

Modul

Matching

get_variation_model (: Image, VarImage : ModelID :)

Auslesen der zum Bildvergleich verwendeten Bilder.

get_variation_model gibt die in dem Variationsmodell ModelID gespeicherten Bilder des idealen Objektes in Image und des zugehörigen Variationsbildes in VarImage zurück. Die zurückgelieferten Bilder können verwendet werden, um zu überprüfen, ob das Bild eines schlechten Objektes mit train_variation_model trainiert worden ist. Dies kann typischerweise daran erkannt werden, dass an Stellen des idealen Objektes, die keine Variation aufweisen sollten, eine große Variation im Variationsbild zu erkennen ist.

Parameter

- ▷ **Image** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Bild des trainierten Objekts.
- ▷ **VarImage** (output_object) ..... image ⇝ *object :* real
  Variationsbild des trainierten Objekts.
- ▷ **ModelID** (input_control) ..... variation_model ⇝ *handle*
  ID des Variationsmodells.

Ergebnis

get_variation_model liefert 2 (H_MSG_TRUE) zurück, wenn alle Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

train_variation_model

Siehe auch

prepare_variation_model, compare_variation_model, compare_ext_variation_model

Modul

Matching

prepare_direct_variation_model (RefImage, VarImage : : ModelID, AbsThreshold, VarThreshold :)

Vorbereitung eines Variationsmodells zum Vergleich.

prepare_direct_variation_model bereitet ein Variationsmodell zum Vergleich mit compare_variation_model oder compare_ext_variation_model vor. Hierzu muss das Modell mit Mode=*'direct'* mit create_variation_model erzeugt worden sein. Im Unterschied zu prepare_variation_model werden das ideale Bild und das zugehörige Variationsbild nicht durch train_variation_model berechnet, sondern in RefImage und VarImage direkt übergeben. Dies ist sinnvoll, wenn, wie bei create_variation_model beschrieben, das Variationsmodell aus einem Bild erzeugt werden soll. Das Variationsbild VarImage sollte typischerweise mit Kantenoperatoren wie sobel_amp, edges_image oder gray_range_rect erzeugt werden.

prepare_direct_variation_model berechnet aus dem idealen Bild RefImage und dem Variationsbild VarImage zwei interne Schwellenwertbilder und speichert sie im Variationsmodell ab. Diese Schwellenwertbilder werden in compare_variation_model oder compare_ext_variation_model verwendet, um den Vergleich des aktuellen Bildes mit dem Variationsmodell durchzuführen.

Zur Berechnung der Schwellenwertbilder werden zwei Schwellenwerte verwendet. Der Schwellenwert AbsThreshold gibt an, um wie viele Graustufen sich das Bild des aktuellen Objektes mindestens vom idealen Bild unterscheiden muss. Der Schwellenwert VarThreshold gibt einen Faktor für den Unterschied des aktuellen Bildes relativ zu der im Variationsbild gespeicherten Variation des Objektes an. VarThreshold legt mittels VarImage Regionen fest, in denen Unterschiede in den Grauwerten auftreten dürfen, die nicht als Fehler gezählt werden sollen. Dadurch werden Abweichungen in bestimmten Bereichen des zu prüfenden Objekts erlaubt. AbsThreshold und VarThreshold können jeweils einen oder zwei Werte enthalten. Falls zwei Werte angegeben werden, können unterschiedliche Schwellen für zu helle und zu dunkle Pixel festgelegt werden. Dabei bezieht sich der erste Wert auf die zu hellen Grauwerte und der zweite Wert auf die zu dunklen Grauwerte. Falls nur ein Wert angegeben wird, bezieht sich der Wert sowohl auf die zu hellen als auch auf die zu dunklen Grauwerte. Sei $i(x,y)$ das ideale Bild RefImage, $v(x,y)$ das Variationsbild VarImage, a_u = AbsThreshold[0], a_l = AbsThreshold[1], b_u = VarThreshold[0] und b_l = VarThreshold[1] (bzw. a_u = AbsThreshold, a_l = AbsThreshold, b_u = VarThreshold und b_l = VarThreshold). Dann werden die beiden Schwellenwertbilder $t_{u,l}$ wie folgt berechnet:

$$t_u(x,y) = i(x,y) + \max\{a_u, b_u v(x,y)\} \qquad t_l(x,y) = i(x,y) - \max\{a_l, b_l v(x,y)\} \ .$$

Wenn das aktuelle Bild $c(x,y)$ mit compare_variation_model mit dem Variationsmodell verglichen wird, wird die Ausgaberegion aus allen Punkten bestimmt, die sich stark vom Modell unterscheiden, d.h. für die gilt:

$$c(x,y) > t_u(x,y) \vee c(x,y) < t_l(x,y) \ .$$

In compare_ext_variation_model stehen erweiterte Vergleichsmodi zur Verfügung, mit denen zusätzlich nur zu helle Fehler, nur zu dunkle Fehler und zu helle und zu dunkle Fehler als separate Regionen zurückgeliefert werden können.

Nachdem die Schwellenwertbilder erzeugt worden sind, können sie mit get_thresh_images_variation_model ausgelesen werden.

Es ist zu beachten, dass RefImage und VarImage nicht als ideales Bild bzw. als Variationsbild im Modell abgespeichert werden, um Speicherplatz im Modell zu sparen.

Parameter

- ▷ **RefImage** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Referenzbild des Objektes.
- ▷ **VarImage** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Variationsbild des Objekts.
- ▷ **ModelID** (input_control) ..... variation_model ⇝ *handle*
  ID des Variationsmodells.
- ▷ **AbsThreshold** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Absoluter Mindestschwellenwert für die Unterschiede bezüglich des Variationsmodells.
  Default: 10
  Wertevorschläge: AbsThreshold ∈ {0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50}
  Restriktion: AbsThreshold >= 0
- ▷ **VarThreshold** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Schwellenwert für die Unterschiede bezüglich der Variation des Variationsmodells.
  Default: 2
  Wertevorschläge: VarThreshold ∈ {1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5}
  Restriktion: VarThreshold >= 0

Beispiel

```
read_image (Image, 'model')
sobel_amp (Image, VarImage, 'sum_abs', 3)
get_image_pointer1 (Image, Pointer, Type, Width, Height)
create_variation_model (Width, Height, Type, 'direct', ModelID)
prepare_direct_variation_model (Image, VarImage, ModelID, 20, 1)
write_variation_model (ModelID, 'model.var')
```

Ergebnis

`prepare_direct_variation_model` liefert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, wenn alle Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`sobel_amp`, `edges_image`, `gray_range_rect`

Nachfolger

`compare_variation_model`, `compare_ext_variation_model`, `get_thresh_images_variation_model`, `write_variation_model`

Alternativen

`prepare_variation_model`

Siehe auch

`create_variation_model`

Modul

Matching

prepare_variation_model (: : ModelID, AbsThreshold, VarThreshold :)

Vorbereitung eines Variationsmodells zum Vergleich.

`prepare_variation_model` bereitet ein Variationsmodell zum Vergleich mit `compare_variation_model` oder `compare_ext_variation_model` vor. Hierzu werden aus dem mit `train_variation_model` trainierten idealen Bild und dem zugehörigen Variationsbild zwei interne Schwellenwertbilder berechnet und im Variationsmodell abgespeichert. Diese Schwellenwertbilder werden in `compare_variation_model` oder `compare_ext_variation_model` verwendet, um den Vergleich des aktuellen Bildes mit dem Variationsmodell zu beschleunigen.

Zur Berechnung der Schwellenwertbilder werden zwei Schwellenwerte verwendet. Der Schwellenwert `AbsThreshold` gibt an, um wie viele Graustufen sich das Bild des aktuellen Objektes mindestens vom idealen Bild unterscheiden muss. Der Schwellenwert `VarThreshold` gibt einen Faktor für den Unterschied des aktuellen Bildes relativ zu der im Variationsbild gespeicherten Variation des Objektes an. `AbsThreshold` und `VarThreshold` können jeweils einen oder zwei Werte enthalten. Falls zwei Werte angegeben werden, können unterschiedliche Schwellen für zu helle und zu dunkle Pixel festgelegt werden. Dabei bezieht sich der erste Wert auf die zu hellen Grauwerte und der zweite Wert auf die zu dunklen Grauwerte. Falls nur ein Wert angegeben wird, bezieht sich der Wert sowohl auf die zu hellen als auch auf die zu dunklen Grauwerte. Sei $i(x,y)$ das ideale Bild, $v(x,y)$ das Variationsbild, a_u = `AbsThreshold`[0], a_l = `AbsThreshold`[1], b_u = `VarThreshold`[0] und b_l = `VarThreshold`[1] (bzw. a_u = `AbsThreshold`, a_l = `AbsThreshold`, b_u = `VarThreshold` und b_l = `VarThreshold`). Dann werden die beiden Schwellenwertbilder $t_{u,l}$ wie folgt berechnet:

$$t_u(x,y) = i(x,y) + \max\{a_u, b_u v(x,y)\} \qquad t_l(x,y) = i(x,y) - \max\{a_l, b_l v(x,y)\} \ .$$

Wenn das aktuelle Bild $c(x,y)$ mit `compare_variation_model` mit dem Variationsmodell verglichen wird, wird die Ausgaberegion aus allen Punkten bestimmt, die sich stark vom Modell unterscheiden, d.h. für die gilt:

$$c(x,y) > t_u(x,y) \vee c(x,y) < t_l(x,y) \ .$$

In compare_ext_variation_model stehen erweiterte Vergleichsmodi zur Verfügung, mit denen zusätzlich nur zu helle Fehler, nur zu dunkle Fehler und zu helle und zu dunkle Fehler als separate Regionen zurückgeliefert werden können.

Nachdem die Schwellenwertbilder erzeugt worden sind, können sie mit get_thresh_images_variation_model ausgelesen werden. Außerdem können die Trainingsdaten mit clear_train_data_variation_model gelöscht werden, um Speicherplatz zu sparen.

Parameter

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . variation_model ⇝ *handle*
ID des Variationsmodells.

▷ **AbsThreshold** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
Absoluter Mindestschwellenwert für die Unterschiede bezüglich des Variationsmodells.
Default: 10
Wertevorschläge: AbsThreshold ∈ {0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50}
Restriktion: AbsThreshold >= 0

▷ **VarThreshold** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
Schwellenwert für die Unterschiede bezüglich der Variation des Variationsmodells.
Default: 2
Wertevorschläge: VarThreshold ∈ {1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5}
Restriktion: VarThreshold >= 0

Ergebnis

prepare_variation_model liefert 2 (H_MSG_TRUE) zurück, wenn alle Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

train_variation_model

Nachfolger

compare_variation_model, compare_ext_variation_model, get_thresh_images_variation_model, clear_train_data_variation_model, write_variation_model

Alternativen

prepare_direct_variation_model

Siehe auch

create_variation_model

Modul

Matching

read_variation_model (: : FileName : ModelID)

Lesen eines Variationsmodells von Datei.

read_variation_model liest ein Variationsmodell, das mit write_variation_model geschrieben wurde, aus der Datei FileName ein. Die Dateiendung für den ein Variationsmodell ist in HALCON 'vam'.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.vam`

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . variation_model ⇝ *handle*
ID des Variationsmodells.

Ergebnis

Ist der Dateiname korrekt, dann liefert `read_variation_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`compare_variation_model`, `compare_ext_variation_model`

Siehe auch

`write_variation_model`

Modul

Matching

serialize_variation_model (: : ModelID : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines Variationsmodells.

`serialize_variation_model` serialisiert die Daten eines Variationsmodells (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von `write_variation_model` in eine Datei geschrieben werden. Das Variationsmodell wird in dem Handle `ModelID` übergeben. Das serialisierte Variationsmodell wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und kann mit `deserialize_variation_model` wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . variation_model ⇝ *handle*
ID des Variationsmodells.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_variation_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`train_variation_model`

Nachfolger

`fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_variation_model`

Siehe auch

`read_variation_model`, `write_variation_model`

Modul

Matching

`train_variation_model` (Images : : ModelID :)

Trainieren eines Variationsmodells.

`train_variation_model` trainiert das durch `ModelID` angegebene Variationsmodell mit einem oder mehreren Bildern, die in `Images` übergeben werden.

Wie bei `create_variation_model` beschrieben, kann ein Variationsmodell, das mit dem Modus *'standard'* erzeugt worden ist, iterativ trainiert werden kann, d.h. sobald ein oder mehrere Bilder eines guten Objektes vorliegen, können diese mit `train_variation_model` trainiert werden. Das ideale Bild des Objektes wird in diesem Modus aus dem Mittelwert aller bisherigen Trainingsbilder und den Bildern, die in `Images` übergeben werden, berechnet. Das zugehörige Variationsbild wird aus der Standardabweichung der Trainingsbilder und der Bilder, die in `Images` übergeben werden, berechnet.

Falls das Variationsmodell mit dem Modus *'robust'* erzeugt worden ist, kann das Modell nicht iterativ trainiert werden, d.h. alle Trainingsbilder müssen mit `concat_obj` aufgesammelt werden und in einem Aufruf von `train_variation_model` trainiert werden. Falls zuvor schon Bilder trainiert worden sind, geht die Trainingsinformation verloren. Das ideale Bild des Objektes wird in diesem Modus aus dem Median aller in `Images` übergebenen Trainingsbilder berechnet. Das zugehörige Variationsbild wird aus dem Median der absoluten Abweichungen der Trainingsbilder vom Median berechnet und geeignet skaliert.

Achtung

Es können maximal 65535 Trainingsbilder trainiert werden.

Parameter

- ▷ **`Images`** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2
  Bilder des zu trainierenden Objekts.
- ▷ **`ModelID`** (input_control) ..... variation_model ⇝ *handle*
  ID des Variationsmodells.

Beispiel

```
create_variation_model (Width, Height, Type, 'standard', ModelID)
for K := 1 to 10 by 1
    read_image (Image, 'pen-' + K$'02')
    find_generic_shape_model (Image, TemplateID, MatchResultID, \
                              NumMatchResult)
    get_generic_shape_model_result (MatchResultID, 'all', 'hom_mat_2d', \
                                    HomMat2D)
    if (NumMatchResult == 1)
        affine_trans_image (Image, ImageTrans, HomMat2D, 'constant', \
                            'false')
        train_variation_model (ImageTrans, ModelID)
    endif
endfor
prepare_variation_model (ModelID, 10, 4)
```

Ergebnis

`train_variation_model` liefert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, wenn alle Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_variation_model`, `find_generic_shape_model`, `affine_trans_image`, `concat_obj`

Nachfolger

`prepare_variation_model`

Siehe auch

`prepare_variation_model`, `compare_variation_model`, `compare_ext_variation_model`, `clear_variation_model`

Modul

Matching

write_variation_model (: : ModelID, FileName :)

Schreiben eines Variationsmodells auf Datei.

`write_variation_model` schreibt ein Variationsmodell in die Datei `FileName`. Das Modell kann mit `read_variation_model` wieder eingelesen werden. Die Dateiendung für den ein Variationsmodell ist in HALCON 'vam'.

Parameter

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . variation_model ⇝ *handle*
ID des Variationsmodells.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.vam`

Ergebnis

Ist der Dateiname korrekt (Schreiberlaubnis), dann liefert `write_variation_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`train_variation_model`

Siehe auch

`read_variation_model`

Modul

Matching

Kapitel 15

Kalibrierung

Dieses Kapitel enthält Informationen zur Kalibrierung von Kameras.

Allgemein

Um maximale Messgenauigkeit für einen Kameraaufbau zu erzielen muss dieser entsprechend kalibriert werden. Daher wird ein Kameramodell berechnet, welches die Projektion eines 3D-Weltpunktes auf ein (Sub-)Pixel des Bildes beschreibt.

In HALCON wird eine Vielzahl an Operatoren zur Verfügung gestellt um diverse Aufgabenstellungen aus dem Bereich der Kalibrierung bewältigen zu können, darunter

- die Beschreibung und Erkennung von Kalibrierobjekten (Kalibrierung / Kalibrierkörper),
- die Projektion von Punkten aus 3D-Szenen auf die Bildebene und umgekehrt (Kalibrierung / Projektion, Kalibrierung / Inverse Projektion),
- die Kompensation perspektivischer und radialer Verzerrungen (Kalibrierung / Rektifizierung),
- die Handhabung der Kameraparameter Kalibrierung / Kameraparameter),
- die Durchführung einer Selbstkalibrierung (Kalibrierung / Selbst-Kalibrierung), und
- die Kalibrierung verschiedener Kameraaufbauten, bestehend aus
  - einer Kamera (Kalibrierung / Monokular),
  - mehrerer Kameras (Kalibrierung / Binokular, Kalibrierung / Mehrbild), oder
  - einer Kombination aus Kamera und Roboter (Kalibrierung / Hand-Auge).

Dieses Kapitel gibt Empfehlungen bezüglich des grundlegenden Konzepts zur Berechnung der internen und externen Parameter einer Kamera. Die folgenden Paragraphen beschreiben, wie eine Kamera erfolgreich kalibriert wird. Insbesondere werden darin

- das benötigte Kalibrierobjekt,
- die einzelnen Schritte der Kamerakalibrierung, darunter
  - wie die Vorbereitung der Eingabedaten erfolgt,
  - wie die Kalibrierung mittels `calibrate_cameras` durchgeführt wird und
  - wie der Erfolg der Kalibrierung überprüft werden kann
- die Kameraparameter,
- zusätzliche Informationen über den Kalibrierprozess, darunter
  - wie eine geeignete Kalibrierplatte bezogen werden kann,

  - wie eine Reihe geeigneter Bilder aufgenommen werden kann, und
  - welches Verzeichnungsmodell verwendet werden sollte,

- die zur Verfügung stehenden 3D-Kameramodelle und wie 3D-Punkte in das Bildkoordinatensystem transformiert werden, und
- Beschränkungen bezogen auf einzelne Kameratypen

beschrieben.

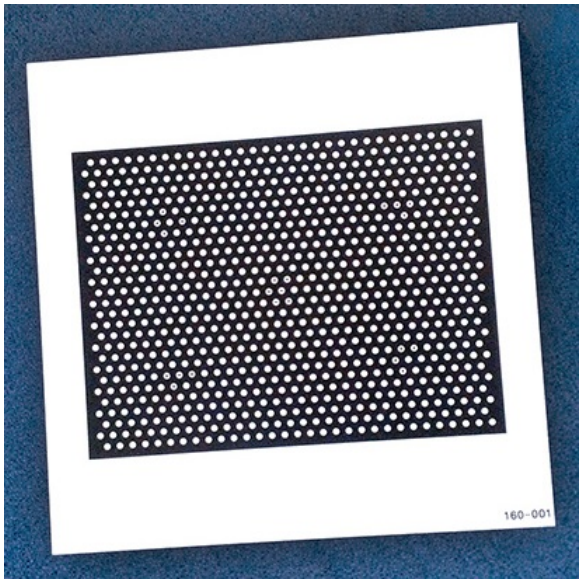
Kalibrierobjekt

Für eine erfolgreiche Kalibrierung wird mindestens ein Kalibrierobjekt mit genau bekannten metrischen Abmessungen benötigt, z.B. eine HALCON-Kalibrierplatte. Für die Kalibrierung nehmen Sie eine Serie von Bildern des Kalibrierobjektes in unterschiedlichen Orientierungen auf. Der Erfolg der Kalibrierung hängt in hohem Maße von der Qualität der Kalibrierbilder ab. Deshalb wird bei der Aufnahme der Kalibrierbilder hohe Sorgfalt empfohlen. Siehe den Abschnitt „Wie nehme ich geeignete Bilder auf?"für weitere Informationen.

Eine Kalibrierplatte ist mit einer Vielzahl von Kalibriermarken bedeckt, welche auf den Kalibrierbildern extrahiert werden um ihre Koordinaten zu bestimmen. Der Ursprung des lokalen Koordinatensystems der Platte liegt im Schwerpunkt der Marken. Die Orientierung der Platte muss genau bestimmbar sein, daher ist auch ein Suchmuster Teil des Aufdrucks.

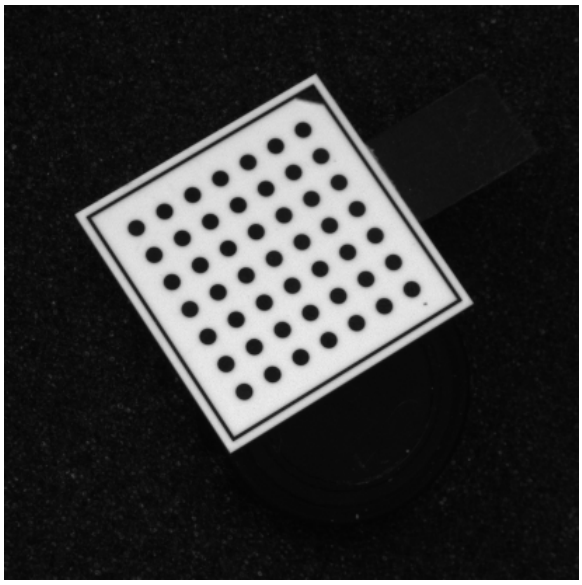
Ihr lokaler Vertrieb bietet zur Kamerakalibrierung zwei verschiedene HALCON-Kalibrierkörper an:

Kalibrierplatte mit hexagonal angeordneten Marken: Als Suchmuster weisen gewisse Marken kreisförmige Löcher auf (siehe `create_caltab`). Ein Suchmuster muss sichtbar sein um die Kalibrierplatte zu lokalisieren, um festzustellen ob sie invertiert ist müssen mindestens zwei Suchmuster zu sehen sein. Folglich muss die Platte nicht vollständig auf dem Bild sichtbar sein. Der Ursprung des Koordinatensystems liegt in der Mitte der zentralen Marke des ersten Suchmusters. Die z-Achse des Koordinatensystems zeigt in den Kalibrierkörper hinein, die x-Achse (in z-Richtung blickend) nach rechts und die y-Achse nach unten. Wird zur Kalibrierung `camera_calibration` statt `calibrate_cameras` genutzt, ist diese Platte nicht verwendbar.



HALCON Kalibrierplatte mit hexagonal angeordneten Marken.

Kalibrierplatte mit rechteckig angeordneten Marken: Der schwarze Rahmen der Kalibrierplatte und die in der linken oberen Ecke befindliche dreieckige Orientierungsmarkierung sind das Suchmuster für Kalibrierplatten mit rechteckig angeordneten Marken (siehe `gen_caltab`). Entsprechend muss die Kalibrierplatte vollständig im Bild sichtbar sein. Der Ursprung des Koordinatensystems liegt im Mittelpunkt der Kalibrierkörperoberfläche. Die z-Achse des Koordinatensystems zeigt in den Kalibrierkörper hinein, die x-Achse (in z-Richtung blickend) nach rechts und die y-Achse nach unten.



HALCON Kalibrierplatte mit rechteckig angeordneten Marken.

Vorbereitung der Eingabekalibrierdaten

Vor dem Aufruf des Operators `calibrate_cameras` sollten die benötigten Daten im Kalibrierdatenmodell gesammelt werden. Dabei müssen diese Schritte befolgt werden:

1. **Erstellen des Kalibrierdatenmodells** mit dem Operator `create_calib_data`, wobei die Anzahl der Kameras und die Anzahl der Kalibrierkörper im Modell festgelegt werden.
2. **Definieren des Kameratyps und der internen Kameraparameter** für alle Kameras mit dem Operator `set_calib_data_cam_param`.
3. **Definieren der Kalibrierkörperbeschreibung** für alle Kalibrierkörper mit dem Operator `set_calib_data_calib_object`.
4. **Sammeln von Beobachtungen** mit den Operatoren `find_calib_object` oder `set_calib_data_observ_points`, d.h. die Bildkoordinaten der extrahierten Kalibrierkörpermarker und eine grob geschätzte Pose des Kalibrierkörpers relativ zur beobachtenden Kamera.
5. **Kalibrierprozess konfigurieren**, z.B. bestimmte interne oder externe Kameraparameter von der Optimierung ausschließen. Diese Parameter können mit dem Operator `set_calib_data` gesetzt werden. Wenn bestimmte Kameraparameter genau bekannt sind, z.B. die Zellgrößen des Kamerasensors von Kamera 0, brauchen sie nicht kalibriert zu werden. Das kann mit folgendem Aufruf konfiguriert werden:

```
set_calib_data(CalibDataID, 'camera', 0, 'excluded_settings',
['sx','sy']).
```

Die tatsächliche Kalibrierung durchführen und die Ergebnisse abfragen

Mit Hilfe der Informationen die im Kalibrierdatenmodell gespeichert wurden, kann die tatsächliche Kalibrierung mit dem Operator `calibrate_cameras` durchgeführt werden. Dabei wird das Eingabemodell verändert indem die initialen internen Kameraparameter optimiert und weitere Daten wie externe Parameter und Standardabweichungen hinzugefügt werden. Außerdem werden die Standardabweichungen und Kovarianzen der kalibrierten internen Parameter und die Wurzel des mittleren quadratischen Rückprojektionsfehlers (RMSE) berechnet, um den Erfolg der Kalibrierung bewerten zu können.

Die Ergebnisse können dann mit `get_calib_data` abgefragt werden.

Ergebnisse der Kalibrierung überprüfen

Nach erfolgreicher Kalibrierung gibt der Operator `calibrate_cameras` die Wurzel des mittleren quadratischen Rückprojektionsfehlers (RMSE) der Optimierung im Parameter `Error` (in Pixel) zurück. Dieser Fehler gibt

einen allgemeinen Hinweis darauf, ob die Optimierung erfolgreich war, da er die durchschnittlichen Abweichungen (in Pixeln) zwischen den zurück projizierten Kalibrierpunkten und den errechneten Bildkoordinaten angibt.

Bei der Kalibrierung von nur einer einzelnen Kamera ist ein Fehler in der Größenordnung von 0.1 Pixel (der typische Detektionsfehler beim Extrahieren der Koordinaten der projizierten Kalibrierkörpermarken) ein Hinweis dafür, dass die Optimierung gut zu den Beobachtungsdaten passt. Wenn der Fehler deutlich über 0.1 Pixel liegt, wurde die Kalibrierung nicht gut ausgeführt. Die Gründe hierfür können z.B. eine schlechte Bildqualität, eine unzureichende Anzahl an Kalibrierbildern oder auch eine fehlerhafte Kalibrierplatte sein.

Für Informationen zur Überprüfung der Kalibrierung eines Mehrbild-Kameraaufbaus siehe das Kapitel Kalibrierung / Mehrbild.

Kameraparameter

Die Kameraparameter werden unterschieden nach internen und externen Kameraparametern.

Interne Kameraparameter: Die internen Kameraparameter beschreiben die Beschaffenheit der verwendeten Kamera, insbesondere die interne Sensorgröße und die Abbildungseigenschaften der verwendeten Kombination von Objektiv, Kamera und Framegrabber. Unten sehen Sie eine Übersicht über alle verfügbaren Kameratypen und deren jeweilige Parameter. In der Liste bezieht sich „projektive Kameras“ auf die Eigenschaft, dass das Objektiv eine perspektivische Projektion auf der Objektseite des Objektivs durchführt, während sich „telezentrische Kameras“ auf die Eigenschaft bezieht, dass das Objektiv eine telezentrische Projektion auf der Objektseite des Objektivs durchführt.

Kameras mit Flächensensor haben 9 bis 16 interne Parameter abhängig vom Kameratyp.

Aus weiter unten genannten Gründen werden die mit einem * Sternchen gekennzeichneten Parameter nicht vom Algorithmus geschätzt, sondern bleiben fest.

Flächenkameras mit normalen Objektiven

Projektive Flächenkameras mit normalen Objektiven

- *'area_scan_division'*:
  ['area_scan_division', Focus, Kappa, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]*
- *'area_scan_polynomial'*:
  ['area_scan_polynomial', Focus, K1, K2, K3, P1, P2, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]*

Telezentrische Flächenkameras mit normalen Objektiven

- *'area_scan_telecentric_division'*:
  ['area_scan_telecentric_division', Magnification, Kappa, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]*
- *'area_scan_telecentric_polynomial'*:
  ['area_scan_telecentric_polynomial', Magnification, K1, K2, K3, P1, P2, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]*

Flächenkameras mit Tiltobjektiven

Projektive Flächenkameras mit Tiltobjektiven

- *'area_scan_tilt_division'*:
  ['area_scan_tilt_division', Focus, Kappa, ImagePlaneDist, Tilt, Rot, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]*
- *'area_scan_tilt_polynomial'*:
  ['area_scan_tilt_polynomial', Focus, K1, K2, K3, P1, P2, ImagePlaneDist, Tilt, Rot, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]*
- *'area_scan_tilt_image_side_telecentric_division'*:
  ['area_scan_tilt_image_side_telecentric_division', Focus, Kappa, Tilt, Rot, Sx, Sy*, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]*
- *'area_scan_tilt_image_side_telecentric_polynomial'*:
  ['area_scan_tilt_image_side_telecentric_polynomial', Focus, K1, K2, K3, P1, P2, Tilt, Rot, Sx, Sy*, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]*

Telezentrische Flächenkameras mit Tiltobjektiven

- *'area_scan_tilt_bilateral_telecentric_division'*:
  ['area_scan_tilt_bilateral_telecentric_division', Magnification, Kappa, Tilt, Rot, Sx, Sy*, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]*

- *'area_scan_tilt_bilateral_telecentric_polynomial'*:
  ['area_scan_tilt_bilateral_telecentric_polynomial', Magnification, K1, K2, K3, P1, P2, Tilt, Rot, Sx, Sy*, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]*
- *'area_scan_tilt_object_side_telecentric_division'*:
  ['area_scan_tilt_object_side_telecentric_division', Magnification, Kappa, ImagePlaneDist, Tilt, Rot, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]*
- *'area_scan_tilt_object_side_telecentric_polynomial'*:
  ['area_scan_tilt_object_side_telecentric_polynomial', Magnification, K1, K2, K3, P1, P2, ImagePlaneDist, Tilt, Rot, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]*

Flächenkameras mit hyperzentrischen Objektiven

Projektive Flächenkameras mit hyperzentrischen Objektiven

- *'area_scan_hypercentric_division'*:
  ['area_scan_hypercentric_division', Focus, Kappa, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]*
- *'area_scan_hypercentric_polynomial'*:
  ['area_scan_hypercentric_polynomial', Focus, K1, K2, K3, P1, P2, Sx, Sy, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight]*

Beschreibung der internen Kameraparameter von Kameras mit Flächensensor:

CameraType: Typ der Kamera, wie oben aufgelistet.

Focus: Brennweite des Objektivs (nur für Kameras mit Objektiven, die auf der Objektseite eine perspektivische Projektion durchführen).
Startwert ist gleich der nominalen Brennweite des verwendeten Objektivs, also beispielsweise 0.008 m.

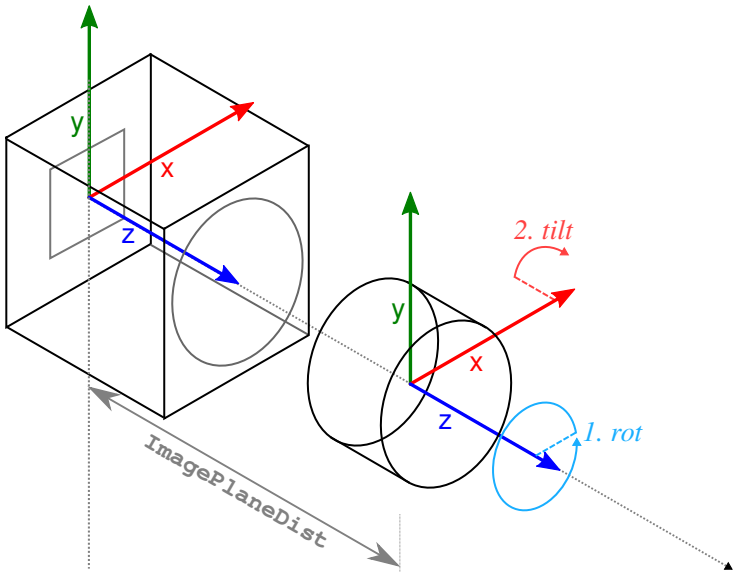
Magnification: Vergrößerungsmaßstab des Objektivs (nur für Kameras mit Objektiven, die auf der Objektseite eine telezentrische Projektion durchführen).
Startwert ist der nominale Vergrößerungsmaßstab des verwendeten telezentrischen Objektivs (Bildgröße geteilt durch Objektgröße), beispielsweise 0.2.

Kappa (κ)**:** Verzeichnungskoeffizient zur Modellierung der radialen Verzeichnungen mit dem Divisionsmodell.
Startwert: 0.0 m^{-2}.

K1, K2, K3, P1, P2: Verzeichnungskoeffizienten zur Modellierung der radialen (K_1, K_2, K_3) und tangentialen (P_1, P_2) Verzeichnung mit dem Polynommodell.
Startwert für alle fünf Koeffizienten: 0.0

ImagePlaneDist: Abstand der Austrittspupille zur Bildebene. Die Austrittspupille ist das (virtuelle) Bild der Aperturblende (typischerweise die Irisblende), betrachtet von der Bildseite des Objektivs. Typische Werte liegen in der Größenordnung von wenigen Zentimetern bis zu sehr großen Werten, falls das Objektiv fast bildseitig telezentrisch ist.

Tilt, Rot: Der Tiltwinkel $tilt$ $(0° \leq tilt < 90°)$, um den die optische Achse im Vergleich zur Normalen der Bildebene verkippt ist (entspricht einer Drehung um die x-Achse), und der Rotationswinkel rot $(0° \leq rot < 360°)$, der beschreibt, in welche Richtung die optische Achse gekippt ist. Bei einer Rotation von $rot = 0°$ wird die optische Achse vertikal um den Tiltwinkel nach unten (bezüglich des Kameragehäuses) gekippt, $rot = 90°$ entspricht einer Verkippung nach links (Blickrichtung entlang der z-Achse), $rot = 180°$ nach oben, und bei $rot = 270°$ wird die optische Achse um den Winkel $tilt$ nach rechts gekippt.
Diese Parameter werden nur benötigt, falls ein Tiltobjektiv verwendet wird.



Der Tilt eines Objektivs wird durch die Parameter rot , $tilt$ und `ImagePlaneDist` beschrieben. rot beschreibt die Orientierung der Tiltachse relativ zur x-Achse des Sensors und muss zuerst angebracht werden. $tilt$ beschreibt den tatsächlichen Tiltwinkel des Objektivs. `ImagePlaneDist` beschreibt den Abstand der Austrittspupille zur Bildebene.

Diese Winkel sind typischerweise aus den Überlegungen, die zur Verwendung des Tiltobjektivs geführt haben, bekannt oder können von dem Mechanismus, der zur Verkippung des Objektivs verwendet wird, abgelesen werden.

Sx, Sy: Skalierungsfaktoren. Entsprechen dem horizontalen und vertikalen Abstand zweier benachbarter Zellen auf dem Sensor. Da in der Regel das Bildsignal zeilensynchron ausgelesen wird, ist S_y durch die Größe des Sensors exakt festgelegt und muss daher nicht durch die Kalibrierung bestimmt werden.
Die Startwerte für den Abstand zweier benachbarter Zellen hängen von der Größe des Chips der verwendeten Kamera ab und können den technischen Daten der Kamera entnommen werden. Vorsicht: Bei Unterabtastung des Bildes erhöhen sich diese Werte!
Da **projektive Flächenkameras** durch das Modell einer Lochkamera mit Flächensensor beschrieben werden, ist es unmöglich, `Focus`, S_x und S_y gleichzeitig zu bestimmen. Daher wird S_y nicht optimiert, sondern bleibt fest.
Für **telezentrische Objektive** ist es unmöglich, `Magnification`, S_x und S_y gleichzeitig zu bestimmen. Daher wird S_y nicht optimiert, sondern bleibt fest.
Bei **bildseitig telezentrischen Tiltobjektiven** ist es unmöglich, `Focus`, S_x, S_y und die Verkippungsparameter $tilt$ und rot gleichzeitig zu bestimmen. Daher wird zusätzlich zu S_y S_x nicht optimiert, sondern bleibt fest.
Bei **beidseitig telezentrischen Tiltobjektiven** ist es unmöglich, `Magnification`, S_x, S_y und die Verkippungsparameter $tilt$ und rot gleichzeitig zu bestimmen. Daher wird zusätzlich zu S_y S_x nicht optimiert, sondern bleibt fest.

Cx, Cy: Spalten- (C_x) und Zeilenkoordinate (C_y) des Kamerahauptpunktes (Zentrum der radialen Verzeichnung).
Startwerte für die Koordinaten des Kamerahauptpunktes sind die halbe Bildbreite bzw. -höhe.
Hinweis: Bei Unterabtastung des Bildes verringern sich die Werte entsprechend!

ImageWidth, ImageHeight: Breite und Höhe des abgetasteten Bildes. Vorsicht: Bei Unterabtastung des Bildes verringern sich diese Werte!

Zeilenkameras haben 12 oder 16 interne Parameter abhängig vom Kameratyp.

Aus weiter unten genannten Gründen werden die mit einem * Sternchen gekennzeichneten Parameter nicht vom Algorithmus geschätzt, sondern bleiben fest.

Flächenkameras mit normalen Objektiven

Projektive Zeilenkameras mit normalen Objektiven

- *'line_scan_division'*:
  ['line_scan_division', Focus, Kappa, Sx, Sy*, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight, Vx, Vy, Vz]*
- *'line_scan_polynomial'*:

['line_scan_polynomial', Focus, K1, K2, K3, P1, P2, Sx, Sy*, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight, Vx, Vy, Vz]*

Telezentrische Zeilenkameras mit normalen Objektiven

- *'line_scan_telecentric_division'*:
  ['line_scan_telecentric_division', Magnification, Kappa, Sx, Sy*, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight, Vx, Vy, Vz*]*
- *'line_scan_telecentric_polynomial'*:
  ['line_scan_telecentric_polynomial', Magnification, K1, K2, K3, P1, P2, Sx, Sy*, Cx, Cy, ImageWidth, ImageHeight, Vx, Vy, Vz*]*

Beschreibung der internen Kameraparameter von Zeilenkameras:

CameraType: Typ der Kamera, wie oben aufgelistet.

Focus: Brennweite des Objektivs (nur für Kameras mit Objektiven, die auf der Objektseite eine perspektivische Projektion durchführen).
Startwert ist gleich der nominalen Brennweite des verwendeten Objektivs, also beispielsweise 0.008 m.

Magnification: Vergrößerungsmaßstab des Objektivs (nur für Kameras mit Objektiven, die auf der Objektseite eine telezentrische Projektion durchführen).
Startwert ist der nominale Vergrößerungsmaßstab des verwendeten telezentrischen Objektivs (Bildgröße geteilt durch Objektgröße), beispielsweise 0.2.

Kappa (κ)**:** Verzeichnungskoeffizient zur Modellierung der radialen Verzeichnung mit dem Divisionsmodell.
Startwert: 0.0 m^{-2}.

K1, K2, K3, P1, P2: Verzeichnungskoeffizienten zur Modellierung der radialen (K_1, K_2, K_3) und tangentialen (P_1, P_2) Verzeichnung mit dem Polynommodell.
Startwert für alle fünf Koeffizienten: 0.0

Sx: Skalierungsfaktor. Entspricht dem horizontalen Abstand zweier benachbarter Zellen auf der Sensorzeile. Es ist zu beachten, dass `Focus` bzw. `Magnification` und S_x nicht gleichzeitig bestimmt werden können. Deshalb wird S_x in der Kalibrierung festgehalten. Der Startwert für den Abstand zweier benachbarter Zellen kann den technischen Daten der Kamera entnommen werden. Vorsicht: Bei Unterabtastung des Bildes erhöht sich dieser Wert!

Sy: Skalierungsfaktor, der im Rahmen der Kalibrierung nur in der Form $p_v = -S_y \cdot C_y$ auftritt. Daher können S_y und C_y nicht gleichzeitig bestimmt werden. Deshalb wird S_y in der Kalibrierung fest gehalten. p_v beschreibt den Abstand des Kamerahauptpunktes von der Sensorzeile in Metern. Der Startwert für die Größe einer Zelle senkrecht zur Richtung der Sensorzeile kann ebenfalls den technischen Daten der Kamera entnommen werden. Vorsicht: Bei Unterabtastung des Bildes erhöht sich der Wert von S_y!

Cx: Spaltenkoordinate des Kamerahauptpunktes (Zentrum der radialen Verzeichnung).
Der Startwert für die x-Koordinate des Kamerahauptpunktes ist die halbe Bildbreite, d.h. die halbe Anzahl von Pixeln des Zeilensensors. Hinweis: Bei Unterabtastung des Bildes verringert sich der Wert für C_x entsprechend!

Cy: Abstand des Kamerahauptpunktes (Zentrum der radialen Verzeichnung) von der Sensorzeile in Bildzeilen. Der Startwert für die y-Koordinate des Kamerahauptpunktes ist normalerweise 0.

ImageWidth, ImageHeight: Breite und Höhe des abgetasteten Bildes. Vorsicht: Bei Unterabtastung des Bildes verringern sich diese Werte!

Vx, Vy, Vz: Die x-, y- und z-Komponenten des Bewegungsvektors. Die Startwerte für die x-, y- und z-Komponente des Bewegungsvektors hängen vom Aufbau des gesamten Aufnahmesystems ab. Blickt die Kamera beispielsweise senkrecht auf ein Fließband, und ist dabei so um ihre optische Achse gedreht, dass die Sensorzeile senkrecht zur Bewegungsrichtung des Fließbandes steht, dass also die y-Achse des Kamerakoordinatensystems parallel zur Bewegungsrichtung des Fließbandes ausgerichtet ist, so sind die Startwerte $V_x = V_z = 0$. Der Startwert für V_y lässt sich dann aus der Aufnahme eines Objektes dessen Größe bekannt ist (z.B. Kalibrierplatte, Lineal) folgendermaßen bestimmen:

$$V_y = \frac{l[m]}{l[row]}$$

Mit:

$$\begin{aligned} l[m] &= \text{Länge des Objektes in Bewegungsrichtung in Objektkoordinaten [Meter]} \\ l[row] &= \text{Länge des Objektes in Bewegungsrichtung in Bildkoordinaten [Bildzeilen]} \end{aligned}$$

Wird die Kamera gegenüber diesem Aufbau z.B. um 30 Grad um die optische Achse, also die z-Achse des Kamerakoordinatensystems gedreht, so sind die oben bestimmten Startwerte folgendermaßen zu verändern:

$$\begin{aligned} V_x^z &= \sin(30^\circ)V_y \\ V_y^z &= \cos(30^\circ)V_y \\ V_z^z &= V_z = 0 \end{aligned}$$

Wenn die Kamera gegenüber dem ursprünglichen Aufbau z.B. um -20 Grad um die x-Achse des Kamerakoordinatensystems gedreht wird, so ergeben sich folgende Startwerte:

$$\begin{aligned} V_x^x &= V_x = 0 \\ V_y^x &= \cos(-20^\circ)V_y \\ V_z^x &= \sin(-20^\circ)V_y \end{aligned}$$

Die Qualität der Startwerte für V_x, V_y und V_z ist entscheidend für den Erfolg der gesamten Kalibrierung. Werden zu schlechte Startwerte verwendet, kann dies zum Abbruch der Kamerakalibrierung führen.
Es ist zu beachten, dass für telezentrische Zeilenkameras der Wert von V_z keinen Einfluss auf die Bildposition von 3D-Punkten hat und daher nicht bestimmt werden kann. Deswegen wird V_z für telezentrische Zeilenkameras nicht optimiert und auf dem Startwert belassen. Der Startwert von V_z sollte daher auf *0* gesetzt werden. Für Aufbauten mit mehreren telezentrischen Zeilenkameras, die einen gemeinsamen Bewegungsvektor besitzen (für eine genauere Erklärung siehe Kalibrierung / Mehrbild), kann V_z hingegen basierend auf der Pose der Kameras bestimmt werden. Daher wird in diesem Fall V_z optimiert.

Restriktionen für interne Kameraparameter Zu beachten ist, dass die Bezeichnung *Focus* im Allgemeinen nicht der realen Brennweite entspricht, wenn die Objektweite nicht unendlich ist. Der Einfachheit halber wird hier aber nicht zwischen Brennweite und Bildweite unterschieden.

Prüfen Sie für alle Operatoren, die Kameraparameter als Eingabe verwenden, ob die Werte der jeweiligen Kameraparameter folgende Restriktionen erfüllen:

$$\begin{aligned} S_x &> 0 \\ S_y &\geq 0 \\ Focus &> 0 \\ Magnification &> 0 \\ ImageWidth &> 0 \\ ImageHeight &> 0 \\ ImagePlaneDist &> 0 \\ 0 \leq tilt &< 90 \\ 0 \leq rot &< 360 \\ V_x^2 + V_y^2 + V_z^2 &\neq 0 \end{aligned}$$

Für manche Operatoren gibt es kleine Unterschiede in den Restriktionen. Im Speziellen für Operatoren, die Lochkameras mit Zeilensensor nicht unterstützen, gilt folgende Restriktion:

$$S_y > 0$$

Externe Kameraparameter: Die folgenden 6 Parameter beschreiben die 3D-Lage (Pose) des Weltkoordinatensystems relativ zum Kamerakoordinatensystem. Die x- und y-Achse des Kamerakoordinatensystems sind parallel zur Zeilen- und Spaltenachse der Abbildung, während die z-Achse rechtwinklig auf der Bildebene steht. Bei Kameras mit Zeilensensor bezieht sich die Pose des Weltkoordinatensystems auf das Kamerakoordinatensystem der ersten Bildzeile.

TransX: Translation entlang der x-Achse des Kamerakoordinatensystems.

TransY: Translation entlang der y-Achse des Kamerakoordinatensystems.

TransZ: Translation entlang der z-Achse des Kamerakoordinatensystems.

RotX: Rotationswinkel um die x-Achse des Kamerakoordinatensystems.

RotY: Rotationswinkel um die y-Achse des Kamerakoordinatensystems.

RotZ: Rotationswinkel um die z-Achse des Kamerakoordinatensystems.

Zusätzlich ist in dem Tupel, das die Pose beschreibt, als siebtes Element der Darstellungstyp enthalten. Dieser codiert die Kombination der Parameterwerte `OrderOfTransform`, `OrderOfRotation` und `ViewOfTransform`. Für detaillierte Informationen zu Posen siehe `create_pose`.

Bei Benutzung einer HALCON-Kalibrierplatte definiert deren Koordinatensystem das Weltkoordinatensystem. Siehe dazu den obigen Abschnitt „Kalibrierobjekt“.

Startwerte für alle Parameter können bei Verwendung einer HALCON-Kalibrierplatte mit dem Operator `find_calib_object` gewonnen werden. Alternativ kann bei HALCON-Kalibrierplatten mit rechteckiger Markenanordnung auch eine Kombination der beiden Operatoren `find_caltab` und `find_marks_and_pose` verwendet werden.

Einheiten der Parameter: Die HALCON-Kalibrierplatten verwenden Meter als Einheit. Die Kameraparameter gehen von entsprechenden Einheiten aus. Selbstverständlich kann die Kalibrierung auch in anderen Einheiten durchgeführt werden, doch müssen dann die zugehörigen Parameter adaptiert werden. Unten werden die HALCON Standard-Einheiten gelistet:

	Parameter	**Einheit**
Extern	RotX, RotY, RotZ	deg, deg, deg
	TransX, TransY, TransZ	m, m, m
Intern	Cx, Cy	px, px
	Focus	m
	ImagePlaneDist	m
	ImageWidth, ImageHeight	px, px
	K1, K2, K3	m^{-2}, m^{-4}, m^{-6}
	Kappa (κ)	m^{-2}
	P1, P2	m^{-1}, m^{-1}
	Magnification	- (Skalar)
	Sx, Sy	m/px, m/px
	Tilt, Rot	deg, deg
	Vx, Vy, Vz	$m/scanline$, $m/scanline$, $m/scanline$

Zusätzliche Information über die Kalibrierung

Die folgenden Abschnitte befassen sich jeweils mit einzelnen Fragen, die sich bei der Verwendung von `calibrate_cameras` stellen und sollen daher sowohl dem Verständnis als auch als Leitfaden für die eigene Anwendung dienen.

Was eignet sich als passender Kalibrierkörper? Hochgenaue Kalibrierkörper können Sie in verschiedenen Größen und Materialien über Ihren lokalen HALCON-Vertrieb erhalten. Diese Kalibrierplatten werden mit dazugehörigen Beschreibungsdateien ausgeliefert und können einfach mit `find_calib_object` extrahiert werden.

Es ist auch möglich, beliebige Objekte zur Kalibrierung zu verwenden. Einzige Voraussetzung ist, dass der Kalibrierkörper charakteristische Merkmalspunkte aufweist, die robust in Bildern erkannt werden können und deren 3D-Weltkoordination hochgenau bekannt sind. Siehe den „Solution Guide III-C 3D Vision“ für weitere Informationen.

Selbst ausgedruckte Kalibrierplatten sind normalerweise nicht genau genug für Anwendungen mit hohen Präzisionsanforderungen.

Wie nehme ich geeignete Bilder auf? Mit der zu kalibrierenden Kombination aus Objektiv (mit fester Scharfstellung), Kamera und Framegrabber wird der Kalibrierkörper aufgenommen, vgl. open_framegrabber bzw. grab_image.

Ihr lokaler Vertrieb bietet zur Kamerakalibrierung zwei verschiedene HALCON-Kalibrierkörper an: Kalibrierplatten mit hexagonaler Markenanordnung (siehe create_caltab) und Kalibrierplatten mit rechteckiger Markenanordnung (siehe gen_caltab). Da sich die beiden Kalibrierkörper deutlich voneinander unterscheiden sind bei deren Verwendung neben den allgemeinen Hinweisen zusätzliche, kalibrierplattenspezifische Besonderheiten zu beachten (siehe unten):

Die Parameter und Hinweise in der folgenden Liste sollten bei der Aufnahme von Kalibrierbildern beachtet werden. Für eine erfolgreiche Kalibrierung müssen der Kameraaufbau und die Bilder gewissen Qualitätsansprüchen genügen. Diese Ansprüche sind von der Aufgabe und den damit verbunden Anforderungen abhängig. Um eine Orientierungshilfe zu geben werden hier Empfehlungen für einen einfachen Aufbau mit einer Kamera gegeben.

Es ist zu beachten, dass sich je nach Anwendungsbereich und verwendetem Kalibrierobjekt die optimalen Eigenschaften der Kalibrierbilder unterscheiden können. Die folgenden Werte und Hinweise sind Empfehlungen für einen Kameraaufbau mit einer Kamera.

Bezüglich des Kameraaufbaus:

- **Blende**
  Die Blendeneinstellung der Kamera darf während der Aufnahmen nicht verändert werden. Wird die Blende nach der Kalibrierung verändert muss die Kamera neu kalibriert werden.
- **Kamerapose**
  Die Position der Kamera darf während der Aufnahme der Bilder nicht verändert werden.
- **Fokus**
  Die Kalibrierbilder sollten möglichst scharfgestellt sein, d.h. Übergänge zwischen Objekten sollten klar abgetrennt sein. Der Fokus, beziehungsweise die Brennweite darf während der Aufnahme der Bilder nicht verändert werden.

Bezüglich der Platzierung der Kalibrierplatte:

- **Sichtfeldabdeckung und Ausrichtung**
  Durch die Serie von Kalibrierbildern sollte jeder Teil des Kamerasichtfeldes mindestens einmal durch eine Platte abgedeckt werden. Die Kalibrierplatte kann dabei auch das gesamte Sichtfeld ausfüllen. Die Orientierung der Platte sollte innerhalb der Serie von Bildern variieren.
- **Verkippung**
  Die Serie von Kalibrierbildern sollte außerdem Bilder von gekippten Kalibrierplatten enthalten. Dabei sollte die Platte in verschiedene Richtungen um einen Winkel von etwa 30-45° gekippt werden. Falls der empfohlene Winkel nicht erreicht werden kann, z.B. wegen begrenzter Tiefenschärfe, sollte die Platte zumindest so weit wie mit dem Kameraaufbau möglich gekippt werden.
- **Anzahl Bilder/ Posen der Kalibrierplatte**
  - Platte mit hexagonal angeordneten Marken: Mindestens 6 Bilder (Nicht alle, aber mindestens 4 davon mit gekippter Platte).
  - Platte mit rechteckig angeordneten Marken: Mindestens 15 Bilder.

  Nichtsdestotrotz müssen die Posen der Kalibrierplatten auch die weiteren Anforderungen erfüllen.
- **Seitenverkehrte Aufnahme der Platte**
  Die Kalibrierplatte darf nicht seitenverkehrt aufgenommen werden. Dies kann beispielsweise der Fall sein wenn eine Kalibrierplatte aus Glas verwendet wird und ihre Rückseite aufgenommen

wird oder wenn eine Zeilenkamera sich nicht nach unten in Bezug auf das Bildkoordinatensystem bewegt (d.h. falls V_y negativ ist).

Bezüglich Bildeigenschaften und -inhalt:

- **Abdeckung der Kalibriermarken**
  Wie viel von den Kalibriermarken mindestens im Bild enthalten sein muss hängt von der verwendeten Kalibrierplatte ab.
  - Platte mit hexagonal angeordneten Marken: Mindestens ein Suchmuster muss sichtbar sein. Wenn mindestens zwei Suchmuster zu sehen sind kann erkannt werden, ob die Kalibrierplatte gespiegelt ist. In diesem Fall wird ein entsprechender Fehler zurückgegeben.
  - Platte mit rechteckig angeordneten Marken: Platte muss komplett sichtbar sein, da das Suchmuster der Rahmen ist, der die Kalibriermarken umgibt.

  Dennoch ist es besser, wenn mehr Kalibriermarken für die Kamera sichtbar sind und mehr vom Sichtfeld durch die Kalibrierplatte ausgefüllt ist.
- **Markendurchmesser**
  Die Marken der Kalibrierplatte sollten in jedem Bild mindestens einen Durchmesser von 20 Pixeln aufweisen. Diese Anforderung ist essentiell für eine erfolgreiche Kalibrierung.
- **Kontrast**
  Der Kontrast zwischen hellen und dunklen Bereichen der Kalibrierplatte sollte mindestens 100 Grauwerte betragen (bezogen auf Byte-Bilder).
- **Überbelichtung**
  Um Überbelichtung zu vermeiden sollten Grauwerte einen Wert von 240 (bezogen auf Byte-Bilder), besonders in der Nähe von Kalibriermarken, nicht überschreiten.
- **Homogenität**
  Die Kalibrierplatte sollte homogen beleuchtet werden und Reflexionen sollten vermieden werden. Als grobe Faustregel sollte der Wertebereich der hellen Plattenbereiche 45 Grauwerte nicht überschreiten (bezogen auf Byte-Bilder).

Bezüglich Bildformat und Vorverarbeitung:

- **Bildformat**
  Kalibrierbilder sollten in einem unkomprimierten Format abgespeichert werden. Komprimierungsartefakte, welche beispielsweise bei der Verwendung des JPG-Formats und bei hohen Komprimierungsraten auftreten, sollen vermieden werden.
- **Vorverarbeitung**
  Kalibrierbilder sollten nicht vorverarbeitet werden. Falls Bildeigenschaften wie z.B. Kontrast oder Fokus (siehe oben), unzureichend sind, sollten diese Probleme durch die Anpassung des Kameraaufbaus gelöst werden, nicht durch eine Vorverarbeitung der Bilder vor der Kalibrierung.

Welches Verzeichnungsmodell soll ich verwenden? Es stehen zwei unterschiedliche Verzeichnungsmodelle zur Verfügung: Das Divisionsmodell und das Polynommodell. Das Divisionsmodell verwendet einen Parameter, um die radiale Verzeichnung zu modellieren, während das Polynommodell fünf Parameter verwendet, um die radiale Verzeichnung und die tangentiale Verzeichnung zu modellieren (siehe die Abschnitte „Kameraparameter“ und „Zugrundeliegendes 3D-Kameramodell“).

Der Vorteil des Divisionsmodells ist, dass die Korrektur der Verzeichnung schneller berechnet werden kann, insbesondere, wenn Weltkoordinaten in ein verzeichnetes Bild projiziert werden und die Verzeichnung somit in der umgekehrten Richtung angebracht werden muss. Des Weiteren liefert das Divisionsmodell typischerweise stabilere Ergebnisse, wenn nur wenige Kalibrierbilder verwendet werden oder das Sichtfeld nicht ausreichend durch Kalibrierkörper abgedeckt ist. Der Hauptvorteil des Polynommodells ist, dass es die Verzeichnung genauer modellieren kann, weil einerseits Terme höherer Ordnung zur Modellierung der radialen Verzeichnung verwendet werden und andererseits auch die tangentiale Verzeichnung modelliert wird.

Normalerweise sollte das Divisionsmodell für die Kalibrierung verwendet werden. Reicht die Genauigkeit der Kalibrierung nicht aus, kann das Polynommodell verwendet werden. Hierbei ist dann aber besonders darauf zu achten, dass durch die Folge von Kalibrierbildern das gesamte Gebiet abgedeckt werden muss, in dem später gemessen werden soll. Die Verzeichnungskorrektur kann außerhalb des Gebietes, das durch Kalibrierkörper abgedeckt ist, fehlerhaft sein. Dies gilt sowohl für die Bildränder als auch für Bereiche innerhalb des Bildes, die nicht durch einen Kalibrierkörper abgedeckt sind.

Zugrundeliegendes 3D-Kameramodell

Ganz allgemein bedeutet Kamerakalibrierung, diejenigen Parameter exakt zu bestimmen, die die (optische) Abbildung eines beliebigen 3D-Weltpunktes $\mathbf{p}^w$ im Raum auf ein (Sub-)Pixel (r, c) im Bild modellieren. Dies ist insbesondere von Bedeutung, wenn aus dem Kamerabild die ursprüngliche räumliche Lage von Gegenständen im Bild bestimmt werden soll, beispielsweise bei der Vermessung von Werkstücken. Das passende Projektionsmodell ist von den verwendeten Kameratypen abhängig.

Für die Modellierung dieses Abbildungsvorganges, der durch die Kombination von Kamera, Objektiv und Framegrabber festgelegt ist, stellt HALCON die folgenden 3D-Kameramodelle zur Verfügung:

Lochkamera mit Flächensensor: Die Kombination einer Kamera mit Flächensensor und einem Objektiv, das auf der Objektseite eine perspektivische Projektion durchführt, und das radiale und tangentiale Verzeichnung aufweisen kann. Das Objektiv kann ein Tiltobjektiv sein, d.h. die optische Achse kann schräg zum Sensor der Kamera stehen (dies wird manchmal auch als Scheimpflug-Objektiv bezeichnet). Da auch hyperzentrische Objektive eine perspektivische Projektion durchführen, sind Kameras mit hyperzentrischen Objektiven ebenfalls Lochkameras. Die Modelle für normale (d.h. nicht verschwenkbare) perspektivische oder bildseitig telezentrische Objektive sind identisch. Im Gegensatz hierzu unterscheiden sich die Modelle für perspektivische und bildseitig telezentrische Tiltobjektive erheblich, wie unten beschrieben.

Telezentrische Kamera mit Flächensensor: Die Kombination einer Kamera mit Flächensensor mit einem Objektiv, das auf der Objektseite eine telezentrische Projektion (also eine Parallelprojektion) durchführt, und das radiale und tangentiale Verzeichnung aufweisen kann. Das Objektiv kann ein Tiltobjektiv sein. Die Modelle für normale (d.h. nicht verschwenkbare) beidseitig oder objektseitig telezentrische Objektive sind identisch. Im Gegensatz hierzu unterscheiden sich die Modelle für beidseitig und objektseitig telezentrische Tiltobjektive erheblich, wie unten beschrieben.

Lochkamera mit Zeilensensor: Die Kombination einer Kamera mit Zeilensensor mit einem zentralperspektivisch abbildenden Objektiv, das radiale Verzeichnung aufweisen kann. Tiltobjektive werden derzeit nicht für Zeilenkameras unterstützt.

Telezentrische Kamera mit Zeilensensor: Die Kombination einer Kamera mit Zeilensensor mit einem telezentrisch abbildenden Objektiv, das radiale Verzeichnung aufweisen kann. Tiltobjektive werden derzeit nicht für Zeilenkameras unterstützt.

Um einen 3D-Punkt $\mathbf{p}^w = (\mathbf{x}^w, \mathbf{y}^w, \mathbf{z}^w)^T$ in Weltkoordinaten in einen 2D-Punkt $\mathbf{q}^i = (\mathbf{r}, \mathbf{c})^T$ in Pixelkoordinaten umzuwandeln, ist eine Kette von Transformationen notwendig:

$$\mathbf{p}^w \rightarrow \mathbf{p}^c \rightarrow \mathbf{q}^c \rightarrow \tilde{\mathbf{q}}^c \left[\rightarrow \mathbf{q}^t\right] \rightarrow \mathbf{q}^i$$

$\mathbf{p}^w$	3D Punkt in Weltkoordinaten
$\mathbf{p}^c$	3D Punkt, transformiert in das Kamerakoordinatensystem
$\mathbf{q}^c$	Punkt, projiziert in die Bildebene (in metrischen Koordinaten)
$\tilde{\mathbf{q}}^c$	Punkt unter Berücksichtigung der Linsenverzeichnung
$\mathbf{q}^t$	Bei Verwendung eines Tiltobjektivs liegt $\tilde{\mathbf{q}}^c$ nur auf einer virtuellen Bildebene eines Systems ohne Tiltobjektiv. In diesem Fall wird $\tilde{\mathbf{q}}^c$ auf den Punkt $\mathbf{q}^t$ in der gekippten Bildebene projiziert.
$\mathbf{q}^i$	Bildpunkt in Pixelkoordinaten

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte genauer erläutert. Für eine noch detailliertere Ausführung und Modellskizzen verweisen wir auf das Kapitel „Basics“, Abschnitt „Camera Model and Parameters“ im „`Solution Guide III-C 3D Vision`“.

Transformationsschritt 1: $\mathbf{p}^w \rightarrow \mathbf{p}^c$ Der Punkt $\mathbf{p}^w$ wird vom Welt- in das Kamerakoordinatensystem transformiert (Punkte in Form von homogenen Vektoren, vgl. `affine_trans_point_3d`):

$$\begin{pmatrix} \mathbf{p}^c \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x^c \\ y^c \\ z^c \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{R} & \mathbf{T} \\ 0\,0\,0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \mathbf{p}^w \\ 1 \end{pmatrix}$$

mit $\mathbf{R}$ und $\mathbf{T}$ als Rotations- und Translationsmatritzen (siehe Kapitel „Basics“, Abschnitt „3D Transformations and Poses“ im „`Solution Guide III-C 3D Vision`“ für detaillierte Informationen).

Transformationsschritt 2: $\mathbf{p}^c \rightarrow \mathbf{q}^c$ Falls als Kameramodell das einer **Lochkamera mit Flächensensor** verwendet wird, wird die Projektion von $\mathbf{p}^c = (\mathbf{x}^c, \mathbf{y}^c, \mathbf{z}^c)^T$ in die Bildebene mit der folgenden Gleichung beschrieben:

$$\mathbf{q}^c = \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \frac{f}{\mathbf{z}^c} \begin{pmatrix} \mathbf{x}^c \\ \mathbf{y}^c \end{pmatrix}$$

wobei $f =$ `Focus` ist. Für Kameras mit hyperzentrischen Objektiven gilt:

$$\mathbf{q}^c = \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \frac{-f}{\mathbf{z}^c} \begin{pmatrix} \mathbf{x}^c \\ \mathbf{y}^c \end{pmatrix}$$

Falls eine **telezentrische Kamera mit Flächensensor** verwendet wird, wird die Projektion mit der folgenden Gleichung beschrieben:

$$\mathbf{q}^c = \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = m \begin{pmatrix} \mathbf{x}^c \\ \mathbf{y}^c \end{pmatrix}$$

wobei $m =$ `Magnification` ist.

Transformationsschritt 3: $\mathbf{q}^c \rightarrow \tilde{\mathbf{q}}^c$ Für alle Kameraarten kann die Verzeichnung entweder mit dem Divisionsmodell oder mit dem Polynommodell modelliert werden.

Das **Divisionsmodell** verwendet den Parameter `Kappa`, um die radiale Verzeichnung zu modellieren.

Die folgenden Gleichungen werden verwendet, um mit Hilfe des Divisionsmodells die in der Bildebene gegebenen verzeichneten Koordinaten in Koordinaten ohne Verzeichnungen zu transformieren:

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \frac{1}{1 + \kappa(\tilde{u}^2 + \tilde{v}^2)} \begin{pmatrix} \tilde{u} \\ \tilde{v} \end{pmatrix}$$

Diese Gleichungen lassen sich analytisch invertieren. Dies führt zu den folgenden Gleichungen, die mit Hilfe des Divisionsmodells verzeichnungsfreie Koordinaten zu Koordinaten mit Verzeichnung transformieren:

$$\tilde{\mathbf{q}}^c = \begin{pmatrix} \tilde{u} \\ \tilde{v} \end{pmatrix} = \frac{2}{1 + \sqrt{1 - 4\kappa(u^2 + v^2)}} \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}$$

Das **Polynommodell** verwendet drei Parameter (K_1, K_2, K_3), um die radiale Verzeichnung zu modellieren und zwei Parameter (P_1, P_2), um die tangentiale Verzeichnung zu modellieren.

Die folgenden Gleichungen werden verwendet, um mit Hilfe des Polynommodells die in der Bildebene gegebenen verzeichneten Koordinaten in Koordinaten ohne Verzeichnungen zu transformieren:

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{u} + \tilde{u}(K_1 r^2 + K_2 r^4 + K_3 r^6) + P_1(r^2 + 2\tilde{u}^2) + 2P_2\tilde{u}\tilde{v} \\ \tilde{v} + \tilde{v}(K_1 r^2 + K_2 r^4 + K_3 r^6) + 2P_1\tilde{u}\tilde{v} + P_2(r^2 + 2\tilde{v}^2) \end{pmatrix}$$

mit $r = \sqrt{\tilde{u}^2 + \tilde{v}^2}$

Diese Gleichungen sind nicht analytisch invertierbar. Daher müssen die verzeichneten Koordinaten numerisch aus den Koordinaten ohne Verzeichnungen bestimmt werden.

Zusätzlicher Transformationsschritt für Tiltobjektive: $\tilde{\mathbf{q}}^c \rightarrow \mathbf{q}^t$ Falls es sich beim Objektiv um ein **Tiltobjektiv** handelt, wird die Verkippung des Objektivs relativ zur Bildebene durch die zwei Parameter rot und $tilt$ beschrieben.

Bei diesem Schritt muss, wie unten beschrieben, zwischen verschiedenen Arten von Tiltobjektiven unterschieden werden. Siehe Kapitel „Basics“, Abschnitt „Camera Model and Parameters“ im „`Solution Guide III-C 3D Vision`“ für einen Überblick über die verschiedenen Arten von Tiltobjektiven.

Für **zentralperspektivisch abbildende Tiltobjektive** und **objektseitig telezentrische Tiltobjektive** (die eine perspektivische Projektion auf der Bildseite des Objektivs durchführen), wird die Projektion des Punktes $\tilde{\mathbf{q}}^c = (\tilde{u}, \tilde{v})^T$ in den Punkt $\mathbf{q}^t = (\hat{u}, \hat{v})^T$, der in der verkippten Bildebene liegt, durch eine projektive 2D-Transformation, d.h. durch eine homogene 3×3-Matrix $\mathbf{H}$, beschrieben (siehe `projective_trans_point_2d`):

$$\begin{pmatrix} \mathbf{q}^t \\ q_w^t \end{pmatrix} = \mathbf{H} \cdot \begin{pmatrix} \tilde{\mathbf{q}}^c \\ 1 \end{pmatrix}$$

wobei q_w^t die zusätzliche Koordinate aus der projektiven Transformation eines homogenen Punktes ist.

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} q_{11}q_{33} - q_{13}q_{31} & q_{21}q_{33} - q_{23}q_{31} & 0 \\ q_{12}q_{33} - q_{13}q_{32} & q_{22}q_{33} - q_{23}q_{32} & 0 \\ q_{13}/d & q_{23}/d & q_{33} \end{pmatrix}$$

wobei $d =$ `ImagePlaneDist` und

$$\begin{aligned} \mathbf{Q} &= \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} (\cos\rho)^2(1-\cos\tau)+\cos\tau & \cos\rho\sin\rho(1-\cos\tau) & \sin\rho\sin\tau \\ \cos\rho\sin\rho(1-\cos\tau) & (\sin\rho)^2(1-\cos\tau)+\cos\tau & -\cos\rho\sin\tau \\ -\sin\rho\sin\tau & \cos\rho\sin\tau & \cos\tau \end{pmatrix} \end{aligned}$$

mit $\rho = rot$ und $\tau = tilt$.

Für **bildseitig telezentrische Tiltobjektive** und **beidseitig telezentrische Tiltobjektive** (die eine Parallelprojektion auf der Bildseite des Objektivs durchführen) wird die Projektion auf die verkippte Bildebene durch eine lineare 2D-Transformation, d.h. eine 2×2-Matrix, beschrieben:

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} = \frac{1}{q_{11}q_{22} - q_{12}q_{21}} \begin{pmatrix} q_{22} & -q_{12} \\ -q_{21} & q_{11} \end{pmatrix}$$

wobei $\mathbf{Q}$ definiert ist wie bei zentralperspektivisch abbildenden Objektiven.

Transformationsschritt 4: $\mathbf{q}^t \rightarrow \mathbf{q}^i$ / $\tilde{\mathbf{q}}^c \rightarrow \mathbf{q}^i$ Schließlich wird die Transformation des Punktes $\tilde{\mathbf{q}}^c = (\tilde{u}, \tilde{v})^T$ (bzw. $\mathbf{q}^t$ falls ein Tiltobjektiv verwendet wurde) vom Koordinatensystem der Bildebene ins Pixelkoordinatensystem folgendermaßen beschrieben:

$$\mathbf{q}^i = \begin{pmatrix} r \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\tilde{v}}{S_y} + C_y \\ \frac{\tilde{u}}{S_x} + C_x \end{pmatrix}$$

Für **Kameras mit Zeilensensor** muss auch die Relativbewegung zwischen Kamera und Objekt modelliert werden. In HALCON werden hierzu die folgenden Annahmen getroffen:

1. Die Kamera bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit entlang einer Geraden.
2. Die Orientierung der Kamera ist konstant.
3. Die Relativbewegung ist für alle Bilder gleich.

Diese Bewegung wird durch den Bewegungsvektor $V = (V_x, V_y, V_z)^T$ beschrieben. Dieser Vektor muss in der Einheit [Meter/Bildzeile] im Kamerakoordinatensystem gegeben sein. Er beschreibt die Bewegung der Kamera in Bezug auf ein unbewegtes Objekt. Dies ist äquivalent zu der Annahme einer unbewegten Kamera und einem Objekt, das sich entlang $-V$ bewegt.

Das Kamerakoordinatensystem ist für Kameras mit Zeilensensor folgendermaßen definiert. Der Ursprung liegt im Projektionszentrum (für Lochkameras) bzw. im Zentrum der Verzeichnungen (für telezentrische Kameras). Die z-Achse ist mit der optischen Achse identisch und ist so orientiert, dass alle Punkte, die von der Kamera aus sichtbar sind, positive z-Koordinaten haben. Die y-Achse ist senkrecht zur Sensorzeile und zur z-Achse. Sie ist so orientiert, dass der Bewegungsvektor eine positive y-Komponente hat. Die x-Achse ist senkrecht zur y- und z-Achse. Sie ist so orientiert, dass x-, y- und z-Achse ein rechtshändiges Koordinatensystem bilden.

Da sich die Kamera während der Bildaufnahme über das Objekt bewegt, bewegt sich auch das Kamerakoordinatensystem relativ zum Objekt. Das bedeutet, dass jede Bildzeile von einer anderen Position aus aufgenommen wird, dass es also prinzipiell für jede Bildzeile eine eigene Pose gibt. Zur Vereinfachung beziehen sich in HALCON alle Transformationen zwischen Weltkoordinaten und Kamerakoordinaten auf die Pose der ersten Bildzeile. Die Bewegung V wird bei der Projektion des Punktes $\mathbf{p}^c$ in das Bild berücksichtigt. Infolgedessen wird vom Operator `find_calib_object` auch nur die Pose der ersten Bildzeile bestimmt (und von `calibrate_cameras` in den Kalibrierergebnissen gespeichert).

Die Transformation von Welt- in Kamerakoordinaten ($\mathbf{p}^w \rightarrow \mathbf{p}^c$) ist für **Zeilenkameras** identisch. Daher wird Transformationsschritt 1, wie oben beschrieben auch hier angewandt.

Für **Lochkameras mit Zeilensensor** ist die Abbildung des Punktes $\mathbf{p}^c$, der im Kamerakoordinatensystem gegeben ist, auf ein (Sub-)Pixel (r, c) im Bild folgendermaßen definiert:

Mit

$$\mathbf{p}^c = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

muss das folgende Gleichungssystem nach m, $\tilde{u}$ und t aufgelöst werden:

$$\begin{aligned} m \cdot u(\tilde{u}, p_v) &= x - t \cdot V_x \\ m \cdot v(\tilde{u}, p_v) &= y - t \cdot V_y \\ m \cdot \text{Focus} &= z - t \cdot V_z, \end{aligned}$$

wobei $u(\tilde{u}, \tilde{v})$ und $v(\tilde{u}, \tilde{v})$ die Entzerrungsfunktionen sind, die oben für Flächenkameras beschrieben wurden, und $p_v = -S_y \cdot C_y$ ist.

Für **telezentrische Kameras mit Zeilensensor** muss das folgende Gleichungssystem nach $\tilde{u}$ und t aufgelöst werden:

$$\begin{aligned} u(\tilde{u}, p_v)/\text{Magnification} &= x - t \cdot V_x \\ v(\tilde{u}, p_v)/\text{Magnification} &= y - t \cdot V_y, \end{aligned}$$

wobei $u(\tilde{u}, \tilde{v})$, $v(\tilde{u}, \tilde{v})$ und p_v wie oben definiert sind. Es ist zu beachten, dass für telezentrische Kameras weder z noch V_z Einfluss auf die Projektion haben.

Die obigen Formeln beinhalten bereits die Kompensation der Verzeichnungen.

Zum Schluss wird der Punkt ins Pixelkoordinatensystem transformiert:

$$\mathbf{q}^i = \begin{pmatrix} r \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t \\ \frac{\tilde{u}}{S_x} + C_x \end{pmatrix}.$$

Weitere Beschränkungen in Bezug auf spezifische Kameratypen

Für **Lochkameras** gilt: Falls die Kalibrierplatten in allen Bildern parallel zueinander sind (insbesondere, falls sie alle in derselben Ebene liegen), ist es unmöglich, den `Focus` gemeinsam mit allen sechs externen Parametern zu bestimmen. So ist es z.B. unmöglich, in diesem Fall `Focus` und den Abstand der Kalibrierplatte zur Kamera zu bestimmen. Um alle Kameraparameter eindeutig bestimmen zu können, muss die Kalibrierplatte in unterschiedlichen Orientierungen in den Bildern aufgenommen werden. Insbesondere sollte die Kalibrierplatte um die x- und y-Achsen des Kamerakoordinatensystems verkippt werden, d.h. sie sollte relativ zur Bildebene verkippt werden.

Bei **telezentrischen Objektiven** hat der Abstand der Kalibrierplatte zur Kamera keine Auswirkung auf das Bild der Kalibrierplatte und kann nicht bestimmt werden. Daher wird die z-Komponente der Ergebnis-Pose in den Kalibrierergebnissen auf 1 m gesetzt. Weiterhin kann, wie zuvor beschrieben, für Zeilenkameras mit telezentrischen Objektiven V_z nicht bestimmt werden und wird daher auf seinem Startwert belassen, außer es handelt sich um einen Aufbau mit mehreren Kameras, die einen gemeinsamen Bewegungsvektor besitzen, wo V_z bestimmt werden kann.

Für **Tiltobjektive** kann die Verkippung umso präziser bestimmt werden, je größer die Verzeichnungen des Objektivs sind. Für Objektive mit geringer Verzeichnung kann die Verkippung nicht robust bestimmt werden. Daher können die optimierten Verkippungsparameter möglicherweise signifikant von den nominalen Verkippungsparametern des Aufbaus abweichen. In so einem Fall prüfen Sie bitte `Error`. Falls `Error` klein ist, beschreibt der optimierte Parametersatz die Abbildungsgeometrie innerhalb des kalibrierten Volumens konsistent und kann für genaue Messungen verwendet werden.

Für **perspektivische Tiltobjektive** und **objektseitig telezentrische Tiltobjektive** kann der Abstand der Bildebene nur eindeutig bestimmt werden, falls der Tilt nicht 0 Grad ist. Je kleiner der Tilt ist, desto ungenauer kann der Abstand der Bildebene bestimmt werden. Daher kann der optimierte Abstand der Bildebene möglicherweise signifikant vom nominalen Abstand der Bildebene des Aufbaus abweichen. In so einem Fall prüfen Sie bitte `Error`. Falls `Error` klein ist, beschreibt der optimierte Parametersatz die Abbildungsgeometrie innerhalb des kalibrierten Volumens konsistent und kann für genaue Messungen verwendet werden.

Für **perspektivische Tiltobjektive** und **objektseitig telezentrische Tiltobjektive**, die um die horizontale oder vertikale Achse verschwenkt sind, d.h. für die der Rotationswinkel 0, 90, 180 oder 270 Grad beträgt, können der Tilt-Winkel $tilt$, Skalierungsfaktor S_x, die Brennweite f (für perspektivische Tiltobjektive) bzw. der Vergrößerungsmaßstab m (für objektseitig telezentrische Tiltobjektive) und der Abstand der verkippten Bildebene vom Zentrum der perspektivischen Projektion d nicht eindeutig bestimmt werden. In diesem Fall sollte S_x durch folgenden Aufruf von der Optimierung ausgeschlossen werden:

```
set_calib_data(CalibDataID, 'camera', 'general', 'excluded_settings', 'sx').
```

Weiterhin ist zu beachten, dass es für Tiltobjektive nur möglich ist, $tilt$ und rot gleichzeitig zu bestimmen. Dies beruht auf einer Implementationsentscheidung, die dazu führt, dass die Optimierung numerisch stabiler wird. Folglich können $tilt$ und rot von der Optimierung nur gemeinsam und mit folgendem Aufruf ausgeschlossen werden:

```
set_calib_data(CalibDataID, 'camera', 'general', 'excluded_settings',
'tilt').
```

Lochkameras mit Tiltobjektiven mit großer Brennweite haben näherungsweise ein telezentrisches Abbildungsverhalten. Auch in diesem Fall sind, wie bereits beschrieben, S_x und die Verkippungsparameter $tilt$ und rot korreliert. Sie können gleichzeitig nur unpräzise bestimmt werden. In diesem Fall ist es ratsam, S_x von der Optimierung auszuschließen.

Bei telezentrischen Objektiven gibt es immer zwei mögliche Lagen einer Kalibrierplatte pro Bild. Daher ist es unmöglich, zu entscheiden, welche der beiden Lagen tatsächlich vorhanden ist. Diese Mehrdeutigkeit wirkt sich auch auf die Schwenkparameter $tilt$ und rot von telezentrischen Tiltobjektiven aus. Folglich kann die Kamerakalibrierung, abhängig von den Startparametern für $tilt$ und rot alternative Werte statt der nominalen zurückliefern. In so einem Fall prüfen Sie bitte `Error`. Falls `Error` klein ist, beschreibt der optimierte Parametersatz die Abbildungsgeometrie innerhalb des kalibrierten Volumens konsistent und kann für genaue Messungen verwendet werden.

Bei **Zeilenkameras mit dem polynomiellen Verzeichnungsmodell** (sowohl für Lochkameras als auch für Kameras mit telezentrischen Objektiven) sind die Parameter P_1 und P_2 hochgradig korreliert mit anderen Parametern des Kameramodells. Daher können sie typischerweise nicht verlässlich bestimmt werden und sollten von der Kalibrierung durch den folgenden Aufruf ausgeschlossen werden:

```
set_calib_data(CalibDataID, 'camera', 'general', 'excluded_settings',
'poly_tan_2').
```

Weiterführende Information

Zum Thema Kalibrierung und vielen weiteren Themen gibt es interaktive Online-Kurse an der MVTec Academy .

15.1 Binokular

```
binocular_calibration ( : : NX, NY, NZ, NRow1, NCol1, NRow2,
    NCol2, StartCamParam1, StartCamParam2, NStartPose1, NStartPose2,
    EstimateParams : CamParam1, CamParam2, NFinalPose1, NFinalPose2,
    RelPose, Errors )
```

Bestimmung aller Kameraparameter eines binokularen Stereoaufbaus.

Im Allgemeinen bedeutet binokulare Kalibrierung die exakte Bestimmung der Parameter, welche die 3D Rekonstruktion eines 3D Punktes von den korrespondierenden Abbildungen dieses Punktes in einem binokularen Stereo System modellieren. Diese Rekonstruktion wird durch die internen Parameter `CamParam1` von Kamera 1 und `CamParam2` von Kamera 2 bestimmt, welche das zugrunde liegende Kameramodell beschreiben, und von den externen Parametern `RelPose`, welche die relative Lage des Kamerasystems 2 im Kamerasystem 1 beschreiben.

Die bekannten 3D Modellpunkte (mit den Koordinaten `NX`, `NY`, `NZ`) werden in die Bildebene der beiden Kameras (Kamera 1 und Kamera 2) projiziert. Die Summe der quadrierten Abstände zwischen diesen Projektionen und den korrespondierenden Bildpunkten (mit den Koordinaten `NRow1`, `NCol1` für Kamera 1 und `NRow2`, `NCol2` für Kamera 2) wird daraufhin minimiert. Es muss darauf geachtet werden, dass alle Modellpunkte in beiden Bildern sichtbar sein müssen. Das zugrunde liegende Kameramodell wird im Kapitel Kalibrierung erläutert. Das Kameramodell für perspektivische und telezentrische Flächenkameras sowie für telezentrische Zeilenkameras wird durch 9 bis 16 Parameter (für jede Kamera separat) beschrieben (siehe Kalibrierung). Die initialen Werte dieser internen Parameter werden in `StartCamParam1` für Kamera 1 und `StartCamParam2` für Kamera 2 übergeben. Als Näherungswert kann man diese den Datenblättern der Kameras entnehmen. Zusätzlich werden die initialen Näherungswerte `NStartPose1` und `NStartPose2` für die einzelnen 3D-Lagen des 3D Kalibriermodells bezüglich des jeweiligen Kamerakoordinatensystems (*ccs*) von Kamera 1 und Kamera 2 benötigt. Diese 3D-Lagen werden in der Form ${}^{ccs}\mathbf{P}_{wcs}$ erwartet. Dabei steht *wcs* für das Weltkoordinatensystem, siehe auch Transformationen / Posen und „`Solution Guide III-C - 3D Vision`". Die 3D-Lagen kann man durch den Operator `find_marks_and_pose` erhalten. Da der Kalibrieralgorithmus gleichzeitig Korrespondenzen zwischen gemessenen Bild- und bekannten Modellpunkten aus mehreren Bildpaaren behandeln kann, müssen die 3D-Lagen (`NStartPose1`, `NStartPose2`) und die gemessenen Punkte (`NRow1`, `NCol1`, `NRow2`, `NCol2`) in einer zu den Bildern korrespondierenden Reihenfolge übergeben werden.

Der Eingabeparameter `EstimateParams` legt die zu berechnenden Kameraparameter fest. Üblicherweise wird dieser Parameter auf *'all'* gesetzt, d.h. alle externen (Translationen und Rotationen) und alle internen Kameraparameter werden bestimmt. Falls z.B. die internen Parameter schon bestimmt worden sind (z.B. durch einen früheren Aufrufen von `binocular_calibration`), ist es oftmals interessant, lediglich die 3D-Lage der Kamerasysteme zueinander zu bestimmen (`RelPose`). In diesem Fall kann in `EstimateParams` der Wert *'pose_rel'* übergeben werden. Auch die internen Kameraparameter lassen sich mit den Werten *'cam_param1'* bzw. *'cam_param2'* zusammenfassen. Andernfalls enthält `EstimateParams` ein Tupel von Stringwerten, welche die zu schätzenden Kameraparameter festlegen. Wenn das Polynommodell für die Modellierung der Verzeichnungen verwendet wird, ist zu beachten, dass nur die Werte *'k1_i'*, *'k2_i'* und *'k3_i'* einzeln in `EstimateParams` gesetzt werden können. *'p1'* und *'p2'* kann nur in der Gruppe *'poly_tan_2_i'* gesetzt werden (wobei *'i'* für den Index der Kamera steht). *'poly_i'* bezeichnet die Gruppe *'k1_i'*, *'k2_i'*, *'k3_i'* und *'poly_tan_2_i'*.

In der folgenden Liste sind alle möglichen Parameter für `EstimateParams` zu finden:

Mögliche Parameter für EstimateParams	*Ermittelte Parameter*
'all' (Default)	Alle internen Kameraparameter, sowie die relative Pose der Kameras und die Posen der Kalibrierobjekte.
'pose'	Relative Pose zwischen beiden Kameras, sowie die Posen der Kalibrierobjekte.
'pose_rel'	Relative Pose zwischen beiden Kameras.
'alpha_rel', *'beta_rel'*, *'gamma_rel'*, *'transx_rel'*, *'transy_rel'*, *'transz_rel'*	Rotationswinkel und Translation der relativen Pose zwischen beiden Kameras..
'pose_caltabs'	Posen der Kalibrierobjekte.
'alpha_caltabs', *'beta_caltabs'*, *'gamma_caltabs'*, *'transx_caltabs'*, *'transy_caltabs'*, *'transz_caltabs'*	Rotationswinkel und Translation der Posen der Kalibrierobjekte.
'cam_param1', *'cam_param2'*	Alle internen Kameraparameter von Kamera 1 bzw. Kamera 2.
'focus1', *'magnification1'*, *'kappa1'*, *'poly_1'*, *'k1_1'*, *'k2_1'*, *'k3_1'*, *'poly_tan_2_1'*, *'image_plane_dist1'*, *'tilt1'*, *'cx1'*, *'cy1'*, *'sx1'*, *'sy1'*, *'focus2'*, *'magnification2'*, *'kappa2'*, *'poly_2'*, *'k1_2'*, *'k2_2'*, *'k3_2'*, *'poly_tan_2_2'*, *'image_plane_dist2'*, *'tilt2'*, *'cx2'*, *'cy2'*, *'sx2'*, *'sy2'*	Einzelne interne Kameraparameter von Kamera 1 bzw. Kamera 2.
'common_motion_vector'	Legt fest, ob zwei Zeilenkameras einen gemeinsamen Bewegungsvektor besitzen. Dies ist der Fall, wenn die beiden Kameras starr montiert sind und das Objekt linear vor den Kameras bewegt wird oder falls die zwei starr montierten Kameras mit demselben Linearmechanismus bewegt werden. Dies wird als Voreinstellung angenommen. Deshalb ist es nur notwendig, '~common_motion_vector' zu setzen, falls sich die Kameras unabhängig voneinander in unterschiedliche Richtungen bewegen.

Es ist auch möglich, Parameter, die nicht geschätzt werden sollen, über ein vorgesetztes '~' Zeichen im String auszuschließen. Die Werte

['pose_rel','~transx_rel'] beispielsweise haben denselben Effekt wie *['alpha_rel','beta_rel','gamma_rel','transy_rel','transz_rel']*. *['all','~focus1']* dagegen schätzt alle internen und externen Parameter bis auf die Brennweite von Kamera1. Das '~' Präfix kann mit Ausnahme von *'all'* jedem Parameterwert vorangestellt werden.

Die geschätzten Kameraparameter werden in CamParam1 für Kamera 1 und CamParam2 für Kamera 2 zurückgegeben.

Die externen Parameter werden analog zu camera_calibration zurück gegeben, die Posen der 3D Transformation des Kalibriermodells zum jeweiligen Kamerakoordinatensystem *ccs* in NFinalPose1 und NFinalPose2 zurückgegeben. Das heißt, die Posen sind in der Form ${}^{ccs}\mathbf{P}_{wcs}$ mit *wcs* als Weltkoordinatensystem des 3D Kalibriermodells, siehe auch Transformationen / Posen und „Solution Guide III-C - 3D Vision". Die relative Pose ${}^{ccs1}\mathbf{P}_{ccs2}$, RelPose, legt die Transformation von Punkten von *ccs2* nach *ccs1* fest. Damit hängen die finalen Transformationen gemäß der folgenden Gleichung zusammen (unter Vernachlässigung der Effekte durch die Ausgleichsrechnung der Mehrbild-Kalibrierung):

HomMat3D_NFinalPose2 = INV(HomMat3D_RelPose) * HomMat3D_NFinalPose1,

wobei HomMat3D_* die homogene Transformationsmatrix der entsprechenden Lage beschreibt und INV() eine homogene Matrix invertiert.

Die errechneten mittleren Fehler für jede Kamera, welche in `Errors` zurückgegeben werden, vermitteln einen Eindruck von der Genauigkeit der Kalibrierung. Er beschreibt einen mittleren euklidischen Abstand der mit den ermittelten Parametern ins Bild projezierten Mittelpunkte der Modellmarken von ihren Abbildungen.

Bei der Verwendung von Kameras mit telezentrischen Objektiven müssen zusätzliche Voraussetzungen für den Kalibrieraufbau gelten. Diese können im Kapitel Kalibrierung nachgelesen werden.

Achtung

Stereosysteme, die sowohl Kameras mit hyperzentrischen Objektiven als auch Kameras ohne hyperzentrische Objektive enthalten, werden nicht unterstützt. Weiterhin werden Stereosysteme, die sowohl Flächenkameras als auch Zeilenkameras enthalten, nicht unterstützt.

Parameter

- ▷ **NX** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Geordnetes Tupel mit allen X-Koordinaten der Kalibriermarken (in Meter).
- ▷ **NY** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Geordnetes Tupel mit allen Y-Koordinaten der Kalibriermarken (in Meter).
  Parameteranzahl: NY == NX
- ▷ **NZ** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Geordnetes Tupel mit allen Z-Koordinaten der Kalibriermarken (in Meter).
  Parameteranzahl: NZ == NX
- ▷ **NRow1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Geordnetes Tupel mit allen Zeilen-Koordinaten der extrahierten Kalibriermarken von Kamera 1 (in Pixel).
- ▷ **NCol1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Geordnetes Tupel mit allen Spalten-Koordinaten der extrahierten Kalibriermarken von Kamera 1 (in Pixel).
  Parameteranzahl: NCol1 == NRow1
- ▷ **NRow2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Geordnetes Tupel mit allen Zeilen-Koordinaten der extrahierten Kalibriermarken von Kamera 2 (in Pixel).
  Parameteranzahl: NRow2 == NRow1
- ▷ **NCol2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Geordnetes Tupel mit allen Spalten-Koordinaten der extrahierten Kalibriermarken von Kamera 2 (in Pixel).
  Parameteranzahl: NCol2 == NRow1
- ▷ **StartCamParam1** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
  Startwerte für die internen Parameter der Kamera 1.
- ▷ **StartCamParam2** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
  Startwerte für die internen Parameter der Kamera 2.
- ▷ **NStartPose1** (input_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
  Geordnetes Tupel mit allen Startwerten der externen Parameter von Kamera 1.
  Parameteranzahl: NStartPose1 == 7 * NRow1 / NX
- ▷ **NStartPose2** (input_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
  Geordnetes Tupel mit allen Startwerten der externen Parameter von Kamera 2.
  Parameteranzahl: NStartPose2 == 7 * NRow1 / NX
- ▷ **EstimateParams** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Zu schätzenden Kameraparameter.
  Default: 'all'
  Werteliste: `EstimateParams` ∈ {'all', 'pose', 'pose_caltabs', 'pose_rel', 'cam_param1', 'cam_param2', 'alpha_rel', 'beta_rel', 'gamma_rel', 'transx_rel', 'transy_rel', 'transz_rel', 'alpha_caltabs', 'beta_caltabs', 'gamma_caltabs', 'transx_caltabs', 'transy_caltabs', 'transz_caltabs', 'focus1', 'magnification1', 'kappa1', 'poly_1', 'k1_1', 'k2_1', 'k3_1', 'poly_tan_2_1', 'image_plane_dist1', 'tilt1', 'cx1', 'cy1', 'sx1', 'sy1', 'focus2', 'magnification2', 'kappa2', 'poly_2', 'k1_2', 'k2_2', 'k3_2', 'poly_tan_2_2', 'image_plane_dist2', 'tilt2', 'cx2', 'cy2', 'sx2', 'sy2', 'common_motion_vector'}
- ▷ **CamParam1** (output_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Parameter der Kamera 1.
- ▷ **CamParam2** (output_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Parameter der Kamera 2.

▷ **NFinalPose1** (output_control) ..... pose(-array) ⇝ *real* / integer
Geordnetes Tupel mit allen externen Parametern von Kamera 1.
Parameteranzahl: NFinalPose1 == 7 * NRow1 / NX

▷ **NFinalPose2** (output_control) ..... pose(-array) ⇝ *real* / integer
Geordnetes Tupel mit allen externen Parametern von Kamera 2.
Parameteranzahl: NFinalPose2 == 7 * NRow1 / NX

▷ **RelPose** (output_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
Lage von Kamera 2 bezüglich Kamera 1.

▷ **Errors** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Durchschnittlicher Fehler in Pixel.

Beispiel

```
* Open image source.
open_framegrabber ('File', 1, 1, 0, 0, 0, 0, 'default', -1, 'default', -1, \
                   'default', 'images_l.seq', 'default', 0, -1, AcqHandle1)
open_framegrabber ('File', 1, 1, 0, 0, 0, 0, 'default', -1, 'default', -1, \
                   'default', 'images_r.seq', 'default', 1, -1, AcqHandle2)

* Initialize the start parameters.
caltab_points ('caltab_30mm.descr', X, Y, Z)
StartCamParam1 := ['area_scan_division', 0.0125, 0, 7.4e-6, 7.4e-6, \
                   Width/2.0, Height/2.0, Width, Height]
StartCamParam2 := StartCamParam1
Rows1 := []
Cols1 := []
StartPoses1 := []
Rows2 := []
Cols2 := []
StartPoses2 := []

* Find calibration marks and startposes.
for i := 0 to 11 by 1
  grab_image_async (Image1, AcqHandle1, -1)
  grab_image_async (Image2, AcqHandle2, -1)
  find_caltab (Image1, CalPlate1, 'caltab_30mm.descr', 3, 120, 5)
  find_caltab (Image2, CalPlate2, 'caltab_30mm.descr', 3, 120, 5)
  find_marks_and_pose (Image1, CalPlate1, 'caltab_30mm.descr', \
                       StartCamParam1, 128, 10, 20, 0.7, 5, 100, \
                       RCoord1, CCoord1, StartPose1)
  Rows1 := [Rows1,RCoord1]
  Cols1 := [Cols1,CCoord1]
  StartPoses1 := [StartPoses1,StartPose1]
  find_marks_and_pose (Image2, CalPlate2, 'caltab_30mm.descr', \
                       StartCamParam2, 128, 10, 20, 0.7, 5, 100, \
                       RCoord2, CCoord2, StartPose2)
  Rows2 := [Rows2,RCoord2]
  Cols2 := [Cols2,CCoord2]
  StartPoses2 := [StartPoses2,StartPose2]
endfor

* Calibrate the stereo rig.
binocular_calibration (X, Y, Z, Rows1, Cols1, Rows2, Cols2, StartCamParam1, \
                       StartCamParam2, StartPoses1, StartPoses2, 'all', \
                       CamParam1, CamParam2, NFinalPose1, NFinalPose2, \
                       RelPose, Errors)
* Archive the results.
write_cam_par (CamParam1, 'cam_left-125.dat')
write_cam_par (CamParam2, 'cam_right-125.dat')
```

```
write_pose (RelPose, 'rel_pose.dat')

* Rectify the stereo images.
gen_binocular_rectification_map (Map1, Map2, CamParam1, CamParam2, \
                                 RelPose, 1, 'viewing_direction', 'bilinear', \
                                 CamParamRect1, CamParamRect2, \
                                 CamPoseRect1, CamPoseRect2, \
                                 RelPoseRect)
map_image (Image1, Map1, ImageMapped1)
map_image (Image2, Map2, ImageMapped2)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und konnten die gesuchten Parameter durch das Bündelausgleichsverfahren bestimmt werden, dann liefert `binocular_calibration` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`find_marks_and_pose`, `caltab_points`, `read_cam_par`

Nachfolger

`write_pose`, `write_cam_par`, `pose_to_hom_mat3d`, `disp_caltab`, `gen_binocular_rectification_map`

Siehe auch

`find_caltab`, `sim_caltab`, `read_cam_par`, `create_pose`, `convert_pose_type`, `read_pose`, `hom_mat3d_to_pose`, `create_caltab`, `binocular_disparity`, `binocular_distance`

Modul

3D Metrology

15.2 Hand-Auge

`calibrate_hand_eye` (: : CalibDataID : Errors)

Durchführen einer Hand-Auge-Kalibrierung.

Der Operator `calibrate_hand_eye` bestimmt die 3D-Lage eines Roboters („Hand“) relativ zu einer Kamera oder 3D-Sensor („Auge“) basierend auf einem Kalibrierdatenmodell `CalibDataID`. Mit den ermittelten 3D-Posen können die Posen des Objektes im Kamerakoordinatensystem in das Roboterbasiskoordinatensystem transformiert werden. Der Roboter kann dann z.B. ein inspiziertes Teil greifen. Es gibt zwei mögliche Konfigurationen von Roboter-Kamera-Systemen (Hand-Auge-Systemen): Die Kamera kann auf dem Roboter montiert sein oder stationär sein und den Roboter beobachten. Beachten Sie, dass der Begriff „Roboter“ für ein beliebiges System steht, das Objekte bewegt. Daher können mit `calibrate_hand_eye` viele verschiedene Systeme kalibriert werden, von Schwenk-Neige-Köpfen zu Vielfachs-Manipulatoren.

Eine Hand-Auge-Kalibrierung kann über eine geschlossene Verkettung von insgesamt vier euklidischen Transformationen beschrieben werden. In dieser Kette sind zwei nicht aufeinander folgende Transformationen bekannt. Diese stammen entweder aus der Robotersteuerung oder werden aus Kameradaten, z.B. beobachtete Posen eines Kalibrierkörpers, bestimmt. Die beiden anderen Transformationen sind unbekannt aber konstant und werden durch die Hand-Auge-Kalibrierung bestimmt.

Eine Hand-Auge-Kalibrierung läuft ähnlich ab wie die Kalibrierung der externen Kameraparameter (siehe Kalibrierung): Verschiedene Posen eines Kalibrierkörpers im Kamerakoordinatensystem sowie die korrespondierenden Posen des Werkzeugs im Roboterbasiskoordinatensystem werden bestimmt und im Kalibrierdatenmodell `CalibDataID` gesetzt.

Im Gegensatz zur Kamerakalibrierung wird der Kalibrierkörper nicht manuell bewegt. Dies ist die Aufgabe des Roboters. Zwei Hand-Auge Kalibrierszenarien werden unterschieden. Der Roboter bewegt entweder die Kamera (bei auf dem Roboter montierter Kamera) oder den Kalibrierkörper (bei stationärer Kamera). Die Bewegungen des Roboters werden als bekannt vorausgesetzt. Sie werden als Eingabe für die Kalibrierung benutzt und mittels `set_calib_data` im Kalibrierdatenmodell `CalibDataID` gesetzt.

Durch die Hand-Auge-Kalibrierung werden zwei Posen bestimmt: Im Szenario „bewegte Kamera“ wird die 3D-Pose des Endeffektors im Kamerakoordinatensystem (*'tool_in_cam_pose'*) und die 3D-Pose des Kalibrierkörpers in Roboterbasiskoordinaten (*'obj_in_base_pose'*) bestimmt. Im Szenario „stationäre Kamera“ wird die 3D-Pose der Roboterbasis im Kamerakoordinatensystem (*'base_in_cam_pose'*) sowie die 3D-Pose des Kalibrierkörpers im Tool-Koordinatensystem (*'obj_in_tool_pose'*) bestimmt. Ihr Posentyp ist identisch mit dem Typ der Eingabeposen.

Im Folgenden werden die zwei Hand-Auge-Konfigurationen detaillierter beschrieben, gefolgt von genereller Information über die benötigten Daten und die Vorbereitung des Kalibrierdatenmodells.

Bewegte Kamera (auf dem Roboter montiert)

In dieser Konfiguration ist der Kalibrierkörper stationär, und die Kamera wird vom Roboter an verschiedene Positionen bewegt. Die grundlegende Idee hinter der Hand-Auge-Kalibrierung ist, dass die aus einem Kalibrierbild extrahierte Information, d.h. die 3D-Lage des Kalibrierkörpers relativ zur Kamera (d.h. die externen Kameraparameter), als Kette von 3D-Lagen bzw. homogenen Transformationsmatrizen aufgefasst werden kann, vom Kalibrierkörper über die Roboter-Basis zu dessen Tool (Endeffektor) und schließlich zur Kamera:

Bewegte Kamera:

$$^{camera}\mathbf{H}_{cal} = {}^{camera}\mathbf{H}_{tool} \cdot ({}^{base}\mathbf{H}_{tool})^{-1} \cdot {}^{base}\mathbf{H}_{cal}$$

'obj_in_cam_pose' 'tool_in_cam_pose' 'tool_in_base_pose' 'obj_in_base_pose'

Aus den gegebenen Posen des Kalibrierkörpers (*'obj_in_cam_pose'*) und den Posen des Endeffektors in Roboterbasiskoordinaten (*'tool_in_base_pose'*) bestimmt der Operator `calibrate_hand_eye` die zwei unbekannten Transformationen an den Enden der Kette, d.h. die 3D-Lage des Roboter-Tools in Kamerakoordinaten ($^{camera}\mathbf{H}_{tool}$, *'tool_in_cam_pose'*) und die 3D-Lage des Kalibrierkörpers in Roboter-Basiskoordinaten ($^{base}\mathbf{H}_{cal}$, *'obj_in_base_pose'*). Diese Posen sind konstant.

Im Gegensatz dazu ist die Transformation in der Mitte der Kette, $^{tool}\mathbf{H}_{base}$, bekannt, aber unterschiedlich für jede Beobachtung des Kalibrierkörpers, da sie die 3D-Lage des Endeffektors (Tool) bezüglich des Roboterbasiskoordinatensystems beschreibt. In der gegebenen Gleichung werden die inversen Transformationsmatrizen benutzt (3D-Lage der Roboter-Basis in Roboter-Toolkoordinaten). Die Invertierung wird intern vorgenommen.

Es ist zu beachten, dass die Z-Translation von *'obj_in_base_pose'* im Rahmen der Kalibrierung von SCARA-Robotern nicht eindeutig bestimmt werden kann. Um diese Mehrdeutigkeit aufzulösen, wird die Z-Translation von *'obj_in_base_pose'* intern auf 0.0 gesetzt und *'tool_in_cam_pose'* entsprechend berechnet. Es ist notwendig, die tatsächliche Translation in Z nach der Kalibrierung zu bestimmen indem der Roboter an eine Pose bekannter Höhe im Kamerakoordinatensystem gefahren wird. Hierfür empfiehlt sich das folgende Vorgehen: Der Kalibrierkörper wird an einer beliebigen Stelle platziert. Der Roboter wird dann so bewegt, dass die Kamera den Kalibrierkörper sieht. Nun wird ein Bild des Kalibrierkörpers aufgenommen und die aktuelle Roboterpose abgefragt (*ToolInBasePose1*). Anhand des Bildes kann die Pose des Kalibrierkörpers im Kamerakoordinatensystem ermittelt werden (*ObjInCamPose1*). Anschließend wird der Greifpunkt des Roboters von Hand zum Ursprung des Kalibrierkörpers bewegt und erneut die Roboterpose abgefragt (*ToolInBasePose2*). Diese drei Posen können zusammen mit dem Ergebnis der Kalibrierung (*ToolInCamPose*) folgendermaßen verwendet werden, um die Mehrdeutigkeit in Z aufzulösen:

```
pose_invert(ToolInCamPose, CamInToolPose)
pose_compose(CamInToolPose, ObjInCamPose1, ObjInToolPose1)
pose_invert(ToolInBasePose1, BaseInToolPose1)
pose_compose(BaseInToolPose1, ToolInBasePose2, Tool2InTool1Pose)
ZCorrection := ObjInToolPose1[2]-Tool2InTool1Pose[2]
set_origin_pose(ToolInCamPose, 0, 0, ZCorrection,
ToolInCamPoseFinal)
```

Die *'optimization_method' 'stochastic'* schätzt auch die Unsicherheit in den Beobachtungen. Neben den oben beschriebenen Eingabe-Posen benutzt sie auch die aus den Bildern extrahierten Kalibrierkörpermarken und ist deshalb nur für eine Nutzung mit Kamera und Kalibrierplatte verfügbar, nicht für generische 3D-Sensoren. Kameraparameter und Hand-Auge-Posen werden für anthropomorphe Roboter gemeinsam verfeinert.

Stationäre Kamera

In dieser Konfiguration greift der Roboter den Kalibrierkörper und bewegt ihn vor der Kamera. Auch in dieser Konfiguration entspricht die aus einem Kalibrierbild extrahierte Information, d.h. die 3D-Lage des Kalibrierkörpers in Kamerakoordinaten (d.h. die externen Kameraparameter) einer Kette von 3D-Lagen bzw. homogenen Transformationsmatrizen, diesmal vom Kalibrierkörper über das Roboter-Tool zu dessen Basis und schließlich zur Kamera:

Stationäre Kamera:

$$^{camera}\mathbf{H}_{cal} = {}^{camera}\mathbf{H}_{base} \cdot {}^{base}\mathbf{H}_{tool} \cdot {}^{tool}\mathbf{H}_{cal}$$

'obj_in_cam_pose' 'base_in_cam_pose' 'tool_in_base_pose' 'obj_in_tool_pose'

Analog zur Konfiguration mit bewegter Kamera bestimmt der Operator `calibrate_hand_eye` die zwei Transformationen an den Enden der Kette, hier nun die 3D-Lage der Roboter-Basis in Kamerakoordinaten ($^{camera}\mathbf{H}_{base}$, *'base_in_cam_pose'*) und die 3D-Lage des Kalibrierkörpers in Roboter-Toolkoordinaten ($^{tool}\mathbf{H}_{cal}$, *'obj_in_tool_pose'*).

Die Transformation in der Mitte der Kette, $^{base}\mathbf{H}_{tool}$, beschreibt die 3D-Lage des den Kalibrierkörper bewegenden Roboters, d.h. die 3D-Lage des Roboter-Tools in Roboter-Basiskoordinaten. Die Transformation $^{camera}\mathbf{H}_{cal}$ beschreibt die Pose des Kalibrierkörpers relativ zum Kamerakoordinatensystem.

Es ist zu beachten, dass die Z-Translation von *'obj_in_tool_pose'* im Rahmen der Kalibrierung von SCARA-Robotern nicht eindeutig bestimmt werden kann. Um diese Mehrdeutigkeit aufzulösen, wird die Z-Translation von *'obj_in_tool_pose'* intern auf 0.0 gesetzt und *'base_in_cam_pose'* entsprechend berechnet. Es ist notwendig, die tatsächliche Translation in Z nach der Kalibrierung zu bestimmen indem der Roboter an eine Pose bekannter Höhe im Kamerakoordinatensystem gefahren wird. Hierfür empfiehlt sich das folgende Vorgehen: Ein (nicht am Roboter befestigter) Kalibrierkörper wird an einer beliebigen Stelle so platziert, dass er von der Kamera gesehen wird. Anhand eines aufgenommenen Bildes muss dann die Pose des Kalibrierkörpers im Kamerakoordinatensystem ermittelt werden (*ObjInCamPose*). Anschließend wird der Greifpunkt des Roboters von Hand zum Ursprung des Kalibrierkörpers bewegt und die Roboterpose abgefragt (*ToolInBasePose*). Die beiden Posen können zusammen mit dem Ergebnis der Kalibrierung (*BaseInCamPose*) folgendermaßen verwendet werden, um die Mehrdeutigkeit in Z aufzulösen:

```
pose_invert(BaseInCamPose, CamInBasePose)
pose_compose(CamInBasePose, ObjInCamPose, ObjInBasePose)
ZCorrection := ObjInBasePose[2]-ToolInBasePose[2]
set_origin_pose(BaseInCamPose, 0, 0, ZCorrection,
BaseInCamPoseFinal)
```

Die *'optimization_method' 'stochastic'* schätzt auch die Unsicherheit in den Beobachtungen. Neben den oben beschriebenen Eingabe-Posen benutzt sie auch die aus den Bildern extrahierten Kalibrierkörpermarken und ist deshalb nur für eine Nutzung mit Kamera und Kalibrierplatte verfügbar, nicht für generische 3D-Sensoren. Kameraparameter und Hand-Auge-Posen werden für anthropomorphe Roboter gemeinsam verfeinert.

Vorbereitung der Eingabekalibrierdaten

Bevor der Operator `calibrate_hand_eye` aufgerufen wird, müssen die benötigten Daten im Kalibrierdatenmodell gesammelt werden. Dabei müssen diese Schritte befolgt werden:

1. **Erstellen des Kalibrierdatenmodells** mit dem Operator `create_calib_data`, wobei die Anzahl der Kameras und die Anzahl der Kalibrierkörper im Modell festgelegt werden. Abhängig vom Szenario muss für `CalibSetup` der Wert *'hand_eye_moving_camera'*, *'hand_eye_stationary_camera'*, *'hand_eye_scara_moving_camera'* oder *'hand_eye_scara_stationary_camera'* gesetzt werden. Diese vier Szenarien unterscheiden zum einen, ob die Kamera oder der Kalibrierkörper vom Roboter bewegt wird und zum anderen, ob ein anthropomorpher oder ein SCARA-Roboter kalibriert wird. Der Arm eines anthropomorphen Roboters hat 3 Drehgelenke, die typischerweise 6 Freiheitsgrade abdecken (3 Translationen und 3

Rotationen). SCARA-Roboter besitzen dagegen nur zwei parallele Drehgelenke und ein paralleles Schubgelenk, die nur 4 Freiheitsgrade (3 Translationen und 1 Rotation) abdecken. Grob gesagt ist ein anthropomorpher Roboter im Gegensatz zum SCARA-Roboter in der Lage, seinen Endeffektor zu verkippen.

2. **Festlegen der Optimierungsmethode** mit dem Operator `set_calib_data`. Für den Parameter `DataName='optimization_method'` sind drei Optionen für `DataValue` möglich, `DataValue='linear'`, `DataValue='nonlinear'` und `DataValue='stochastic'` (siehe Abschnitt 'Die eigentliche Kalibrierung durchführen').
3. **Setzen der Posen des Kalibrierkörpers**
   (a) Jede beobachtete 3D-Pose des Kalibrierkörpers kann direkt mittels des Operators `set_calib_data_observ_pose` gesetzt werden. Somit ist es in der Hand-Auge-Kalibrierung möglich generische 3D-Sensoren zu benutzen, die ein Kalibrierobjekt beobachten.
   (b) Andererseits kann die Pose des Kalibrierkörpers mittels Kamerabildern bestimmt werden. Dafür muss der Kalibrierkörper im Kalibrierdatenmodell `CalibDataID` mit dem Operator `set_calib_data_calib_object` gesetzt werden. Initiale Kameraparameter werden mit dem Operator `set_calib_data_cam_param` gesetzt. Wenn eine Standard-Kalibrierplatte verwendet wird, bestimmt der Operator `find_calib_object` die Pose des Kalibrierkörpers relativ zur Kamera und speichert sie im Kalibrierdatenmodell `CalibDataID`.
   Für anthropomorphe (d.h. nicht-SCARA) Roboter kalibriert der Operator `calibrate_hand_eye` in diesem Fall die Kamera bevor die eigentliche Hand-Auge-Kalibrierung durchgeführt wird. Falls *'optimization_method'* auf *'stochastic'* gesetzt ist, werden Kameraparameter und Hand-Auge-Posen anschließend gemeinsam verfeinert. Falls die gegebenen Kameraparameter schon kalibriert sind, kann die Kamerakalibrierung wie folgt ausgeschaltet werden: `set_calib_data (CalibDataID,'camera','general','excluded_settings','params')`.
   Im Gegensatz dazu geht `calibrate_hand_eye` bei SCARA-Robotern immer davon aus, dass die gegebenen Kameraparameter bereits kalibriert sind. Daher wird in diesem Fall während der Hand-Auge-Kalibrierung keine automatische interne Kalibrierung der Kamera durchgeführt. Der Grund hierfür ist, dass die Kamerakalibrierung nur mit unterschiedlicher Verkippung der Kalibrierplatte zuverlässig ist. Bei der Hand-Auge-Kalibrierung ist die Kalibrierplatte oft annähernd parallel zur Bildebene, was bei einem SCARA-Roboter dazu führt, dass alle Kameraposen annähernd parallel sind. Daher muss die Kamera zuvor mit einem separaten Satz an Kalibrierbildern kalibriert worden sein.
4. **Spezifizieren der Posen des Tools** im Roboterbasiskoordinatensystem. Für jede Pose des Kalibrierkörpers im Kamerakoordinatensystem muss die korrespondierende Pose des Tools im Roboterbasiskoordinatensystem wie folgt gesetzt werden: `set_calib_data(CalibDataID,'tool', PoseNumber, 'tool_in_base_pose', ToolInBasePose)`.

Die eigentliche Kalibrierung durchführen

Der Operator `calibrate_hand_eye` kann die Kalibrierung auf drei verschiedene Arten durchführen. In allen Fällen werden alle gegebenen Posen des Kalibrierobjekts in Kamerakoordinaten sowie die zugehörigen Posen des Tools in Roboterbasiskoordinaten für die Kalibrierung benutzt. Die Methode *'stochastic'* benutzt auch die aus den Bildern extrahierten Kalibrierkörpermarken und ist deshalb nur für eine Nutzung mit Kamera und Kalibrierplatte verfügbar, nicht für generische 3D-Sensoren. Mittels des Operators `set_calib_data` wird spezifiziert welche Methode benutzt wird.

Soll die Kalibrierung mittels eines linearen Algorithmus durchgeführt werden, so muss die Parameterkombination `DataName='optimization_method'` und `DataValue='linear'` gewählt werden. Dieser Algorithmus ist schnell jedoch in vielen praktischen Fällen nicht genau genug.

Wird die Parameterkombination `DataName='optimization_method'` und `DataValue='nonlinear'` gewählt, so wird ein nicht linearer Algorithmus benutzt, welcher genauere Ergebnisse liefert.

Wird die Parameterkombination `DataName='optimization_method'` und `DataValue='stochastic'` gewählt, schätzt der Algorithmus auch die Unsicherheit in den Beobachtungen, einschließlich der Posen des Robotertools, was zu robusteren Ergebnissen führt. Die Schätzung ist besser, je mehr Posen des Robotertools verwendet werden. Allerdings ist die Methode nur für eine Nutzung mit Kamera und Kalibrierplatte verfügbar, nicht für generische 3D-Sensoren. Für anthropomorphe Roboter werden Kameraparameter und Hand-Auge-Posen gemeinsam verfeinert.

Ergebnisse der Kalibrierung überprüfen

Nach einer erfolgreichen Kalibrierung wird der Lagefehler über die komplette Transformationskette in `Errors` zurückgegeben. Genau genommen wird ein Tupel mit vier Elementen zurückgegeben, welches zuerst den mittleren,

quadratischen Fehler der Translation, dann den mittleren, quadratischen Fehler der Rotation, an dritter Stelle den maximalen Fehler der Translation und schließlich an vierter Stelle den maximalen Fehler der Rotation angibt. Diese Fehler geben einen allgemeinen Hinweis darauf, ob die Optimierung erfolgreich war.

Die Fehler werden in den Einheiten zurückgegeben, in denen die Eingabeposen gegeben waren. Das bedeutet, dass die Translationsfehler typischerweise in Metern zurückgegeben werden. Die Rotationsfehler werden immer in Grad zurückgegeben.

Falls *'optimization_method'* auf *'stochastic'* gesetzt wurde, kann mit `get_calib_data` auch *'hand_eye_calib_error_corrected_tool'* abgefragt werden. Er unterscheidet sich von `Errors` nur in der Benutzung der korrigierten Posen des Robotertools statt der Eingabe-Posen des Robotertools.

Für anthropomorphe Roboter gibt `get_calib_data` auch den *'camera_calib_error'* der Kamerakalibrierung zurück, die Wurzel des mittleren quadratischen Fehlers (RMSE) der direkten Rückprojektion der Kalibriermarken in die Kamerabilder. Falls *'optimization_method'* auf *'stochastic'* gesetzt wurde, liefert *'camera_calib_error_corrected_tool'* den Rückprojektionsfehler über die Transformationskette mit korrigierten Posen des Robotertools.

Kalibrierergebnisse abfragen

Die Posen, die durch den Operator `calibrate_hand_eye` berechnet werden, können mit `get_calib_data` abgefragt werden. Für das Szenario „bewegte Kamera“ können die 3D-Pose des Tools in Kamerakoordinaten (*'tool_in_cam_pose'*) und die 3D-Pose des Kalibrierkörpers im Roboterbasiskoordinatensystem (*'obj_in_base_pose'*) abgefragt werden. Für das Szenario „stationäre Kamera“ können die 3D-Pose der Roboterbasis im Kamerakoordinatensystem (*'base_in_cam_pose'*) und die 3D-Pose des Kalibrierkörpers im Koordinatensystem des Tools (*'obj_in_tool_pose'*) abgefragt werden.

Abfragen der Eingabedaten

Wurden die 3D-Posen des Kalibrierobjektes mit `find_calib_object` bestimmt, dann werden diese bei anthropomorphen (d.h. nicht-SCARA) Robotern dazu verwendet, die Kamera vor der eigentlichen Hand-Auge-Kalibrierung zu kalibrieren, und werden somit ebenfalls kalibriert. Falls *'optimization_method'* auf *'stochastic'* gesetzt wurde, werden Kameraparameter und Hand-Auge-Posen gemeinsam verfeinert, und die 3D-Posen des Kalibrierobjektes anschließend für die erhaltenen neuen Kameraparameter angepasst. Die kalibrierten Posen können mit `get_calib_data` und dem Parameter `ItemType`=*'calib_obj_pose'* abgefragt werden.

Falls die 3D-Posen des Kalibrierobjektes mit einem generischen 3D-Sensor beobachtet wurden, können sie nicht kalibriert werden. Sie werden mit `set_calib_data_observ_pose` gesetzt und mit `get_calib_data_observ_pose` abgefragt.

Die zugehörigen 3D-Posen des Tools im Roboterbasiskoordinatensystem können mit `get_calib_data` abgefragt werden.

Ein Set geeigneter Posen des Kalibrierkörpers aufnehmen

Ist eine Standard-Kalibrierplatte vorhanden, sollte folgendermaßen vorgegangen werden:

- Die Position des Kalibrierkörpers (bewegte Kamera: relativ zur Roboter-Basis; stationäre Kamera: relativ zum Roboter-Tool) und die Position der Kamera (bewegte Kamera: relativ zum Roboter-Tool; stationäre Kamera: relativ zur Roboter-Basis) bleiben während der Aufnahmen unverändert.
- Die theoretisch minimale Anzahl von Posen des Kalibrierobjektes ist drei. Aber, es wird empfohlen mindestens 10 Posen aufzunehmen, bei denen die Position der Kamera bzw. die Position der Roboterhand möglichst stark variiert. Falls *'optimization_method'* auf *'stochastic'* gesetzt ist, werden mindestens 25 Posen empfohlen. Die Schätzung ist besser, je mehr Posen verwendet werden.

  Für anthropomorphe (d.h. nicht-SCARA) Roboter ist ein ausreichendes Ausmaß an Rotation zwischen den Bildern notwendig und sollte mindestens 30 Grad besser aber 60 Grad betragen. Die Rotationen zwischen den Posen des Kalibrierobjektes müssen mindestens zwei verschiedene Rotationsachsen aufweisen. Sehr verschiedene Orientierungen führen zu präziseren Ergebnissen in der Hand-Auge-Kalibrierung. SCARA-Roboter weisen nur eine Rotationsachse auf. Die Rotation zwischen den Bildern sollte ebenfalls groß sein.
- Wird eine Kamera benutzt, so müssen die internen Kameraparameter während und nach der Kalibrierung konstant sein. Beachten Sie, dass Veränderungen der Bildgröße, der Brennweite, der Blende oder des Fokus eine Veränderung der internen Kameraparameter bedeuten.
- Die Kamera darf zwischen den Aufnahmen nicht verändert werden, d.h. weder Brennweite und Blende, noch Fokussierung darf verändert werden, denn für alle Aufnahmen gelten die gleichen internen Kameraparameter. Achten Sie darauf, dass bei einer Änderung des Abstands der Kamera vom Kalibrierkörper durch die Roboterbewegung die Fokussierung (Schärfe im Bild) noch ausreicht. Sorgen Sie daher bei den Aufnahmen für eine gute Ausleuchtung der Kalibrierplatte, denn die Tiefenschärfe nimmt mit kleiner Blende zu.

Lagen des Roboter-Tools aufnehmen

Wir empfehlen, die 3D-Lagen in einem separaten Programm zu erzeugen und mittels `write_pose` in Dateien abzuspeichern. Im Kalibrierprogramm können sie dann eingelesen werden und im Kalibrierdatenmodell gesetzt werden.

Die 3D-Lage eines Roboters kann über seine kartesische Schnittstelle typischerweise in einer Notation abgefragt werden, die den Darstellungstypen mit den Codes 0 oder 2 entsprechen (`OrderOfRotation` = *'gba'* oder *'abg'*, siehe `create_pose`). In diesem Fall können die abgefragten Werte direkt als Eingabe für `create_pose` verwendet werden.

Falls die kartesische Schnittstelle des Roboters die Orientierung anders beschreibt, z.B. in der Darstellung ZYZ ($\mathbf{R}_z(\varphi 1) \cdot \mathbf{R}_y(\varphi 2) \cdot \mathbf{R}_z(\varphi 3)$), kann die entsprechende homogene Transformationsmatrix schrittweise mit den Operatoren `hom_mat3d_rotate` und `hom_mat3d_translate` aufgebaut und dann mit `hom_mat3d_to_pose` in eine 3D-Lage gewandelt werden. Der folgende Beispiel-Code erzeugt eine 3D-Lage aus der oben beschriebenen ZYZ-Darstellung:

```
hom_mat3d_identity(HomMat3DIdent)
hom_mat3d_rotate(HomMat3DIdent, phi3, 'z', 0, 0, 0, HomMat3DRotZ)
hom_mat3d_rotate(HomMat3DRotZ, phi2, 'y', 0, 0, 0, HomMat3DRotZY)
hom_mat3d_rotate(HomMat3DRotZY, phi1, 'z', 0, 0, 0,
HomMat3DRotZYZ)
hom_mat3d_translate(HomMat3DRotZYZ, Tx, Ty, Tz, base_H_tool)
hom_mat3d_to_pose(base_H_tool, RobPose)
```

Bitte beachten Sie, dass die Hand-Auge-Kalibrierung nur dann erfolgreich sein kann, wenn die Posen des Tools im Roboterbasiskoordinatensystem mit hoher Genauigkeit angegeben werden. Von den in *'optimization_method'* bereitgestellten Methoden liefert *'stochastic'* die robustesten Ergebnisse gegenüber Rauschen auf den Eingabe-Posen. Die Schätzung ist besser, je mehr Posen verwendet werden.

Bitte beachten Sie, dass dieser Operator Cancel-Timeouts und Interrupts unterstützt, falls *'optimization_method'* auf *'stochastic'* gesetzt ist.

Parameter

▷ **CalibDataID** (input_control) . . . . . calib_data ⇝ *handle*
Handle des Kalibrierdatenmodells.

▷ **Errors** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Durchschnittlicher verbleibender Fehler nach der Optimierung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- CalibDataID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_calib_data`, `set_calib_data_cam_param`, `set_calib_data_calib_object`, `set_calib_data_observ_pose`, `find_calib_object`, `set_calib_data`, `remove_calib_data`, `remove_calib_data_observ`

Nachfolger

`get_calib_data`

Literatur

K. Daniilidis: „Hand-Eye Calibration Using Dual Quaternions“; International Journal of Robotics Research, Vol. 18, No. 3, pp. 286-298; 1999.

M. Ulrich, C. Steger: „Hand-Eye Calibration of SCARA Robots Using Dual Quaternions“; Pattern Recognition and Image Analysis, Vol. 26, No. 1, pp. 231-239; January 2016.

M. Ulrich, M. Hillemann: „Generic Hand–Eye Calibration of Uncertain Robots“; 2021 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 11060-11066; 2021.

Modul

Calibration

get_calib_data_observ_pose (: : CalibDataID, CameraIdx, CalibObjIdx, CalibObjPoseIdx : ObjInCameraPose)

Abfragen der beobachteten Posen eines Kalibrierobjektes aus einem Kalibrierdatenmodell.

Der Operator `get_calib_data_observ_pose` liest die beobachteten Posen des Kalibrierobjektes relativ zum Kamerakoordinatensystem aus einem Kalibrierdatenmodell `CalibDataID`. Die beobachteten Posen müssen vorher mittels des Operators `set_calib_data_observ_pose` gesetzt werden (siehe `set_calib_data_observ_pose` für eine detaillierte Beschreibung der Argumente). Falls das Kalibrierobjekt mit einer Kamera beobachtet wurde, wurde seine Pose durch den Operator `find_calib_object` im Kalibrierdatenmodell `CalibDataID` gespeichert.

Parameter

- ▷ **CalibDataID** (input_control) . . . . . calib_data ⇝ *handle*
  Handle des Kalibrierdatenmodells.
- ▷ **CameraIdx** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
  Index der beobachtenden Kamera.
  Default: 0
- ▷ **CalibObjIdx** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
  Index des beobachteten Kalibrierobjekts.
  Default: 0
- ▷ **CalibObjPoseIdx** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
  Index der Pose des beobachteten Kalibrierobjekts.
  Default: 0
- ▷ **ObjInCameraPose** (output_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
  Gespeicherte beobachtete Poses des Kalibrierobjekts relativ zur beobachtenden Kamera.
  Parameteranzahl: 7

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Calibration

hand_eye_calibration (: : X, Y, Z, Row, Col, NumPoints, RobotPoses, CameraParam, Method, QualityType : CameraPose, CalibrationPose, Quality)

Durchführen einer Hand-Auge-Kalibrierung.

Der Operator `hand_eye_calibration` bestimmt die 3D-Lage eines Roboters („Hand“) relativ zu einer Kamera („Auge“). Mit dieser Information können die Ergebnisse der Bildverarbeitung in das Koordinatensystem des Roboters transformiert werden, der dann z.B. ein inspiziertes Teil greift. Bitte beachten Sie, dass der Operator `hand_eye_calibration` keine 3D-Sensoren unterstützt. Eine Hand-Auge-Kalibrierung mit 3D-Sensoren kann nur mit dem Operator `calibrate_hand_eye` vorgenommen werden. Jener Operator stellt des Weiteren

eine benutzerfreundlichere Schnittstelle für die Hand-Auge-Kalibrierung bereit als der hier vorliegende Operator hand_eye_calibration, da die jeweiligen Bezugssysteme klar ausgezeichnet sind.

Es gibt zwei mögliche Konfigurationen von Roboter-Kamera-Systemen (Hand-Auge-Systemen): Die Kamera kann auf dem Roboter montiert sein oder stationär sein und den Roboter beobachten. Beachten Sie, dass der Begriff „Roboter“ für ein beliebiges System steht, das Objekte bewegt. Daher können mit hand_eye_calibration viele verschiedene Systeme kalibriert werden, von Schwenk-Neige-Köpfen zu Vielfachs-Manipulatoren.

Eine Hand-Auge-Kalibrierung kann über eine geschlossene Verkettung von insgesamt vier euklidischen Transformationen beschrieben werden. In dieser Kette sind zwei nicht aufeinander folgende Transformation bekannt, welche von der Robotersteuerung und der Kalibrierung der Marker stammen. Die beiden anderen Transformation sind unbekannt aber konstant und werden durch die Hand-Auge-Kalibrierung bestimmt.

Eine Hand-Auge-Kalibrierung läuft ähnlich ab wie die Kalibrierung der externen Kameraparameter (siehe camera_calibration): Zuerst werden ein Satz Bilder eines Kalibrierkörpers aufgenommen, in diesen werden dann zu bekannten Kalibrierpunkten korrespondierende Bildpunkte gesucht und dem Operator hand_eye_calibration in den Parametern X, Y, Z, Row, Col und NumPoints übergeben. Falls die Standard-Kalibrierplatte verwendet wird, können die Korrespondenzen sehr einfach mit den Operatoren find_caltab und find_marks_and_pose bestimmt werden. Es ist zu beachten, dass die internen Parameter der verwendeten Kamera vorher zu kalibrieren sind.

Im Gegensatz zur Kamerakalibrierung wird der Kalibrierkörper nicht manuell bewegt. Dies ist die Aufgabe des Roboters, der entweder die Kamera bewegt (bei auf dem Roboter montierter Kamera) oder den Kalibrierkörper (bei stationärer Kamera). Die Bewegungen des Roboters werden als bekannt vorausgesetzt und daher ebenfalls als Eingabe für die Kalibrierung benutzt (Parameter RobotPoses).

Im Folgenden werden die zwei Hand-Auge-Konfigurationen detaillierter beschrieben, gefolgt von genereller Information über den Prozess der Hand-Auge-Kalibrierung.

Bewegte Kamera (auf dem Roboter montiert)

In dieser Konfiguration ist der Kalibrierkörper stationär, und die Kamera wird vom Roboter an verschiedene Positionen bewegt. Die grundlegende Idee hinter der Hand-Auge-Kalibrierung ist, dass die aus einem Kalibrierbild extrahierte Information, d.h. die 3D-Lage des Kalibrierkörpers relativ zur Kamera (d.h. die externen Kameraparameter), als Kette von 3D-Lagen bzw. homogenen Transformationsmatrizen aufgefasst werden kann, vom Kalibrierkörper über die Roboter-Basis zu dessen Tool (Endeffektor) und schließlich zur Kamera:

Bewegte Kamera:

$$ {}^{cam}\mathbf{H}_{cal} = {}^{cam}\mathbf{H}_{tool} \cdot {}^{tool}\mathbf{H}_{base} \cdot {}^{base}\mathbf{H}_{cal} $$

CameraPose RobotPoses CalibrationPose

Aus den Kalibrierbildern bestimmt der Operator hand_eye_calibration die zwei Transformationen an den Enden der Kette, d.h. die 3D-Lage des Roboter-Tools in Kamerakoordinaten (${}^{cam}\mathbf{H}_{tool}$,CameraPose) und die 3D-Lage des Kalibrierkörpers in Roboter-Basiskoordinaten (${}^{base}\mathbf{H}_{cal}$,CalibrationPose).

Im Gegensatz dazu ist die Transformation in der Mitte der Kette, ${}^{tool}\mathbf{H}_{base}$, bekannt, aber unterschiedlich für jedes Kalibrierbild, da sie die 3D-Lage des die Kamera bewegenden Roboters beschreibt, genauer gesagt deren Inverse (3D-Lage der Roboter-Basis in Roboter-Toolkoordinaten). Die (inversen) 3D-Lagen des Roboters in den Kalibrierbildern müssen im Parameter RobotPoses übergeben werden.

Es ist zu beachten, dass die Z-Translation von CalibrationPose im Rahmen der Kalibrierung von SCARA-Robotern nicht eindeutig bestimmt werden kann. Um diese Mehrdeutigkeit aufzulösen, wird die Z-Translation von CalibrationPose intern auf 0.0 gesetzt und CameraPose entsprechend berechnet. Es ist notwendig, die tatsächliche Translation in Z nach der Kalibrierung zu bestimmen (siehe calibrate_hand_eye).

Stationäre Kamera

In dieser Konfiguration greift der Roboter den Kalibrierkörper und bewegt ihn vor der Kamera. Auch in dieser Konfiguration entspricht die aus einem Kalibrierbild extrahierte Information, d.h. die 3D-Lage des Kalibrierkörpers in Kamerakoordinaten (d.h. die externen Kameraparameter) einer Kette von 3D-Lagen bzw. homogenen Transformationsmatrizen, diesmal vom Kalibrierkörper über das Roboter-Tool zu dessen Basis und schließlich zur Kamera:

Stationäre Kamera:

$$ {}^{cam}\mathbf{H}_{cal} = {}^{cam}\mathbf{H}_{base} \cdot {}^{base}\mathbf{H}_{tool} \cdot {}^{tool}\mathbf{H}_{cal} $$

Analog zur Konfiguration mit bewegter Kamera bestimmt der Operator `hand_eye_calibration` die zwei Transformationen an den Enden der Kette, hier nun die 3D-Lage der Roboter-Basis in Kamerakoordinaten ($^{cam}\mathbf{H}_{base}$,`CameraPose`) und die 3D-Lage des Kalibrierkörpers in Roboter-Toolkoordinaten ($^{tool}\mathbf{H}_{cal}$,`CalibrationPose`).

Die Transformation in der Mitte der Kette, $^{base}\mathbf{H}_{tool}$, beschreibt die 3D-Lage des den Kalibrierkörper bewegenden Roboters, d.h. die 3D-Lage des Roboter-Tools in Roboter-Basiskoordinaten. Die 3D-Lagen des Roboters in den Kalibrierbildern müssen im Parameter `RobotPoses` übergeben werden.

Es ist zu beachten, dass die Z-Translation von `CalibrationPose` im Rahmen der Kalibrierung von SCARA-Robotern nicht eindeutig bestimmt werden kann. Um diese Mehrdeutigkeit aufzulösen, wird die Z-Translation von `CalibrationPose` intern auf 0.0 gesetzt und `CameraPose` entsprechend berechnet. Es ist notwendig, die tatsächliche Translation in Z nach der Kalibrierung zu bestimmen (siehe `calibrate_hand_eye`).

Zusätzliche Information über den Kalibrierprozess

Die folgenden Abschnitte befassen sich jeweils mit einzelnen Fragen, die sich bei der Verwendung von `hand_eye_calibration` stellen und sollen daher sowohl dem Verständnis als auch als Leitfaden für die eigene Anwendung dienen.

Wie erhalte ich die 3D-Kalibrierpunkte? Als Grundlage für die Hand-Auge-Kalibrierung dienen 3D-Kalibrierpunkte im Weltkoordinatensystem (`X`, `Y`, `Y`) und ihre zugehörigen Abbildungen im Bildkoordinatensystem (`Row`, `Col`). Für eine erfolgreiche Hand-Auge-Kalibrierung müssen möglichst viele Bilder der 3D-Kalibrierpunkte aus möglichst unterschiedlichen Roboterpositionen aufgenommen werden.

Prinzipiell können beliebige bekannte Punkte im Weltkoordinatensystem verwendet werden. Man muss lediglich die Projektionen im Bild kennen. Idealerweise verwendet man jedoch eine Standard-Kalibrierplatte, wie sie mit `gen_caltab` erzeugt werden kann. Dann können mit `find_caltab` und `find_marks_and_pose` die Positionen der Kalibrierplatte und ihrer Marken extrahiert werden; der Operator `caltab_points` liefert die 3D-Koordinaten der Kalibriermarken (siehe auch die Beschreibung von `camera_calibration`).

Mit dem Parameter `NumPoints` wird angegeben, wie viele 3D-Kalibrierpunkte für jede Lage des Roboters und damit für jedes Kalibrierbild verwendet werden. Damit ist die Zuordnung der in `X`, `Y`, `Y` linearisiert angegebenen 3D-Kalibrierpunkte und ihrer Projektionen (`Row`, `Col`) zu der entsprechenden 3D-Lage des Roboters (`RobotPoses`) möglich. Beachten Sie, dass im Gegensatz zu `camera_calibration` die 3D-Koordinaten der Kalibrierpunkte für jedes Kalibrierbild angegeben werden müssen und nicht nur einmal!

Wie nehme ich eine Menge von geeigneten Bildern auf? Ist eine Standard-Kalibrierplatte vorhanden, sollte folgendermaßen vorgegangen werden:

- Die Position des Kalibrierkörpers (bewegte Kamera: relativ zur Roboter-Basis; stationäre Kamera: relativ zum Roboter-Tool) und die Position der Kamera (bewegte Kamera: relativ zum Roboter-Tool; stationäre Kamera: relativ zur Roboter-Basis) bleiben während der Aufnahmen unverändert.
- Die internen Kameraparameter sind konstant und müssen zuvor bestimmt sein und in `CameraParam` übergeben werden (vgl. `camera_calibration`). Beachten Sie, dass Veränderungen der Bildgröße, der Brennweite, der Blende oder des Fokus eine Veränderung der internen Kameraparameter bedeuten.
- Die theoretisch minimale Anzahl der aufzunehmenden Bilder ist drei. Aber, es wird empfohlen mindestens 10 Bilder aufzunehmen, bei denen die Position der Kamera bzw. die Position der Roboterhand möglichst stark variiert.
  Für konventionelle (d.h. nicht-SCARA) Roboter ist ein ausreichendes Ausmaß an Rotation zwischen den Bildern notwendig und sollte mindestens 30 Grad besser aber 60 Grad betragen. Die Rotationen zwischen den Posen des Kalibrierobjektes müssen mindestens zwei verschiedene Rotationsachsen aufweisen. Sehr verschiedene Orientierungen führen zu präziseren Ergebnissen in der Hand-Auge-Kalibrierung. SCARA-Roboter weisen nur eine Rotationsachse auf. Die Rotation zwischen den Bildern sollte ebenfalls groß sein.
- Die Kalibrierplatte muss jeweils komplett (inkl. Rand!) im Bild sichtbar sein.
- Es sollten möglichst keine Reflexionen oder ähnliche Störungen auf der Kalibrierplatte zu sehen sein.
- Werden individuelle Marker anstelle der Kalibrierplatte verwendet, so ist die minimale Anzahl der Marker in jedem Bild vier.

- Die Kalibrierplatte sollte jeweils mindestens etwa ein Viertel des gesamten Bildes ausfüllen, damit die Marken robust detektiert werden können.
- Die Kamera darf zwischen den Aufnahmen nicht verändert werden, d.h. weder Brennweite und Blende, noch Fokussierung darf verändert werden, denn für alle Aufnahmen gelten die gleichen internen Kameraparameter. Achten Sie darauf, dass bei einer Änderung des Abstands der Kamera vom Kalibrierkörper durch die Roboterbewegung die Fokussierung (Schärfe im Bild) noch ausreicht. Sorgen Sie daher bei den Aufnahmen für eine gute Ausleuchtung der Kalibrierplatte, denn die Tiefenschärfe nimmt mit kleiner Blende zu.

Wie erhalte ich die Lagen der Bewegungseinheit? Im Parameter `RobotPoses` müssen die 3D-Lagen des Roboters in den Kalibrierbildern (bewegte Kamera: 3D-Lage der Roboter-Basis in Roboter-Toolkoordinaten; stationäre Kamera: 3D-Lage des Roboter-Tools in Roboter-Basiskoordinaten) übergeben werden. Wir empfehlen, die 3D-Lagen in einem separaten Programm zu erzeugen und mittels `write_pose` in Dateien abzuspeichern. Im Kalibrierprogramm können sie dann eingelesen und in einem Tupel aufgesammelt werden, wie das Beispiel weiter unten zeigt. Außerdem empfehlen wir, in den Dateien unabhängig von der verwendeten Hand-Auge-Koordination die 3D-Lage des Roboter-Tools in Roboter-Basiskoordinaten zu speichern. Beim Einsatz einer bewegten Kamera erfolgt die Invertierung der eingelesenen 3D-Lagen dann vor dem Einfügen in das Tupel. Auch dies ist im Beispielprogramm beschrieben.

Die 3D-Lage eines Roboters kann über seine kartesische Schnittstelle typischerweise in einer Notation abgefragt werden, die den Darstellungstypen mit den Codes 0 oder 2 entsprechen (`OrderOfRotation` = *'gba'* oder *'abg'*, siehe `create_pose`). In diesem Fall können die abgefragten Werte direkt als Eingabe für `create_pose` verwendet werden.

Falls die kartesische Schnittstelle des Roboters die Orientierung anders beschreibt, z.B. in der Darstellung ZYZ ($\mathbf{R}_z(\varphi 1) \cdot \mathbf{R}_y(\varphi 2) \cdot \mathbf{R}_z(\varphi 3)$), kann die entsprechende homogene Transformationsmatrix schrittweise mit den Operatoren `hom_mat3d_rotate` und `hom_mat3d_translate` aufgebaut und dann mit `hom_mat3d_to_pose` in eine 3D-Lage gewandelt werden. Der folgende Beispiel-Code erzeugt eine 3D-Lage aus der oben beschriebenen ZYZ-Darstellung:

```
hom_mat3d_identity(HomMat3DIdent)
hom_mat3d_rotate(HomMat3DIdent, phi3, 'z', 0, 0, 0,
HomMat3DRotZ)
hom_mat3d_rotate(HomMat3DRotZ, phi2, 'y', 0, 0, 0,
HomMat3DRotZY)
hom_mat3d_rotate(HomMat3DRotZY, phi1, 'z', 0, 0, 0,
HomMat3DRotZYZ)
hom_mat3d_translate(HomMat3DRotZYZ, Tx, Ty, Tz, base_H_tool)
hom_mat3d_to_pose(base_H_tool, RobPose)
```

Bitte beachten Sie, dass die Hand-Auge-Kalibrierung nur dann erfolgreich sein kann, wenn die Roboterpositionen `RobotPoses` mit hoher Genauigkeit angegeben werden!

Wie sieht die Reihenfolge der einzelnen Parameter aus? Die Länge des Tupels `NumPoints` entspricht der Anzahl der verschiedenen Positionen des Roboters und damit der Anzahl der Kalibrierbilder. Mit `NumPoints` wird angegeben, wie viele Kalibrierpunkte pro Bild verwendet werden. Wird die Standard-Kalibrierplatte verwendet, so sind dies 49 Punkte pro Bild. Wurden 15 Aufnahmen gemacht so ist `NumPoints` ein Tupel der Länge 15, wobei alle Einträge die Zahl 49 enthalten.

Die Anzahl der Kalibrierbilder muss auch bei den Tupeln mit den Koordinaten der 3D-Kalibriermarkenpunkte bzw. der extrahierten 2D-Markenpunkte berücksichtigt werden. Bei einer Anzahl von 15 Kalibrierbildern mit jeweils 49 Markenpunkte müssen daher die Tupel `Row`, `Col`, `X`, `Y` und `Z` $15 \cdot 49 = 735$ Werte enthalten. Die Reihenfolge der Werte erfolgt dabei bildweise. d.h. die ersten 49 Werte gehören zu den 49 Marken im ersten Bild. Die Reihenfolge der 3D-Markenpunkte und der 2D-Markenpunkte muss in jedem Bild gleich sein.

Die Länge des Tupels `RobotPoses` ist ebenfalls abhängig von der Anzahl der Kalibrierbilder. Werden beispielsweise 15 Aufnahmen und damit 15 3D-Lagen verwendet, so ergibt sich die Länge des Tupels `RobotPoses` zu $15 \cdot 7 = 105$ (15 mal je 7 Lageparameter). Die ersten 7 Werte entsprechen daher der 3D-Lage des Roboters bei der ersten Aufnahme, die nächsten 7 denen bei der zweiten Aufnahme usw.

Algorithmen und Ausgabeparameter Der Parameter `Method` bestimmt den zugrunde liegenden Algorithmus der Hand-Auge-Kalibrierung: Mit *'linear'* wird ein linearer Algorithmus ausgewählt, welcher schnell aber in praktischen Fällen nicht besonders genau ist. Mit *'nonlinear'* wird ein nicht linearer Algorithmus gewählt, welcher das genaueste Ergebnis liefert und daher auch empfohlen ist.

Für die Kalibrierung von SCARA-Robotern muss für `Method` *'scara_linear'* oder *'scara_nonlinear'* gewählt werden. Während der Arm eines anthropomorphen Roboters 3 Drehgelenke hat, die typischerweise 6 Freiheitsgrade abdecken (3 Translationen und 3 Rotationen) besitzen SCARA-Roboter dagegen nur zwei parallele Drehgelenke und ein paralleles Schubgelenk, die nur 4 Freiheitsgrade (3 Translationen und 1 Rotation) abdecken. Grob gesagt ist ein anthropomorpher Roboter im Gegensatz zum SCARA-Roboter in der Lage, seinen Endeffektor zu verkippen.

Der Parameter `QualityType` schaltet zwischen unterschiedlichen Möglichkeiten die Qualität der Ergebnisse im Ausgabewert `Quality` zu beurteilen. Mit *'error_pose'* wird der Lagefehler über die komplette Transformationskette gewählt. Genaugenommen wird ein Tupel mit vier Elementen zurückgegeben, welches zuerst den mittleren, quadratischen Fehler der Translation, dann den mittleren, quadratischen Fehler der Rotation, an dritter Stelle den maximalen Fehler der Translation und schließlich an vierter Stelle den maximalen Fehler der Rotation angibt. Mit *'standard_deviation'* wird ein 12-elementiges Tupel mit den Standardabweichungen der beiden berechneten Lagen ausgegeben: Die ersten sechs Elemente beziehen sich auf die Kameralage und die zweiten sechs auf die Lage der Kalibriermarker. Bei der Wahl von *'covariance'* wird die volle 12x12 Kovarianzmatrix beider Lagen zurückgegeben. Wie die Poseparameter selbst, werden auch die Standardabweichungen und die Kovarianzen in den Einheiten [m] und [°] angegeben. Es ist zu beachten, dass bei der Wahl von *'linear'* oder *'scara_linear'* als Parameter `Method` nur die Qualitätsbewertung für den Lagefehler (*'error_pose'*) möglich ist.

Parameter

- ▷ **X** (input_control) . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Linearisierte Liste, die alle x-Koordinaten der Kalibrierpunkte enthält (in der Bildreihenfolge).
- ▷ **Y** (input_control) . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Linearisierte Liste, die alle y-Koordinaten der Kalibrierpunkte enthält (in der Bildreihenfolge).
- ▷ **Z** (input_control) . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Linearisierte Liste, die alle z-Koordinaten der Kalibrierpunkte enthält (in der Bildreihenfolge).
- ▷ **Row** (input_control) . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Linearisierte Liste, die alle Zeilenkoordinaten der Kalibrierpunkte enthält (in der Bildreihenfolge).
- ▷ **Col** (input_control) . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Linearisierte Liste, die alle Spaltenkoordinaten der Kalibrierpunkte enthält (in der Bildreihenfolge).
- ▷ **NumPoints** (input_control) . . . integer-array ⇝ *integer*
  Für jedes Bild: Anzahl der Kalibrierpunkte.
- ▷ **RobotPoses** (input_control) . . . pose-array ⇝ *real* / integer
  Zu jedem Bild die bekannten Werte für die 3D-Lage des Roboters (bewegte Kamera: Roboter-Basis in Roboter-Toolkoordinaten; stationäre Kamera: Roboter-Tool in Roboter-Basiskoordinaten).
- ▷ **CameraParam** (input_control) . . . campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter.
- ▷ **Method** (input_control) . . . string ⇝ *string*
  Methode der Hand-Auge-Kalibrierung.
  Default: 'nonlinear'
  Werteliste: `Method` ∈ {'linear', 'nonlinear', 'scara_linear', 'scara_nonlinear'}
- ▷ **QualityType** (input_control) . . . string(-array) ⇝ *string*
  Typ der Qualitätsbewertung.
  Default: 'error_pose'
  Werteliste: `QualityType` ∈ {'error_pose', 'standard_deviation', 'covariance'}
- ▷ **CameraPose** (output_control) . . . pose ⇝ *real* / integer
  Berechnete relative Kamera Lage: 3D-Lage des Roboter-Tools (bewegte Kamera) bzw. der Roboter-Basis (stationäre Kamera) in Kamerakoordinaten.
- ▷ **CalibrationPose** (output_control) . . . pose ⇝ *real* / integer
  Berechnete 3D-Lage der Kalibriermarker in Roboter-Basiskoordinaten (bewegte Kamera) bzw. Roboter-Toolkoordinaten (stationäre Kamera).
- ▷ **Quality** (output_control) . . . real(-array) ⇝ *real*
  Qualitätsbewertung des Ergebnisses.

Beispiel

```
* Note that, in order to use this code snippet, you must provide
```

```
* the camera parameters, the calibration plate description file,
* the calibration images, and the robot poses.
read_cam_par('campar.dat', CameraParam)
CalDescr := 'caltab.descr'
caltab_points(CalDescr, X, Y, Z)
* Process all calibration images.
for i := 0 to NumImages-1 by 1
  read_image(Image, 'calib_'+i$'02d')
  * Find marks on the calibration plate in every image.
  find_caltab(Image, CalPlate, CalDescr, 3, 150, 5)
  find_marks_and_pose(Image, CalPlate, CalDescr, CameraParam, 128, 10, 18, \
                      0.9, 15, 100, RCoordTmp, CCoordTmp, StartPose)
  * Accumulate 2D and 3D coordinates of the marks.
  RCoord := [RCoord, RCoordTmp]
  CCoord := [CCoord, CCoordTmp]
  XCoord := [XCoord, X]
  YCoord := [YCoord, Y]
  ZCoord := [ZCoord, Z]
  NumMarker := [NumMarker, |RCoordTmp|]
  * Read pose of the robot tool in robot base coordinates.
  read_pose('robpose_'+i$'02d'+'.dat', RobPose)
  * Moving camera? Invert pose.
  if (IsMovingCameraConfig == 'true')
    pose_to_hom_mat3d(RobPose, base_H_tool)
    hom_mat3d_invert(base_H_tool, tool_H_base)
    hom_mat3d_to_pose(tool_H_base, RobPose)
  endif
  * Accumulate robot poses.
  RobotPoses := [RobotPoses, RobPose]
endfor
*
* Perform hand-eye calibration.
*
hand_eye_calibration(XCoord, YCoord, ZCoord, RCoord, CCoord, NumMarker, \
                     RobotPoses, CameraParam, 'nonlinear', 'error_pose', \
                     CameraPose, CalibrationPose, Error)
```

Ergebnis

`hand_eye_calibration` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`find_marks_and_pose`, `camera_calibration`, `calibrate_cameras`

Nachfolger

`write_pose`, `convert_pose_type`, `pose_to_hom_mat3d`, `disp_caltab`, `sim_caltab`

Alternativen

`calibrate_hand_eye`

Siehe auch

`find_caltab`, `find_marks_and_pose`, `disp_caltab`, `sim_caltab`, `write_cam_par`, `read_cam_par`, `create_pose`, `convert_pose_type`, `write_pose`, `read_pose`, `pose_to_hom_mat3d`, `hom_mat3d_to_pose`, `caltab_points`, `gen_caltab`, `calibrate_hand_eye`

Literatur

K. Daniilidis: „Hand-Eye Calibration Using Dual Quaternions“; International Journal of Robotics Research, Vol. 18, No. 3, pp. 286-298; 1999.

M. Ulrich, C. Steger: „Hand-Eye Calibration of SCARA Robots Using Dual Quaternions“; Pattern Recognition and Image Analysis, Vol. 26, No. 1, pp. 231-239; January 2016.

Modul

Calibration

set_calib_data_observ_pose (: : CalibDataID, CameraIdx, CalibObjIdx, CalibObjPoseIdx, ObjInCameraPose :)

Setzen von beobachteten Posen eines Kalibrierobjekts in einem Kalibrierdatenmodell.

Für ein Kalibrierdatenmodell des Types CalibSetup=*'hand_eye_moving_cam'*, *'hand_eye_stationary_cam'*, *'hand_eye_scara_moving_cam'* oder *'hand_eye_scara_stationary_cam'* ohne Kalibrierobjekt (siehe create_calib_data) basiert die Hand-Auge-Kalibrierung auf Beobachtungen der Pose eines beliebigen Objekts in einem Kamerakoordinatensystem. Im Folgenden wird dieses Objekt als Kalibrierobjekt bezeichnet. Zusätzlich müssen die korrespondierenden Posen des Roboter-Tools im Roboterbasiskoordinatensystem bekannt sein. Mittels set_calib_data_observ_pose, wird die beobachtete Pose des Kalibrierobjektes im Kalibrierdatenmodell CalibDataID gespeichert. Eine Beobachtung der Pose besteht aus den folgenden Daten:

CameraIdx: Index der beobachtenden Kamera

CalibObjIdx: Index des beobachteten Kalibrierobjektes

CalibObjPoseIdx: Index der beobachteten Pose des Kalibrierobjekts. Der Index kann beliebig gewählt werden ohne einer strengen Ordnung zu folgen. Falls ein Index gewählt wird, der für das Kalibrierobjekt CalibObjIdx bereits existiert, so wird die entsprechende Pose durch die neue Pose ersetzt.

ObjInCameraPose: Pose des beobachteten Kalibrierobjekts relative zur beobachtenden Kamera.

Da das Modell für Kalibrierdaten CalibDataID einen allgemeinen Sensor ohne Kalibrierobjekt verwendet (d.h. das Modell wurde mit create_calib_data mit NumCameras=0 und NumCalibObjects=0 erzeugt), müssen sowohl CameraIdx als auch CalibObjIdx auf 0 gesetzt werden. Falls das Modell ein Kalibrierobjekt verwendet (d.h. NumCameras=1 und NumCalibObjects=1), muss stattdessen find_calib_object oder set_calib_data_observ_points verwendet werden.

Die beobachteten Posen können mittels des Operators get_calib_data_observ_pose abgefragt werden, wobei die gleichen Werte für die Argumente CameraIdx, CalibObjIdx und CalibObjPoseIdx zu setzen sind.

Parameter

▷ **CalibDataID** (input_control) . . . . . calib_data ⇝ *handle*
Handle des Kalibrierdatenmodells.

▷ **CameraIdx** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Index der beobachtenden Kamera.
Default: 0
Wertevorschläge: CameraIdx ∈ {0, 1, 2}

▷ **CalibObjIdx** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Index des beobachteten Kalibrierobjekts.
Default: 0
Wertevorschläge: CalibObjIdx ∈ {0, 1, 2}

▷ **CalibObjPoseIdx** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Index der Pose des beobachteten Kalibrierobjekts.
Default: 0
Wertevorschläge: CalibObjPoseIdx ∈ {0, 1, 2}
Restriktion: CalibObjPoseIdx >= 0

▷ **ObjInCameraPose** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Gespeicherte beobachtete Poses des Kalibrierobjekts relativ zur beobachtenden Kamera.
Parameteranzahl: 7

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- CalibDataID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`find_marks_and_pose`, `set_calib_data_cam_param`, `set_calib_data_calib_object`

Nachfolger

`set_calib_data`, `calibrate_cameras`

Alternativen

`find_calib_object`

Modul

Calibration

15.3 Inverse Projektion

`get_line_of_sight` (: : `Row`, `Column`, `CameraParam` : `PX`, `PY`, `PZ`, `QX`, `QY`, `QZ`)

Berechnen des zu einem Bildpunkt gehörenden Sichtstrahls.

`get_line_of_sight` berechnet für ein Pixel (`Row`, `Column`) im Bild den zugehörigen Sichtstrahl. Der Sichtstrahl ist eine Gerade im Kamerakoordinatensystem, die durch zwei auf ihr liegende Punkte (`PX`,`PY`,`PZ`) und (`QX`,`QY`,`QZ`) beschrieben wird. Die Kamera wird durch die internen Kameraparameter `CameraParam` beschrieben (siehe Kalibrierung). Falls eine Lochkamera verwendet wird, liegt der zweite Punkt in der Brennpunktebene, d.h. bei Flächenkameras entspricht der Ausgabeparameter `QZ` der Brennweite der Kamera, wohingegen `QZ` bei Zeilenkameras zusätzlich noch von der Relativbewegung zwischen Kamera und Objekt abhängt. Die Geradengleichung des Sichtstrahls ist gegeben durch

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathtt{PX} \\ \mathtt{PY} \\ \mathtt{PZ} \end{pmatrix} + l \cdot \begin{pmatrix} \mathtt{QX} - \mathtt{PX} \\ \mathtt{QY} - \mathtt{PY} \\ \mathtt{QZ} - \mathtt{PZ} \end{pmatrix}$$

Der Vorteil der Darstellung der Geraden durch zwei Punkte ist, dass es hiermit einfacher wird, die Gerade im Raum zu transformieren. Es muss lediglich der Operator `affine_trans_point_3d` auf die beiden Punkte angewandt werden.

Parameter

- ▷ **`Row`** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Pixels.
- ▷ **`Column`** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Pixels.
- ▷ **`CameraParam`** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter.
- ▷ **`PX`** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  X-Koordinate des ersten Punktes auf dem Sichtstrahl im Kamerakoordinatensystem.
- ▷ **`PY`** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Y-Koordinate des ersten Punktes auf dem Sichtstrahl im Kamerakoordinatensystem.

▷ **PZ** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Z-Koordinate des ersten Punktes auf dem Sichtstrahl im Kamerakoordinatensystem.

▷ **QX** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
X-Koordinate des zweiten Punktes auf dem Sichtstrahl im Kamerakoordinatensystem.

▷ **QY** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Y-Koordinate des zweiten Punktes auf dem Sichtstrahl im Kamerakoordinatensystem.

▷ **QZ** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Z-Koordinate des zweiten Punktes auf dem Sichtstrahl im Kamerakoordinatensystem.

Beispiel

```
* Set internal camera parameters.
* Note the, typically, these values are the result of a prior
* calibration.
gen_cam_par_area_scan_division (0.01, 30, 4.65e-006, 4.65e-006, \
                                640, 480, 1280, 960, CameraParam)
* Inverse projection.
get_line_of_sight([50, 100], [100, 200], CameraParam, PX, PY, PZ, QX, QY, QZ)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_line_of_sight` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`read_cam_par`, `camera_calibration`

Nachfolger

`affine_trans_point_3d`

Siehe auch

`camera_calibration`, `disp_caltab`, `read_cam_par`, `project_3d_point`, `affine_trans_point_3d`

Modul

Calibration

15.4 Kalibrierkörper

caltab_points (: : CalPlateDescr : X, Y, Z)

Lesen der Markenmittelpunkte aus einer Kalibrierkörperbeschreibungsdatei.

`caltab_points` liest die Markenmittelpunkte aus der Kalibrierkörperbeschreibungsdatei `CalPlateDescr` (siehe `gen_caltab` für Kalibrierplatten mit rechteckiger Markenanordnung und `create_caltab` für Kalibrierplatten mit hexagonaler Markenanordnung) und liefert ihre Koordinaten in `X`, `Y` und `Z` zurück. Die Markenmittelpunkte liegen als 3D-Koordinaten im Kalibrierkörperkoordinatensystem vor und stellen damit das 3D-Modell des Kalibrierkörpers dar. Das Kalibrierkörperkoordinatensystem ist für Kalibrierplatten mit rechteckiger Markenanordnung im Mittelpunkt der Kalibrierkörperoberfläche platziert. Für Kalibrierplatten mit hexagonaler Markenanordnung befindet sich der Ursprung in der Mitte der zentralen Marke des ersten Suchmusters. Die z-Achse zeigt in den Kalibrierkörper hinein, die x-Achse nach rechts und die y-Achse nach unten.

Die von `caltab_points` ausgegebenen Markenmittelpunkte dienen typischerweise als Eingabe-Parameter für den Operator `camera_calibration`. Dieser Operator projiziert die Modellpunkte in das Bild, minimiert die Distanz zwischen den projizierten Modellpunkten und den im Bild beobachteten 2D-Koordinaten (vgl.

find_marks_and_pose) und ermittelt so die genauen Werte für die gesuchten internen und externen Kameraparameter.

Parameter

▷ **CalPlateDescr** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Dateiname der Kalibrierkörperbeschreibungsdatei.
Default: 'calplate_320mm.cpd'
Werteliste: CalPlateDescr ∈ {'calplate_5mm.cpd', 'calplate_10mm.cpd', 'calplate_20mm.cpd', 'calplate_40mm.cpd', 'calplate_80mm.cpd', 'calplate_160mm.cpd', 'calplate_320mm.cpd', 'calplate_640mm.cpd', 'calplate_1200mm.cpd', 'calplate_20mm_dark_on_light.cpd', 'calplate_40mm_dark_on_light.cpd', 'calplate_80mm_dark_on_light.cpd', 'caltab_650um.descr', 'caltab_2500um.descr', 'caltab_6mm.descr', 'caltab_10mm.descr', 'caltab_30mm.descr', 'caltab_100mm.descr', 'caltab_200mm.descr', 'caltab_800mm.descr', 'caltab_small.descr', 'caltab_big.descr'}
Dateiendung: .cpd, .descr

▷ **X** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
X-Koordinaten der Markenmittelpunkte im Koordinatensystem des Kalibrierkörpers.

▷ **Y** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Y-Koordinaten der Markenmittelpunkte im Koordinatensystem des Kalibrierkörpers.

▷ **Z** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Z-Koordinaten der Markenmittelpunkte im Koordinatensystem des Kalibrierkörpers.

Beispiel

```
* Read calibration image.
read_image(Image, 'calib/calib-3d-coord-03')
CalTabDescr := 'caltab_100mm.descr'
* Find calibration pattern.
find_caltab(Image, CalPlate1, CalTabDescr, 3, 112, 5)
* Find calibration marks and start poses.
StartCamPar := ['area_scan_division', 0.008, 0.0, 0.000011, 0.000011, \
                384, 288, 768, 576]
find_marks_and_pose(Image,CalPlate1,CalTabDescr, StartCamPar, \
                    128, 10, 18, 0.9, 15.0, 100.0, RCoord1, CCoord1, \
                    StartPose1)
* Read 3D positions of calibration marks.
caltab_points(CalTabDescr, NX, NY, NZ)
*  Calibrate camera.
camera_calibration(NX, NY, NZ, RCoord1, CCoord1, StartCamPar, \
                   StartPose1, 'all', CameraParam, FinalPose, Errors)
*  Visualize calibration result.
dev_display(Image)
disp_caltab(WindowHandle, CalTabDescr, CameraParam, FinalPose, 1.0)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und konnte die Datei CalPlateDescr erfolgreich gelesen werden, dann liefert caltab_points den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

camera_calibration

Siehe auch

find_caltab, find_marks_and_pose, camera_calibration, disp_caltab, sim_caltab, project_3d_point, get_line_of_sight, gen_caltab

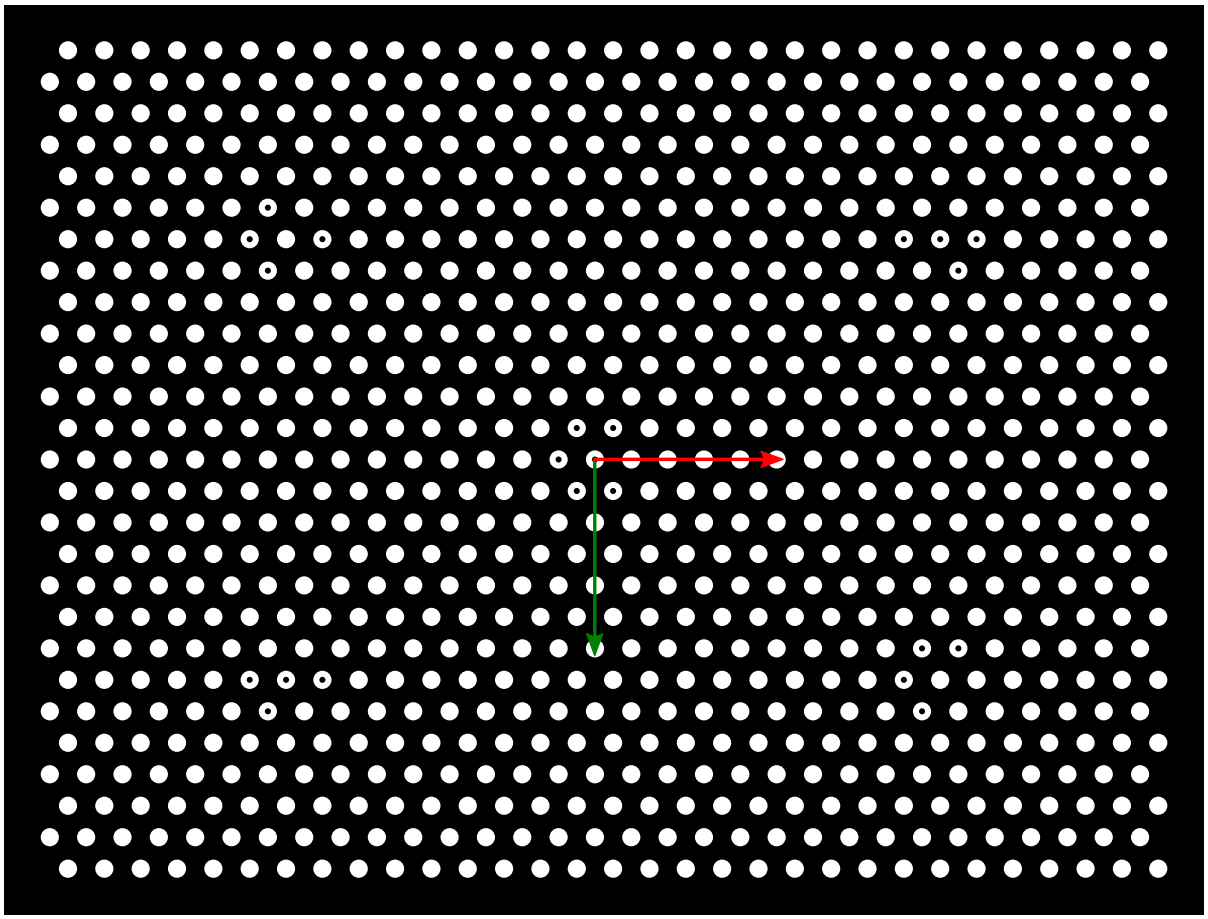
Modul

Foundation

create_caltab (: : NumRows, MarksPerRow, Diameter, FinderRow, FinderColumn, Polarity, CalPlateDescr, CalPlatePSFile :)

Erzeugen der Kalibrierkörperbeschreibungsdatei und der passenden PostScript-Datei für eine Kalibrierplatte mit hexagonaler Markenanordnung.

create_caltab erzeugt die Kalibrierkörperbeschreibungsdatei eines Standardkalibrierkörpers für HALCON mit hexagonaler Markenanordnung. Dieser Kalibrierkörper besteht aus NumRows mal MarksPerRow kreisförmigen Marken. Diese Marken sind in einem hexagonalen Muster angeordnet, so dass jede Marke (ausgenommen die am Rand liegenden) sechs Nachbarn mit gleichem Abstand hat.



Ein Standard-HALCON-Kalibrierkörper mit hexagonaler Markenanordnung und sein Koordinatensystem.

Der Durchmesser der Marken wird durch den Parameter Diameter in Metern festgelegt. Der Abstand zwischen den Zentren der horizontal benachbarten Marken ist $2 \cdot Diameter$. Der Abstand zwischen benachbarten Zeilen von Kalibriermarken ist $2 \cdot Diameter \cdot \sqrt{0.75}$. Die Breite und die Höhe der generierten Kalibrierplatte lassen sich mit den folgenden Formeln ermitteln:

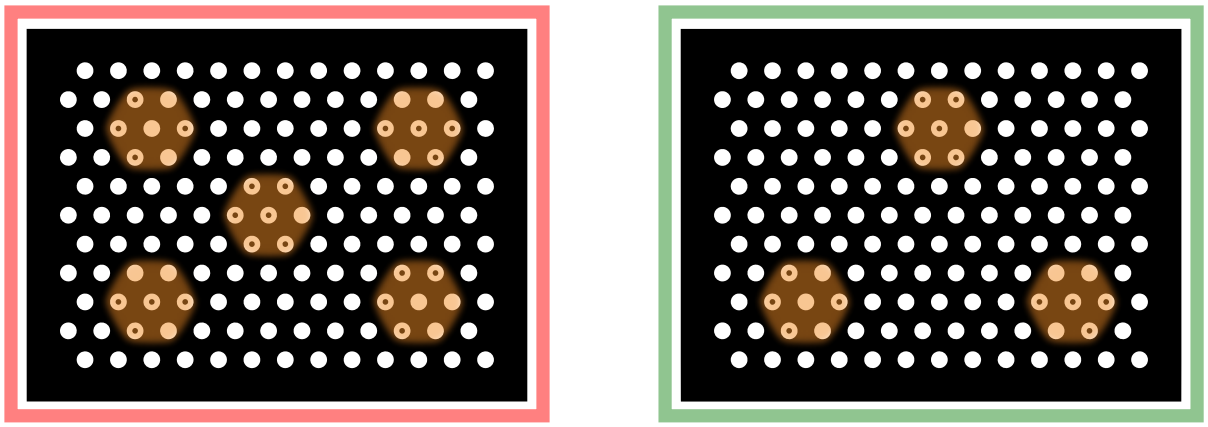
$\texttt{Width} = (2 \left\lfloor \frac{\texttt{MarksPerRow}-1}{2} \right\rfloor + 3) \cdot 2 \cdot \texttt{Diameter}$

$\texttt{Height} = (2 \left\lfloor \frac{\texttt{NumRows}-1}{2} \right\rfloor \cdot \sqrt{3} + 5) \cdot \texttt{Diameter}$

Das Muster des Kalibrierkörpers enthält ein bis fünf Suchmuster. Ein Suchmuster besteht aus einem speziellen Hexagon von Marken (also einer Marke und deren sechs Nachbarmarken), das vier oder sechs Marken mit einem Loch enthält. Jedes dieser bis zu fünf Suchmuster ist eindeutig und kann dazu verwendet werden die Orientierung des Kalibrierkörpers und die Lage des Suchmusters auf dem Kalibrierkörper zu bestimmen. Mindestens eines der Suchmuster muss vollständig sichtbar sein, damit der Kalibrierkörper von find_calib_object gefunden werden kann. Die Position der zentralen Marken der Suchmuster werden in FinderRow und FinderColumn

angegeben. Die Länge dieser Tupel bestimmt somit die Anzahl der Suchmuster auf dem Kalibrierkörper. Zwei Suchmuster dürfen sich nicht überlappen. Es wird empfohlen, einen gewissen Abstand zwischen den Suchmustern einzuhalten damit die Marken mit Loch eindeutig einem Suchmuster zugeordnet werden können. Als Faustregel gilt: Wenn zu wenig Marken vorhanden sind, um die Suchmuster an möglichst eindeutigen Stellen zu platzieren, sollte die Anzahl der Suchmuster reduziert werden, damit sie gleichmäßiger verteilt werden können. Ein solches Beispiel ist weiter unten abgebildet, wobei zu beachten ist, dass das Finden der Suchmuster auch vom verwendeten Kamerasetup abhängt.

Der Ursprung des Koordinatensystems des Kalibrierkörpers befindet sich in der Mitte der zentralen Marke des ersten Suchmusters.



Die Suchmuster einer Kalibrierplatte sollten nicht zu nahe zueinander platziert werden (links). Falls nicht genügend Marken auf der Kalibrierplatte sind, um die Suchmuster genügend weit voneinander zu platzieren, sollte die Anzahl an Suchmustern entsprechend reduziert werden (rechts).

Abhängig von `Polarity` sind die Marken entweder hell auf dunklem Hintergrund (*'light_on_dark'*) oder dunkel auf hellem Hintergrund (*'dark_on_light'*).

Die Datei `CalPlateDescr` enthält die Kalibrierkörperbeschreibung, die bei allen HALCON-Operationen die diesen Kalibrierkörper verwenden, angegeben werden muss (zum Beispiel in `set_calib_data_calib_object` oder `sim_caltab`). Die Dateiendung für eine Beschreibungsdatei eines Kalibrierkörpers mit hexagonaler Markenanordnung ist 'cpd'.

Eine Kalibrierkörperbeschreibung enthält Informationen über:

- die Anzahl der Zeilen und Spalten des Kalibrierkörpers
- die Anzahl der Marken pro Zeile und Spalte
- die Verschiebung des Koordinatensystems zur Plattenoberfläche in z-Richtung
- den Rand des Kalibrierkörpers
- die Polarität der Marken
- die Anzahl und Position der Suchmuster
- die x,y-Koordinaten und den Radius von jeder Kalibriermarke

Eine Datei, die mit `create_caltab` erzeugt wurde, sieht z.B. folgendermaßen aus (Kommentare sind durch ein '#' am Anfang der Zeile markiert):

```
\# Plate Description Version 3
\# HALCON Version 20.11 --  Wed Dec 16 11:02:00 2020
\# Description of the standard calibration plate
\# used for the camera calibration in HALCON
\# (generated by create\_caltab)
\#
\#

\# 27 rows x 31 columns
\# Width, height of calibration plate [meter]: 0.170323, 0.129118
```

```
\# Distance between mark centers [meter]: 0.0051613

\# Number of marks in y-dimension (rows)
r 27

\# Number of marks in x-dimension (columns)
c 31

\# offset of coordinate system in z-dimension [meter] (optional):
z 0

\# rim of the calibration plate (min x, max y, max x, min y) [meter]:
o -0.083871125 0.0645592449151841 0.086451775 -0.0645592449151841

\# polarity of the marks (light or dark):
p light

\# number of finder pattern marks:
f 5

\# position of the finder patterns (central mark):  x y [index]
15 13
6 6
24 6
6 20
24 20

\# calibration marks:  x y radius [meter]

\# calibration marks at y = -0.0581076 m
-0.07483885 -0.0581076199151841 0.001290325
-0.06967755 -0.0581076199151841 0.001290325
-0.06451625 -0.0581076199151841 0.001290325
-0.05935495 -0.0581076199151841 0.001290325
-0.05419365 -0.0581076199151841 0.001290325
-0.04903235 -0.0581076199151841 0.001290325
-0.04387105 -0.0581076199151841 0.001290325
-0.03870975 -0.0581076199151841 0.001290325
-0.03354845 -0.0581076199151841 0.001290325
-0.02838715 -0.0581076199151841 0.001290325
-0.02322585 -0.0581076199151841 0.001290325
-0.01806455 -0.0581076199151841 0.001290325
-0.01290325 -0.0581076199151841 0.001290325
-0.00774195 -0.0581076199151841 0.001290325
-0.00258065 -0.0581076199151841 0.001290325
0.00258065 -0.0581076199151841 0.001290325
0.00774195 -0.0581076199151841 0.001290325
0.01290325 -0.0581076199151841 0.001290325
0.01806455 -0.0581076199151841 0.001290325
0.02322585 -0.0581076199151841 0.001290325
0.02838715 -0.0581076199151841 0.001290325
0.03354845 -0.0581076199151841 0.001290325
0.03870975 -0.0581076199151841 0.001290325
0.04387105 -0.0581076199151841 0.001290325
0.04903235 -0.0581076199151841 0.001290325
0.05419365 -0.0581076199151841 0.001290325
0.05935495 -0.0581076199151841 0.001290325
0.06451625 -0.0581076199151841 0.001290325
0.06967755 -0.0581076199151841 0.001290325
```

```
0.07483885 -0.0581076199151841 0.001290325
0.08000015 -0.0581076199151841 0.001290325

\# calibration marks at y = -0.0536378 m
-0.0774195 -0.0536378029986315 0.001290325
-0.0722582 -0.0536378029986315 0.001290325
-0.0670969 -0.0536378029986315 0.001290325
-0.0619356 -0.0536378029986315 0.001290325
-0.0567743 -0.0536378029986315 0.001290325
-0.051613 -0.0536378029986315 0.001290325
-0.0464517 -0.0536378029986315 0.001290325
-0.0412904 -0.0536378029986315 0.001290325
-0.0361291 -0.0536378029986315 0.001290325
-0.0309678 -0.0536378029986315 0.001290325
-0.0258065 -0.0536378029986315 0.001290325
-0.0206452 -0.0536378029986315 0.001290325
-0.0154839 -0.0536378029986315 0.001290325
-0.0103226 -0.0536378029986315 0.001290325
-0.0051613 -0.0536378029986315 0.001290325
0 -0.0536378029986315 0.001290325
0.0051613 -0.0536378029986315 0.001290325
0.0103226 -0.0536378029986315 0.001290325
0.0154839 -0.0536378029986315 0.001290325
0.0206452 -0.0536378029986315 0.001290325
0.0258065 -0.0536378029986315 0.001290325
0.0309678 -0.0536378029986315 0.001290325
0.0361291 -0.0536378029986315 0.001290325
0.0412904 -0.0536378029986315 0.001290325
0.0464517 -0.0536378029986315 0.001290325
0.051613 -0.0536378029986315 0.001290325
0.0567743 -0.0536378029986315 0.001290325
0.0619356 -0.0536378029986315 0.001290325
0.0670969 -0.0536378029986315 0.001290325
0.0722582 -0.0536378029986315 0.001290325
0.0774195 -0.0536378029986315 0.001290325

\# calibration marks at y = -0.049168 m
...

\# calibration marks at y = -0.0446982 m
...

\# calibration marks at y = -0.0402284 m
...

\# calibration marks at y = -0.0357585 m
...

\# calibration marks at y = -0.0312887 m
...

\# calibration marks at y = -0.0268189 m
...

\# calibration marks at y = -0.0223491 m
...

\# calibration marks at y = -0.0178793 m
...
```

```
\# calibration marks at y = -0.0134095 m
...

\# calibration marks at y = -0.00893963 m
...

\# calibration marks at y = -0.00446982 m
...

\# calibration marks at y = 0 m
...

\# calibration marks at y = 0.00446982 m
...

\# calibration marks at y = 0.00893963 m
...

\# calibration marks at y = 0.0134095 m
...

\# calibration marks at y = 0.0178793 m
...

\# calibration marks at y = 0.0223491 m
...

\# calibration marks at y = 0.0268189 m
...

\# calibration marks at y = 0.0312887 m
...

\# calibration marks at y = 0.0357585 m
...

\# calibration marks at y = 0.0402284 m
...

\# calibration marks at y = 0.0446982 m
...

\# calibration marks at y = 0.049168 m
...

\# calibration marks at y = 0.0536378 m
...

\# calibration marks at y = 0.0581076 m
...
```

Es ist zu beachten, dass hier für eine bessere Übersichtlichkeit nur die Koordinaten und Radien der Marken aus den ersten beiden Zeilen vollständig aufgeführt sind. Die entsprechenden Koordinaten und Radien der Marken in den anderen Zeilen wurden daher ausgelassen.

Die Datei `CalPlatePSFile` enthält die korrespondierende PostScript-Beschreibung des Kalibrierkörpers, die zum Ausdrucken des Kalibrierkörpers verwendet werden kann.

Achtung

Je nach Genauigkeit des verwendeten Ausgabegeräts (z.B. Laserdrucker) stimmt der ausgedruckte Kalibrierkör-

per nicht genau mit der Kalibrierkörperbeschreibungsdatei `CalPlateDescr` überein. Es müssen daher ggf. die Koordinaten der Kalibrierkörpermarken in der Kalibrierkörperbeschreibungsdatei an die realen Maße angepasst werden!

Für erworbene Kalibrierplatten wird empfohlen die jeweils mitgelieferte Kalibrierkörperbeschreibungsdatei zu verwenden.

Parameter

▷ **NumRows** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Number of rows.
Default: 27
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: NumRows > 2

▷ **MarksPerRow** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Number of marks per line.
Default: 31
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: MarksPerRow > 2

▷ **Diameter** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Durchmesser der Marken.
Default: 0.00258065
Wertevorschläge: `Diameter` ∈ {0.00258065, 0.1, 0.0125, 0.00375, 0.00125}

▷ **FinderRow** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Zeilenindizes der Suchmuster.
Default: [13,6,6,20,20]

▷ **FinderColumn** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Spaltenindizes der Suchmuster.
Default: [15,6,24,6,24]

▷ **Polarity** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Polarität der Marken
Default: 'light_on_dark'
Wertevorschläge: `Polarity` ∈ {'light_on_dark', 'dark_on_light'}

▷ **CalPlateDescr** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Dateiname der Kalibrierplattenbeschreibung.
Default: 'calplate.cpd'
Werteliste: `CalPlateDescr` ∈ {'calplate.cpd'}
Dateiendung: `.cpd`

▷ **CalPlatePSFile** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Dateiname der PostScript Datei.
Default: 'calplate.ps'
Dateiendung: `.ps`

Beispiel

```
* Parameters to create the descriptor for the 160mm wide calibration
* plate.
create_caltab (27, 31, 0.00258065, [13, 6, 6, 20, 20], [15, 6, 24, 6, 24], \
              'light_on_dark', 'calplate.cpd', 'caltab.ps')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und konnten beide Dateien erfolgreich geschrieben werden, dann liefert `create_caltab` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

read_cam_par, caltab_points

Alternativen

gen_caltab

Siehe auch

find_caltab, find_marks_and_pose, camera_calibration, disp_caltab, sim_caltab

Modul

Foundation

disp_caltab (: : WindowHandle, CalPlateDescr, CameraParam, CalPlatePose, ScaleFac :)

Projizieren und Zeichnen des 3D-Kalibrierkörpermodells ins Bild.

disp_caltab visualisiert im durch WindowHandle angegebenen Fenster die Marken und die Verbindungslinien zwischen den Marken des durch CalPlateDescr beschriebenen Kalibrierkörpers. Zusätzlich werden die x- und y-Achse des Koordinatensystems der Platte auf der Plattenoberfläche eingezeichnet. Dazu wird das 3D-Modell des Kalibrierkörpers mittels der internen (CameraParam) und externen Kameraparameter (CalPlatePose auf die Bildebene projiziert. Die 3D-Lage CalPlatePose wird in der Form ${}^{ccs}\mathbf{P}_{wcs}$ erwartet. Dabei steht *ccs* für das Kamerakoordinatensystem und *wcs* für das Weltkoordinatensystem (siehe auch Transformationen / Posen und „Solution Guide III-C - 3D Vision"). Dies bedeutet, die 3D-Lage entspricht der Lage des Kalibrierkörpers in Kamerakoordinaten. Das verwendete Kameramodell wird in Kalibrierung beschrieben.

Typischerweise wird disp_caltab verwendet, um das Ergebnis der Kamerakalibrierung (vgl. Kalibrierung oder camera_calibration) durch Überblendung auf das originale Bild zu verifizieren. Die aktuelle Strichstärke kann mit set_line_width, die aktuelle Zeichenfarbe mit set_color gesetzt werden. Ferner kann der Beschriftungsstil der Koordinatenachsen mit set_font verändert werden.

Der Parameter ScaleFac beeinflusst die Anzahl der Stützstellen, mit der die ellipsenförmigen Konturen der Kalibrierkörpermarken approximiert werden. Die Erhöhung der Stützstellenanzahl ist sinnvoll, wenn der Bildbereich im Ausgabefenster vergrößert dargestellt wird (vgl. set_part).

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster, in dem die Kalibrierplatte visualisiert werden soll.

▷ **CalPlateDescr** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Dateiname der Kalibrierkörperbeschreibungsdatei.
Default: 'calplate_320.cpd'
Werteliste: CalPlateDescr ∈ {'calplate_5mm.cpd', 'calplate_10mm.cpd', 'calplate_20mm.cpd', 'calplate_40mm.cpd', 'calplate_80mm.cpd', 'calplate_160mm.cpd', 'calplate_320mm.cpd', 'calplate_640mm.cpd', 'calplate_1200mm.cpd', 'calplate_20mm_dark_on_light.cpd', 'calplate_40mm_dark_on_light.cpd', 'calplate_80mm_dark_on_light.cpd', 'caltab_650um.descr', 'caltab_2500um.descr', 'caltab_6mm.descr', 'caltab_10mm.descr', 'caltab_30mm.descr', 'caltab_100mm.descr', 'caltab_200mm.descr', 'caltab_800mm.descr', 'caltab_small.descr', 'caltab_big.descr'}
Dateiendung: .cpd, .descr

▷ **CameraParam** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
Interne Kameraparameter.

▷ **CalPlatePose** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
externe Kameraparameter (3D-Lage des Kalibrierkörpers in Kamerakoordinaten).
Parameteranzahl: 7

▷ **ScaleFac** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Skalierungsfaktor für Darstellung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: ScaleFac ∈ {0.5, 1.0, 2.0, 3.0}
Empfohlene Schrittweite: 0.05
Restriktion: 0.0 < ScaleFac

Beispiel

```
* Read image of calibration plate.
read_image (Image, 'calib/calib_single_camera_01')
get_image_size (Image, Width, Height)
* Create and setup the calibration model.
create_calib_data ('calibration_object', 1, 1, CalibDataID)
CalPlateDescr := 'calplate_80mm.cpd'
set_calib_data_calib_object (CalibDataID, 0, CalPlateDescr)
CamParam := ['area_scan_division', 0.008, -1500, 3.7e-6, 3.7e-6, \
             640, 470, 1292, 964]
set_calib_data_cam_param (CalibDataID, 0, [], CamParam)
* Localize calibration plate in the image.
find_calib_object (Image, CalibDataID, 0, 0, 0, [], [])
get_calib_data_observ_pose (CalibDataID, 0, 0, 0, StartPose)
* Display calibration plate.
disp_caltab (WindowHandle, CalPlateDescr, CamParam, StartPose, 1)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `disp_caltab` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`camera_calibration`, `read_cam_par`, `read_pose`

Siehe auch

`find_marks_and_pose`, `camera_calibration`, `sim_caltab`, `write_cam_par`, `read_cam_par`, `create_pose`, `write_pose`, `read_pose`, `project_3d_point`, `get_line_of_sight`

Modul

Foundation

find_calib_object (Image : : CalibDataID, CameraIdx, CalibObjIdx, CalibObjPoseIdx, GenParamName, GenParamValue :)

Finden der HALCON-Kalibrierplatte im Bild, Extrahieren der Kalibriermarken sowie Speichern der extrahierten Daten im Kalibrierdatenmodell.

`find_calib_object` sucht im Bild `Image` nach einer HALCON-Kalibrierplatte, welche der Beschreibung des Kalibrierobjekts `CalibObjIdx` im Kalibrierdatenmodell `CalibDataID` entspricht. Wird die Kalibrierplatte gefunden, extrahiert `find_calib_object` die Mittelpunkte und die Konturen der Kalibriermarken und schätzt die 3D-Pose der Kalibrierplatte relativ zur beobachtenden Kamera `CameraIdx`. Diese Daten werden im Kalibrierdatenmodell für die Ansicht `CalibObjPoseIdx` des Kalibrierkörpers gespeichert. Um ein erfolgreiches Auffinden zu ermöglichen, muss mindestens ein Suchmuster vollständig im Bild sichtbar sein. Bei Kalibrierplatten mit hexagonaler Markenanordnung ist dies ein Hexagon von Marken, das vier oder sechs Marken mit einem Loch enthält, während es bei Kalibrierplatten mit rechteckiger Markenanordnung der Rahmen mit Dreieck in einer Ecke ist.

Vorbereitung der Eingabedaten

Bevor der Operator `find_calib_object` aufgerufen werden kann, muss zunächst ein Kalibrierdatenmodell definiert werden. Dabei müssen die folgenden Schritte durchgeführt werden:

1. **Erstellen des Kalibrierdatenmodells** mit dem Operator `create_calib_data`, wobei die Anzahl der Kameras und die Anzahl der Kalibrierkörper im Modell festgelegt werden.

2. **Definieren des Kameratyps und der internen Kameraparameter** für alle Kameras mit dem Operator `set_calib_data_cam_param`. Dabei ist zu beachten, dass nur Kameras vom gleichen Typ in einem Aufbau kalibriert werden können.
3. **Definieren der Kalibrierkörperbeschreibung** für alle Kalibrierkörper mit dem Operator `set_calib_data_calib_object`. Dabei ist zu beachten, dass für einen erfolgreichen Aufruf von `find_calib_object` eine gültige Beschreibungsdatei der Kalibrierplatte benötigt wird. Diese Beschreibungsdatei muss zuvor über `set_calib_data_calib_object` gesetzt werden. Die Verwendung eines benutzerdefinierten Kalibrierkörpers kann dementsprechend nur über den Operator `set_calib_data_observ_points` erfolgen.

Sammeln von Beobachtungen

`find_calib_object` sammelt Beobachtungen und speichert diese im Kalibrierdatenmodell (siehe `set_calib_data_observ_points` für eine Beschreibung der Kalibrierdatenbeobachtungen). Darüber hinaus speichert er zusätzliche Informationen für die Beobachtungen, welche dem Modell nicht mit `set_calib_data_observ_points` zugefügt werden können und abhängig von der verwendeten Kalibrierplatte sind. Während für Kalibrierplatten mit rechteckiger Markenanordnung (siehe `gen_caltab`) der Rand der Kalibrierplatte den Beobachtungen hinzugefügt wird, wird bei Kalibrierplatten mit hexagonalem Muster (siehe `create_caltab`) eines der Suchmuster gespeichert. Zusätzlich werden unabhängig von der verwendeten Kalibrierplatte die Konturen der einzelnen Marken dem Kalibrierdatenmodell zugeführt.

Setzen zusätzlicher Parameter

Bei **Kalibrierplatten mit hexagonaler Markenanordnung** kann mit `GenParamName` und `GenParamValue` folgender, zusätzlicher Parameter gesetzt werden:

'sigma': Glättungsfaktor für die Extraktion der Markenkonturen. Je größer der Wert für *'sigma'* ist, umso größer ist die Filterbreite und damit das Einzugsgebiet des Filters (siehe auch `edges_sub_pix` für den Einfluss der Filterbreite bei Canny-Filterung).

Wertevorschläge: *0.5*, *0.7*, *0.9*, *1.0*, *1.2*, *1.5*

Default: *1.0*

Für **Kalibrierplatten mit rechteckiger Markenanordnung** entspricht `find_calib_object` der Operatorfolge `find_caltab`, `find_marks_and_pose` und `set_calib_data_observ_points`. Für diese Kalibrierplatten können mit `GenParamName` und `GenParamValue` die folgenden Parameter gesetzt werden:

'alpha': Glättungsfaktor für die Extraktion der Markenkonturen. Je größer der Wert für *'alpha'* ist, umso kleiner ist die Filterbreite und damit das Einzugsgebiet des Filters (siehe auch `edges_sub_pix` für den Einfluss der Filterbreite bei Lanser2-Filterung).

Wertevorschläge: *0.5*, *0.7*, *0.9*, *1.0*, *1.2*, *1.5*

Default: *0.9*

'gap_tolerance': Toleranzfaktor für den Abstand zwischen einzelnen Marken. Falls die Marken dichter aneinander erscheinen als erwartet, kann *'gap_tolerance'* < *1.0* gesetzt werden, um zu vermeiden, dass Störungsmuster außerhalb der Kalibrierplatte mit der Kalibrierplatte assoziiert werden. Dies ist z.B. dann sinnvoll, wenn der Hintergrund Muster aufweist, die den Kalibriermarken ähneln. Wenn die Abstände zwischen einzelnen Marken sehr stark variieren, z.B., wenn die Platte stark perspektivisch verzerrt im Bild erscheint, kann man *'gap_tolerance'* > *1.0* setzen und so auch die Gruppierung über größere Distanzen ermöglichen. (siehe auch `find_caltab`)

Wertevorschläge: *0.75*, *0.9*, *1.0*, *1.1*, *1.2*, *1.5*

Default: *1.0*

'max_diam_marks': Maximal erwarteter Durchmesser der Marken (intern benötigt von `find_marks_and_pose`). Standardmäßig wird dieser Wert durch einen vorhergehenden internen Aufruf von `find_caltab` geschätzt. Wenn allerdings die Schätzung fehlerhaft ist, der interne Aufruf von `find_caltab` scheitert oder übersprungen wird (siehe *'skip_find_caltab'*), kann eine separate Anpassung dieses Parameterwerts notwendig sein.

Wertevorschläge: *50.0*, *100.0*, *150.0*, *200.0*, *300.0*

'skip_find_caltab': Überspringen des internen Aufrufs von `find_caltab`. Wenn *'skip_find_caltab'*=*'true'*, wird nur die Bildregion des Bildes `Image` zum Begrenzen der Markensuche in `find_marks_and_pose` berücksichtigt. Über diesen Mechanismus kann ein benutzerdefiniertes Suchen der Kalibrierkörperregion nach

Bedarf implementiert werden. Der Suchbereich ist dann mit dem Operator `reduce_domain` vor dem Aufruf von `find_calib_object` einzuschränken.
Werteliste: *'false'*, *'true'*
Default: *'false'*

Wir empfehlen, bei Nutzung einer HALCON-Kalibrierplatte als Kalibrierkörper möglichst immer den Operator `find_calib_object` zu verwenden, da dieser im Gegensatz zu `set_calib_data_observ_points` auch die Konturen der Kalibriermarken im Kalibrierdatenmodell speichert und dadurch eine genauere Kalibrierung mit dem Operator `calibrate_cameras` ermöglicht.

Nach einem erfolgreichen Aufruf von `find_calib_object` können die extrahierten Punkte und Konturen mit dem Operator `get_calib_data_observ_points` bzw. `get_calib_data_observ_contours` abgefragt werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **CalibDataID** (input_control) ..... calib_data ⇝ *handle*
  Handle des Kalibrierdatenmodells.
- ▷ **CameraIdx** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
  Index der beobachtenden Kamera.
  Default: 0
  Wertevorschläge: `CameraIdx` ∈ {0, 1, 2}
- ▷ **CalibObjIdx** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
  Index des beobachteten Kalibrierkörpers.
  Default: 0
  Wertevorschläge: `CalibObjIdx` ∈ {0, 1, 2}
- ▷ **CalibObjPoseIdx** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
  Index der beobachteten Pose.
  Default: 0
  Wertevorschläge: `CalibObjPoseIdx` ∈ {0, 1, 2}
  Restriktion: CalibObjPoseIdx >= 0
- ▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'gap_tolerance', 'alpha', 'sigma', 'max_diam_marks', 'skip_find_caltab'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value-array ⇝ *string* / real / integer
  Werte der generischen Parameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0.5, 0.9, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 'true', 'false'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- CalibDataID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`read_image`, `find_marks_and_pose`, `set_calib_data_cam_param`, `set_calib_data_calib_object`

Nachfolger

`set_calib_data`, `calibrate_cameras`

Alternativen

find_caltab, find_marks_and_pose, set_calib_data_observ_points

Modul

Calibration

find_caltab (Image : CalPlate : CalPlateDescr, SizeGauss, MarkThresh, MinDiamMarks :)

Segmentieren der Region einer Standard-Kalibrierplatte mit rechteckiger Markenanordnung im Bild.

find_caltab bestimmt die Region einer Standard-Kalibrierplatte mit runden Marken im übergebenen Bild Image. Die gesuchte Region muss einer Standard-Kalibrierplatte mit rechteckiger Markenanordnung entsprechen, welche in der Datei CalPlateDescr spezifiziert ist. Die segmentierte Region wird in CalPlate zurückgeliefert. Der Operator bietet zwei Algorithmen an. Wenn man jeweils einen passenden Integerwert im Parameter SizeGauss, MarkThresh und MinDiamMarks übergibt, wird der *Standardalgorithmus* aufgerufen. Wenn man eine Liste mit Parameternamen und -werten in SizeGauss bzw. MarkThresh übergibt (oder auch nur zwei leere Tupel) wird der *erweiterte Algorithmus* aufgerufen. In diesem Fall wird der Parameter MinDiamMarks ignoriert.

Standardalgorithmus

Zunächst wird das Bild geglättet (vgl. gauss_image). Die Größe der verwendeten Filtermaske wird dabei durch SizeGauss eingestellt. Anschließend wird ein Schwellenwertoperator (vgl. threshold) mit minimalem Grauwert MarkThresh angewandt. Unter den extrahierten zusammenhängenden Regionen wird nun eine möglichst konvexe Region mit annähernd korrekter Anzahl von Löchern (entsprechend den dunklen Marken) gesucht. Um Rauschen zu unterdrücken, werden kleine Löcher mit geringerem Durchmesser als die erwartete Markengröße MinDiamMarks zuvor eliminiert. Die Anzahl der Kalibrierkörpermarken wird der Beschreibungsdatei CalPlateDescr des Kalibrierkörpers entnommen. Die komplette Erklärung dieser Datei ist bei der Beschreibung von gen_caltab zu finden.

Erweiterter Algorithmus

Zunächst wird eine Bildpyramide von Image erstellt. Beginnend mit der höchsten Pyramidenebene werden runde Regionen anhand eines dynamischen Schwellenwerts segmentiert. Anschließend werden sie abhängig von ihrem gegenseitigen Abstand gruppiert. Falls die Anzahl der Kandidaten für die Kalibrierkörpermarken in einer Gruppe die Soll-Anzahl genau erreicht, wird die Suche unterbrochen. Der umschließende helle Bereich wird segmentiert und als Treffer in CalPlate zurückgegeben.

Durch die Bildpyramide ist die Suche unabhängig von der Bild- und Markengröße. Außerdem ist der Algorithmus durch die Regionensegmentierung mithilfe eines dynamischen Schwellenwerts robust gegenüber einer schlechten oder ungleichmäßigen Beleuchtung. Deswegen sind in der Regel, anders als bei dem Standardalgorithmus, keine Parameter nötig. Sind dennoch Anpassungen erwünscht, können ausgewählte Parameter in SizeGauss und ihre Werte in MarkThresh gesetzt werden. Derzeit ist der folgende Parameter verfügbar:

'gap_tolerance': Toleranzfaktor für den Abstand zwischen einzelnen Marken. Falls die Marken dichter aneinander erscheinen als erwartet, kann man *'gap_tolerance' < 1.0* setzen, um zu vermeiden, dass Störungsmuster außerhalb der Kalibrierplatte mit der Kalibrierplatte assoziiert werden. Dies ist z.B. dann sinnvoll, wenn die Platte gekippt aufgenommen wird und der Hintergrund Muster aufweist, die den Kalibriermarken ähneln. Wenn die Abstände zwischen einzelnen Marken sehr stark variieren, z.B., wenn die Platte stark perspektivisch verzerrt im Bild erscheint, kann man *'gap_tolerance' > 1.0* setzen und so auch die Gruppierung über größere Distanzen ermöglichen.

Wertevorschläge: *0.75*, *0.9*, *1.0*, *1.1*, *1.2*, *1.5*

Default: *1.0*

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **CalPlate** (output_object) ..... region ⇝ *object*
  Ausgaberegion.

▷ **CalPlateDescr** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Dateiname der Kalibrierkörperbeschreibungsdatei.
Default: 'caltab_100.descr'
Werteliste: `CalPlateDescr` ∈ {'caltab_650um.descr', 'caltab_2500um.descr', 'caltab_6mm.descr', 'caltab_10mm.descr', 'caltab_30mm.descr', 'caltab_100mm.descr', 'caltab_200mm.descr', 'caltab_800mm.descr', 'caltab_small.descr', 'caltab_big.descr'}
Dateiendung: `.descr`

▷ **SizeGauss** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer* / string
Filtergröße.
Default: 3
Werteliste: `SizeGauss` ∈ {0, 3, 5, 7, 9, 11, 'gap_tolerance'}

▷ **MarkThresh** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer* / real
Schwellenwert zur Markenextraktion.
Default: 112
Wertevorschläge: `MarkThresh` ∈ {48, 64, 80, 96, 112, 128, 144, 160, 0.5, 0.9, 1.0, 1.1, 1.5}

▷ **MinDiamMarks** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Erwarteter Mindestdurchmesser der Kalibrierkörpermarken.
Default: 5
Wertevorschläge: `MinDiamMarks` ∈ {3, 5, 9, 15, 30, 50, 70}

Beispiel

```
* Read calibration image.
read_image(Image, 'calib/calib_distorted_01')
* Find calibration pattern.
find_caltab(Image, CalPlate, 'caltab_100mm.descr', 3, 112, 5)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und findet `find_caltab` eine passende Bildregion, dann liefert `find_caltab` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (kein Eingabebild vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` und das bei leerer Ergebnisregion mit `set_system(::'store_empty_region',<'true'/'false'>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`read_image`

Nachfolger

`find_marks_and_pose`

Siehe auch

`find_marks_and_pose`, `camera_calibration`, `disp_caltab`, `sim_caltab`, `caltab_points`, `gen_caltab`

Modul

Foundation

find_marks_and_pose (Image, CalPlateRegion : : CalPlateDescr, StartCamParam, StartThresh, DeltaThresh, MinThresh, Alpha, MinContLength, MaxDiamMarks : RCoord, CCoord, StartPose)

Extrahieren der rechteckig angeordneten 2D-Kalibriermarken aus dem Bild und Bestimmen der Startwerte für die externen Kameraparameter.

find_marks_and_pose dient zur Berechnung der Eingabedaten für eine nachfolgende Kalibrierung mit einer Kalibrierplatte mit rechteckiger Markenanordnung (vgl. Kalibrierung oder camera_calibration): Zum einen werden die 2D-Mittelpunkte [RCoord,CCoord] der Kalibrierkörpermarken innerhalb der Region CalPlateRegion im Bild Image extrahiert und geordnet. Außerdem wird eine grobe Schätzung für die externen Kameraparameter (StartPose) berechnet, d.h. für die 3D-Lage (= Position und Orientierung, Pose) des Kalibrierkörpers im Kamerakoordinatensystem (siehe create_pose für Information zu 3D-Lagen).

Innerhalb der Region CalPlateRegion, die beispielsweise von dem Operator find_caltab detektiert wurde, im Eingabebild Image wird ein Kantenoperator angewendet, vgl. Operator edges_image, Modus 'lanser2'. Der Filterparameter für diese Kantendetektion ist über Parameter Alpha einstellbar. Um eine stärkere Glättung zu erreichen, muss ein kleinerer Wert für Alpha verwendet werden. Im Kantenbild werden geschlossene Konturen gesucht, deren Anzahl gerade derjenigen aus der Kalibrierkörperbeschreibungsdatei CalPlateDescr entspricht und die ein ellipsenförmiges Aussehen besitzen. Konturen, die kürzer als MinContLength sind, werden dabei verworfen, ebenso Konturen, die eine Bildregion mit einem Durchmesser größer als MaxDiamMarks umschließen (also z.B. die Umrandung des Kalibrierkörpers selbst). Zur Kontursuche im Kantenbild wird ein Schwellenwertoperator angewandt, der die hellen Bereiche im Amplitudenbild des Kantenoperators segmentiert. Zunächst wird der Schwellenwert auf den Wert StartThresh gesetzt. Schlägt die Suche nach den Konturen bzw. die nachfolgende Schätzung der Kameralage fehl, wird der Schwellenwert sukzessive um DeltaThresh bis minimal auf den Wert MinThresh erniedrigt.

Jede der gefundenen Konturen wird subpixelgenau verfeinert (vgl. edges_sub_pix) und anschließend vermöge eines Ausgleichsverfahrens durch eine Ellipse approximiert. Die Mittelpunkte dieser Ellipsen stellen eine gute Näherung der gesuchten 2D-Bildkoordinaten [RCoord,CCoord] der Kalibrierkörpermarkenmittelpunkte dar. Die Reihenfolge der einzelnen Werte innerhalb dieser beiden Tupel erfolgt zeilenweise von links oben nach rechts unten im Bild und muss unbedingt mit der Reihenfolge der 3D-Koordinaten der Marken in der Kalibrierkörperbeschreibungsdatei CalPlateDescr übereinstimmen, da so die Korrespondenzen zwischen den extrahierten Bild- und den bekannten Modellmarken (gegeben durch caltab_points) festgelegt werden! Wenn in einer Ecke der Platte eine dreieckige Marke durch die Beschreibungsdatei CalPlateDescr definiert ist (siehe gen_caltab), wird zusätzlich die Orientierung der Platte ermittelt. Die Bild-Modell-Zuordnung der Punkte beginnt dann mit der Eckmarke des Modells im negativen Quadranten (links oben) und wird zeilenweise von links oben nach rechts unten fortgesetzt.

Aus den Ellipsenparametern der einzelnen Marken wird abschließend noch eine grobe Schätzung für die externen Kameraparameter berechnet. Dazu werden die aufgestellten Korrespondenzen zwischen den extrahierten Bild- und den bekannten Modellmarken verwendet, die sich durch die Reihenfolge der Markenpunkte in [RCoord,CCoord] bzw. in der Datei CalPlateDescr ergeben. Die Schätzung StartPose beschreibt die Lage (Pose) des Kalibrierkörpers im Kamerakoordinatensystem, wie sie als Startwert für die Kamerakalibrierung durch den Operator camera_calibration benötigt wird.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object* : byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **CalPlateRegion** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Kalibrierkörperregion.
- ▷ **CalPlateDescr** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
  Dateiname der Kalibrierkörperbeschreibung.
  Default: 'caltab_100.descr'
  Werteliste: CalPlateDescr ∈ {'caltab_650um.descr', 'caltab_2500um.descr', 'caltab_6mm.descr', 'caltab_10mm.descr', 'caltab_30mm.descr', 'caltab_100mm.descr', 'caltab_200mm.descr', 'caltab_800mm.descr', 'caltab_small.descr', 'caltab_big.descr'}
  Dateiendung: .descr
- ▷ **StartCamParam** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Startwerte für die internen Kameraparameter.
- ▷ **StartThresh** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
  Startschwellenwert zur Konturdetektion.
  Default: 128
  Wertevorschläge: StartThresh ∈ {80, 96, 112, 128, 144, 160}
  Restriktion: StartThresh > 0

▷ **DeltaThresh** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Schleifenwert zur Verkleinerung von StartThresh.
Default: 10
Wertevorschläge: DeltaThresh ∈ {6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22}
Restriktion: DeltaThresh > 0

▷ **MinThresh** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Minimaler Schwellenwert zur Konturdetektion.
Default: 18
Wertevorschläge: MinThresh ∈ {8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22}
Restriktion: MinThresh > 0

▷ **Alpha** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Filterparameter zur Konturdetektion, vgl. edges_image.
Default: 0.9
Wertevorschläge: Alpha ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1}
Wertebereich: 0.2 ≤ Alpha ≤ 2.0
Restriktion: Alpha > 0.0

▷ **MinContLength** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Minimale Länge der Markenkonturen.
Default: 15.0
Wertevorschläge: MinContLength ∈ {10.0, 15.0, 20.0, 30.0, 40.0, 100.0}
Restriktion: MinContLength > 0.0

▷ **MaxDiamMarks** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximal erwarteter Markendurchmesser.
Default: 100.0
Wertevorschläge: MaxDiamMarks ∈ {50.0, 100.0, 150.0, 200.0, 300.0}
Restriktion: MaxDiamMarks > 0.0

▷ **RCoord** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Tupel aller detektierten Zeilen-Koordinaten (in Pixel).

▷ **CCoord** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Tupel aller detektierten Spalten-Koordinaten (in Pixel).

▷ **StartPose** (output_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Schätzung für die externen Kameraparameter.
Parameteranzahl: 7

Beispiel

```
* Read calibration image.
read_image(Image, 'calib/calib_distorted_01')
* Find calibration pattern.
find_caltab(Image,CalPlate, 'caltab_100mm.descr', 3, 112, 5)
* Find calibration marks and start pose.
find_marks_and_pose(Image, CalPlate, 'caltab_100mm.descr' , \
                    ['area_scan_division', 0.008, 0.0, \
                     0.000011, 0.000011, 384, 288, 640, 512], \
                    128, 10, 18, 0.9, 15.0, 100.0, RCoord, CCoord, StartPose)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und konnte eine Schätzung für die externen Kameraparameter bestimmt werden, dann liefert find_marks_and_pose den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

find_caltab

Nachfolger

camera_calibration

Siehe auch

find_caltab, camera_calibration, disp_caltab, sim_caltab, read_cam_par, read_pose, create_pose, pose_to_hom_mat3d, caltab_points, gen_caltab, edges_sub_pix, edges_image

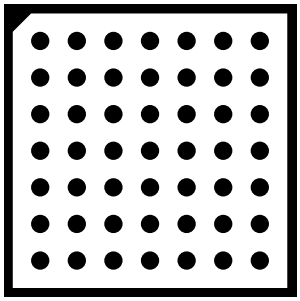
Modul

Foundation

gen_caltab (: : XNum, YNum, MarkDist, DiameterRatio, CalPlateDescr, CalPlatePSFile :)

Erzeugen der Kalibrierkörperbeschreibungsdatei und der passenden PostScript-Datei für eine Kalibrierplatte mit rechteckiger Markenanordnung.

gen_caltab erzeugt die Beschreibung eines planaren Standard-Kalibrierkörpers für HALCON mit rechteckiger Markenanordnung. Der Kalibrierkörper hat XNum mal YNum schwarze, runde Marken auf weißem Grund, die von einem schwarzen Rahmen umrandet sind.



Ein Standard-HALCON-Kalibrierkörper mit rechteckiger Markenanordnung

Die Marken sind in einem rechteckigen Gitter mit YNum und XNum äquidistanten Zeilen und Spalten angeordnet. Den Abstand zwischen diesen Zeilen und Spalten legt der Parameter MarkDist in Metern fest. Der Durchmesser der kreisförmigen Marken kann durch den Parameter DiameterRatio beeinflusst werden und ist über die Gleichung $\texttt{Diameter} = \texttt{MarkDist} \cdot \texttt{DiameterRatio}$ definiert. Wird nun beispielsweise ein Markenabstand von 0.01 m verwendet und das Verhältnis von Markendurchmesser zu Markenabstand auf 0.5 gesetzt, so umfasst der äußere schwarze Rand 8 cm und der Radius einer einzelnen Marke beträgt 2.5 mm. Das Kalibrierkörperkoordinatensystem ist im Mittelpunkt der Kalibrierkörperoberfläche platziert, die z-Achse zeigt in den Kalibrierkörper hinein, die x-Achse nach rechts und die y-Achse nach unten.

Der schwarze Rahmen der Kalibrierplatte enthält in der linken oberen Ecke eine dreieckige schwarze Orientierungsmarkierung, mit welcher die Lage der Kalibrierplatte eindeutig bestimmt werden kann. Die Breite und die Höhe der generierten Kalibrierplatte lassen sich mit den folgenden Formeln ermitteln:

$\texttt{Width} = \texttt{MarkDist} \cdot (\texttt{XNum} + 1)$

$\texttt{Height} = \texttt{MarkDist} \cdot (\texttt{YNum} + 1)$

Die Datei CalPlateDescr enthält die eigentliche Kalibrierkörperbeschreibung, d.h. die Anzahl der Zeilen und Spalten des Kalibrierkörpers, die Geometrie des Rahmens (vgl. find_caltab) und der dreieckigen Orientierungsmarke, eine Verschiebung des Koordinatensystems zur Plattenoberfläche in z-Richtung und die Koordinaten und den Radius aller Kalibrierkörpermarken im Kalibrierkörperkoordinatensystem. Die Definition der Orientierungsmarke t und des Offsets z ist optional und kann auskommentiert werden. Die Dateiendung für die Kalibrierkörperbeschreibung ist in HALCON 'descr'. Eine solche Datei hat z.B. folgendes Aussehen (Kommentare werden durch ein '#' am Zeilenanfang markiert):

```
\# Plate Description Version 2
\# HALCON Version 7.1 --  Fri Jun 24 16:41:00 2005
```

```
\# Description of the standard calibration plate
\# used for the camera calibration in HALCON
\# (generated by gen\_caltab)
\#
\#
\# 7 rows x 7 columns
\# Width, height of the black frame [meter]: 0.1, 0.1
\# Distance between mark centers [meter]: 0.0125

\# Number of marks in y-dimension (rows)
r 7

\# Number of marks in x-dimension (columns)
c 7

\#   offset of coordinate system in z-dimension [meter] (optional):
z 0

\# Rectangular border (rim and black frame) of calibration plate
\#   rim of the calibration plate (min x, max y, max x, min y) [meter]:
o -0.05125 0.05125 0.05125 -0.05125
\#   outer border of the black frame (min x, max y, max x, min y) [meter]:

i -0.05 0.05 0.05 -0.05
\#   triangular corner mark given by two corner points (x,y, x,y) [meter]
\#   (optional):
t -0.05 -0.0375 -0.0375 -0.05

\#   width of the black frame [meter]:
w 0.003125

\# calibration marks:  x y radius [meter]

\# calibration marks at y = -0.0375 m
-0.0375 -0.0375 0.003125
-0.025 -0.0375 0.003125
-0.0125 -0.0375 0.003125
-3.46945e-018 -0.0375 0.003125
0.0125 -0.0375 0.003125
0.025 -0.0375 0.003125
0.0375 -0.0375 0.003125

\# calibration marks at y = -0.025 m
-0.0375 -0.025 0.003125
-0.025 -0.025 0.003125
-0.0125 -0.025 0.003125
-3.46945e-018 -0.025 0.003125
0.0125 -0.025 0.003125
0.025 -0.025 0.003125
0.0375 -0.025 0.003125

\# calibration marks at y = -0.0125 m
-0.0375 -0.0125 0.003125
-0.025 -0.0125 0.003125
-0.0125 -0.0125 0.003125
-3.46945e-018 -0.0125 0.003125
0.0125 -0.0125 0.003125
0.025 -0.0125 0.003125
0.0375 -0.0125 0.003125
```

```
\# calibration marks at y = -3.46945e-018 m
-0.0375 -3.46945e-018 0.003125
-0.025 -3.46945e-018 0.003125
-0.0125 -3.46945e-018 0.003125
-3.46945e-018 -3.46945e-018 0.003125
0.0125 -3.46945e-018 0.003125
0.025 -3.46945e-018 0.003125
0.0375 -3.46945e-018 0.003125

\# calibration marks at y = 0.0125 m
-0.0375 0.0125 0.003125
-0.025 0.0125 0.003125
-0.0125 0.0125 0.003125
-3.46945e-018 0.0125 0.003125
0.0125 0.0125 0.003125
0.025 0.0125 0.003125
0.0375 0.0125 0.003125

\# calibration marks at y = 0.025 m
-0.0375 0.025 0.003125
-0.025 0.025 0.003125
-0.0125 0.025 0.003125
-3.46945e-018 0.025 0.003125
0.0125 0.025 0.003125
0.025 0.025 0.003125
0.0375 0.025 0.003125

\# calibration marks at y = 0.0375 m
-0.0375 0.0375 0.003125
-0.025 0.0375 0.003125
-0.0125 0.0375 0.003125
-3.46945e-018 0.0375 0.003125
0.0125 0.0375 0.003125
0.025 0.0375 0.003125
0.0375 0.0375 0.003125
```

Die Datei `CalPlatePSFile` enthält die korrespondierende PostScript-Beschreibung des Kalibrierkörpers.

Achtung

Je nach der erzielten Genauigkeit des verwendeten Ausgabegeräts (z.B. Laserdrucker) stimmt der ausgedruckte Kalibrierkörper nicht genau mit der Kalibrierkörperbeschreibungsdatei `CalPlateDescr` überein. Es müssen daher ggf. die Koordinaten der Kalibrierkörpermarken in der Kalibrierkörperbeschreibungsdatei an die realen Maße angepasst werden!

Parameter

▷ **XNum** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Marken in X-Richtung.
Default: 7
Wertevorschläge: XNum ∈ {5, 7, 9}
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: XNum > 1

▷ **YNum** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Marken Y-Richtung.
Default: 7
Wertevorschläge: YNum ∈ {5, 7, 9}
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: YNum > 1

▷ **MarkDist** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Abstand der Marken in Meter.
Default: 0.0125
Wertevorschläge: MarkDist ∈ {0.1, 0.0125, 0.00375, 0.00125}
Restriktion: 0.0 < MarkDist

▷ **DiameterRatio** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Verhältnis des Markendurchmessers zum Markenabstand.
Default: 0.5
Wertevorschläge: DiameterRatio ∈ {0.5, 0.55, 0.6, 0.65}
Restriktion: 0.0 < DiameterRatio < 1.0

▷ **CalPlateDescr** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Dateiname der Kalibrierkörperbeschreibungsdatei.
Default: 'caltab.descr'
Werteliste: CalPlateDescr ∈ {'caltab.descr'}
Dateiendung: .descr

▷ **CalPlatePSFile** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Dateiname der PostScript-Datei.
Default: 'caltab.ps'
Dateiendung: .ps

Beispiel

```
* Create calibration plate with width = 80 cm.
gen_caltab( 7, 7, 0.1, 0.5, 'caltab.descr', 'caltab.ps')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und konnten beide Dateien erfolgreich geschrieben werden, dann liefert gen_caltab den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

read_cam_par, caltab_points

Alternativen

create_caltab

Siehe auch

find_caltab, find_marks_and_pose, camera_calibration, disp_caltab, sim_caltab

Modul

Foundation

sim_caltab (: SimImage : CalPlateDescr, CameraParam, CalPlatePose, GrayBackground, GrayPlate, GrayMarks, ScaleFac :)

Simulieren eines Bildes mit Kalibrierkörper.

sim_caltab dient der Simulation eines Kalibrierbildes. Dazu wird die Kalibrierkörperbeschreibung aus der Datei CalPlateDescr eingelesen und die darin enthaltende 3D-Beschreibung mit Hilfe der angegebenen Kameraparameter, d.h., den internen Kameraparametern CameraParam und externen Kameraparametern CalPlatePose, auf die Bildebene projiziert (vgl. project_3d_point). Die 3D-Lage CalPlatePose wird in der Form ${}^{ccs}\mathbf{P}_{wcs}$ erwartet. Dabei steht *ccs* für das Kamerakoordinatensystem und *wcs* für das Weltkoordinatensystem (siehe auch Transformationen / Posen und „Solution Guide III-C - 3D Vision").

In dem simulierten Bild ist nur der Kalibrierkörper abgebildet. Der Bildhintergrund wird mit dem Grauwert GrayBackground, der Hintergrund des Kalibrierkörpers mit GrayPlate und die Kalibrierkörpermarken werden mit GrayMarks belegt. Der Parameter ScaleFac beeinflusst die Anzahl der Stützstellen, mit der die ellipsenförmigen Konturen der Kalibrierkörpermarken approximiert werden (vgl. disp_caltab). Die Erhöhung der Stützstellenanzahl bewirkt daher eine genauere Bestimmung der Markenbegrenzung, erhöht aber gleichzeitig die Rechenzeit. Für jedes Pixel des simulierten Bildes, das eine solche subpixelgenaue Markenbegrenzung berührt, wird der Grauwert linear zwischen GrayMarks und GrayPlate anhand des Verhältnisses Innerhalb/Außerhalb gesetzt.

Mit dem Operator sim_caltab lassen sich synthetische Kalibrierbilder (mit bekannten Kameraparametern!) erzeugen, mit denen man die Güte des Kalibrieralgorithmus (vgl. Kalibrierung) testen kann.

Parameter

- ▷ **SimImage** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte
  Simuliertes Kalibrierbild.
- ▷ **CalPlateDescr** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
  Dateiname der Kalibrierkörperbeschreibungsdatei.
  Default: 'calplate_320mm.cpd'
  Werteliste: CalPlateDescr ∈ {'calplate_5mm.cpd', 'calplate_10mm.cpd', 'calplate_20mm.cpd', 'calplate_40mm.cpd', 'calplate_80mm.cpd', 'calplate_160mm.cpd', 'calplate_320mm.cpd', 'calplate_640mm.cpd', 'calplate_1200mm.cpd', 'calplate_20mm_dark_on_light.cpd', 'calplate_40mm_dark_on_light.cpd', 'calplate_80mm_dark_on_light.cpd', 'caltab_650um.descr', 'caltab_2500um.descr', 'caltab_6mm.descr', 'caltab_10mm.descr', 'caltab_30mm.descr', 'caltab_100mm.descr', 'caltab_200mm.descr', 'caltab_800mm.descr', 'caltab_small.descr', 'caltab_big.descr'}
  Dateiendung: .cpd, .descr
- ▷ **CameraParam** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter.
- ▷ **CalPlatePose** (input_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
  externe Kameraparameter (3D-Lage des Kalibrierkörpers in Kamerakoordinaten).
  Parameteranzahl: 7
- ▷ **GrayBackground** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Hintergrundgrauwert des Bildes.
  Default: 128
  Wertevorschläge: GrayBackground ∈ {0, 32, 64, 96, 128, 160}
  Restriktion: 0 <= GrayBackground <= 255
- ▷ **GrayPlate** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Grauwert der Kalibrierkörperplatte.
  Default: 80
  Wertevorschläge: GrayPlate ∈ {144, 160, 176, 192, 208, 224, 240}
  Restriktion: 0 <= GrayPlate <= 255
- ▷ **GrayMarks** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Grauwert der Kalibrierkörpermarkierungen.
  Default: 224
  Wertevorschläge: GrayMarks ∈ {16, 32, 48, 64, 80, 96, 112}
  Restriktion: 0 <= GrayMarks <= 255
- ▷ **ScaleFac** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Skalierungsfaktor zum Herabsetzen der Überabtastung.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: ScaleFac ∈ {1.0, 0.5, 0.25, 0.125}
  Empfohlene Schrittweite: 0.05
  Restriktion: 1.0 >= ScaleFac

Beispiel

```
* Read calibration image.
read_image(Image1, 'calib-01')
* Find calibration pattern.
CameraType := 'area_scan_division'
```

```
StartCamPar := [CameraType, Focus, Kappa, Sx, Sy, Cx, Cy, \
                ImageWidth, ImageHeight]
create_calib_data ('calibration_object', 1, 1, CalibDataID)
set_calib_data_cam_param (CalibDataID, 0, [], StartCamPar)
set_calib_data_calib_object (CalibDataID, 0, 'calplate.cpd')
find_caltab(Image1, CalPlate1, 'caltab.descr', 3, 112, 5)
* Find calibration marks and initial pose.
find_calib_object (Image1, CalibDataID, 0, 0, 0, [], [])
* Camera calibration.
calibrate_cameras (CalibDataID, Error)
* Simulate calibration image.
get_calib_data (CalibDataID, 'calib_obj_pose', [0, 0], 'pose', FinalPose)
get_calib_data (CalibDataID, 'camera', 0, 'params', CameraParam)
sim_caltab(Image1Sim, 'calplate.cpd', CameraParam, FinalPose, 128, \
           80, 224, 1)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `sim_caltab` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`camera_calibration`, `find_marks_and_pose`, `read_pose`, `read_cam_par`, `hom_mat3d_to_pose`

Nachfolger

`find_caltab`

Siehe auch

`find_caltab`, `find_marks_and_pose`, `camera_calibration`, `disp_caltab`, `create_pose`, `hom_mat3d_to_pose`, `project_3d_point`, `gen_caltab`

Modul

Calibration

15.5 Kameraparameter

`cam_mat_to_cam_par` (: : `CameraMatrix`, `Kappa`, `ImageWidth`, `ImageHeight` : `CameraParam`)

Berechnen der internen Kameraparameter aus einer Kameramatrix.

`cam_mat_to_cam_par` berechnet interne Kameraparameter aus der Kameramatrix `CameraMatrix`, dem radialen Verzeichnungskoeffizienten `Kappa`, der Bildbreite `ImageWidth` und der Bildhöhe `ImageHeight`. Die Kameraparameter werden in `CameraParam` zurückgegeben. Die Parameter `CameraMatrix` und `Kappa` können mit `stationary_camera_self_calibration` bestimmt werden. `cam_mat_to_cam_par` konvertiert diese Darstellung der internen Kameraparameter dann in die Darstellung, die von `camera_calibration` verwendet wird. Dabei kann die Konversion nur erfolgen, falls in `stationary_camera_self_calibration` die Schrägstellung der Bildachsen auf 0 gesetzt wird, also der Parameter *'skew' nicht* bestimmt wird.

Parameter

- ▷ **CameraMatrix** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  3×3 projektive Kameramatrix, die die internen Kameraparameter bestimmt.
- ▷ **Kappa** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Kappa.
- ▷ **ImageWidth** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
  Breite zu CameraMatrix gehörigen Bilder.
  Restriktion: ImageWidth > 0
- ▷ **ImageHeight** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
  Höhe zu CameraMatrix gehörigen Bilder.
  Restriktion: ImageHeight > 0
- ▷ **CameraParam** (output_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter.

Beispiel

```
* For the input data to stationary_camera_self_calibration, please
* refer to the example for stationary_camera_self_calibration.
stationary_camera_self_calibration (4, 640, 480, 1, From, To, \
                                    HomMatrices2D, Rows1, Cols1, \
                                    Rows2, Cols2, NumMatches, \
                                    'gold_standard', \
                                    ['focus','principal_point','kappa'], \
                                    'true', CameraMatrix, Kappa, \
                                    RotationMatrices, X, Y, Z, Error)
cam_mat_to_cam_par (CameraMatrix, Kappa, 640, 480, CameraParam)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert cam_mat_to_cam_par den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

stationary_camera_self_calibration

Siehe auch

camera_calibration, cam_par_to_cam_mat

Modul

Calibration

cam_par_to_cam_mat (: : CameraParam : CameraMatrix, ImageWidth, ImageHeight)

Berechnen einer Kameramatrix aus internen Kameraparametern.

cam_par_to_cam_mat berechnet die Kameramatrix CameraMatrix sowie die Bildbreite ImageWidth und die Bildhöhe ImageHeight aus internen Kameraparametern CameraParam. Die internen Kameraparameter CameraParam können mit camera_calibration bestimmt werden. cam_par_to_cam_mat konvertiert diese Darstellung der internen Kameraparameter dann in die Darstellung, die von stationary_camera_self_calibration verwendet wird. Dabei kann die Konversion nur erfolgen, falls die Kamera eine Lochkamera mit Flächensensor ist und die Verzeichnungskoeffizienten in CameraParam 0 sind. Falls nötig muss change_radial_distortion_cam_par verwendet werden, um die Verzeichnungskoeffizienten auf 0 zu setzen.

Parameter

- ▷ **CameraParam** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter.
- ▷ **CameraMatrix** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  3×3 projektive Kameramatrix, die CameraParam entspricht.
- ▷ **ImageWidth** (output_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
  Breite zu CameraMatrix gehörigen Bilder.
  Zusicherung: ImageWidth > 0
- ▷ **ImageHeight** (output_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
  Höhe zu CameraMatrix gehörigen Bilder.
  Zusicherung: ImageHeight > 0

Beispiel

```
* For the input data to calibrate_cameras, please refer to the
* example for calibrate_cameras.
calibrate_cameras (CalibDataID, Error)
get_calib_data (CalibDataID, 'camera', 0, 'params', CameraParam)
cam_par_to_cam_mat (CameraParam, CameraMatrix, ImageWidth, ImageHeight)

* Alternatively, the following calls can be used.
change_radial_distortion_cam_par ('adaptive', CameraParam, 0, CamParamOut)
cam_par_to_cam_mat (CamParamOut, CameraMatrix, ImageWidth, ImageHeight)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert cam_par_to_cam_mat den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

camera_calibration

Siehe auch

stationary_camera_self_calibration, cam_mat_to_cam_par

Modul

Calibration

deserialize_cam_par (: : SerializedItemHandle : CameraParam)

Deserialisieren von serialisierten internen Kameraparametern.

deserialize_cam_par deserialisiert die internen Kameraparameter, welche mit serialize_cam_par serialisiert wurden (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Die serialisierten Kameraparameter werden in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten Tupel mit dem Handle CameraParam gespeichert.

Parameter

- ▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.
- ▷ **CameraParam** (output_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_cam_par` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_cam_par`

Modul

Foundation

read_cam_par (: : CamParFile : CameraParam)

Lesen von internen Kameraparametern aus einer Datei.

`read_cam_par` liest interne Kameraparameter aus der Datei `CamParFile` ein. Die Datei muss mit `write_cam_par` geschrieben worden sein.

Die Dateiendung für die Kameraparameter ist in HALCON 'dat'.

Die Anzahl der Werte in `CameraParam` richtet sich nach dem Kameratyp. Siehe die Beschreibung von `set_calib_data_cam_param` für eine Liste der Werte und Kalibrierung für detaillierte Informationen über Kameratypen und Kameraparameter.

Parameter

▷ **CamParFile** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Dateiname der Kameraparameterdatei.
Default: 'campar.dat'
Werteliste: `CamParFile` ∈ {'campar.dat', 'campar.initial', 'campar.final'}
Dateiendung: `.dat`

▷ **CameraParam** (output_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
Interne Kameraparameter.

Beispiel

```
* Create sample camera parameters and write them to file.
gen_cam_par_area_scan_division (0.01, -731, 5.2e-006, 5.2e-006, \
                                654, 519, 1280, 1024, CameraParamTmp)
write_cam_par (CameraParamTmp, 'campar_tmp.dat')
* Read internal camera parameters.
read_cam_par('campar_tmp.dat', CameraParam)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und konnte die Datei erfolgreich gelesen werden, dann liefert `read_cam_par` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`find_marks_and_pose`, `sim_caltab`, `gen_caltab`, `disp_caltab`, `camera_calibration`

Siehe auch

`find_caltab`, `find_marks_and_pose`, `camera_calibration`, `disp_caltab`, `sim_caltab`, `write_cam_par`, `write_pose`, `read_pose`, `project_3d_point`, `get_line_of_sight`

Modul

Foundation

serialize_cam_par (: : CameraParam : SerializedItemHandle)

Serialisieren von internen Kameraparametern.

`serialize_cam_par` serialisiert die Daten von internen Kameraparametern (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von `write_cam_par` in eine Datei geschrieben werden. Die Kameraparameter werden in dem Handle `CameraParam` übergeben. Die serialisierten Kameraparameter werden in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und können mit `deserialize_cam_par` wieder deserialisiert werden.

Parameter

- ▷ **CameraParam** (input_control) ..... campar ⇝ *real / integer / string*
  Interne Kameraparameter.
- ▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_cam_par` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_cam_par`

Modul

Foundation

write_cam_par (: : CameraParam, CamParFile :)

Speichern der internen Kameraparameter in eine Datei.

`write_cam_par` schreibt die internen Kameraparameter `CameraParam` in die Datei `CamParFile`.

Die Anzahl der Werte in `CameraParam` richtet sich nach dem Kameratyp. Siehe die Beschreibung von `set_calib_data_cam_param` für eine Liste der Werte und Kalibrierung für detaillierte Informationen über Kameratypen und Kameraparameter.

Die Dateiendung für die Kameraparameter ist in HALCON 'dat'.

Die internen Kameraparameter können später mit dem Operator `read_camera_setup_model` gelesen werden.

Parameter

▷ **CameraParam** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
Interne Kameraparameter.

▷ **CamParFile** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Dateiname der Kameraparameterdatei.
Default: 'campar.dat'
Werteliste: `CamParFile` ∈ {'campar.dat', 'campar.initial', 'campar.final'}
Dateiendung: `.dat`

Beispiel

```
*
* Calibrate the camera.
*
StartCamPar := ['area_scan_division', 0.016, 0, 0.0000074, 0.0000074, \
                326, 247, 652, 494]
create_calib_data ('calibration_object', 1, 1, CalibDataID)
set_calib_data_cam_param (CalibDataID, 0, [], StartCamPar)
set_calib_data_calib_object (CalibDataID, 0, 'caltab_30mm.descr')
NumImages := 10
for I := 1 to NumImages by 1
  read_image (Image, '3d_machine_vision/calib/calib_' + I$'02d')
  find_calib_object (Image, CalibDataID, 0, 0, I, [], [])
  get_calib_data_observ_contours (Caltab, CalibDataID, 'caltab', 0, 0, I)
endfor
calibrate_cameras (CalibDataID, Error)
get_calib_data (CalibDataID, 'camera', 0, 'params', CamParam)
* Write the internal camera parameters to a file.
write_cam_par (CamParam, 'camera_parameters.dat')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und konnte die Datei erfolgreich geschrieben werden, dann liefert `write_cam_par` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`camera_calibration`

Siehe auch

`find_caltab`, `find_marks_and_pose`, `camera_calibration`, `disp_caltab`, `sim_caltab`, `read_cam_par`, `write_pose`, `read_pose`, `project_3d_point`, `get_line_of_sight`

Modul

Foundation

15.6 Mehrbild

Dieses Kapitel beschreibt den Kalibriervorgang für verschiedene Mehrbild-Kameraaufbauten.

Um eine höchstmögliche Messgenauigkeit zu erreichen muss ein Kamerasystem entsprechend kalibriert werden. Im Gegensatz zu einem Kameraaufbau mit einer Kamera gelten für einen Mehrbild-Kameraaufbau einige zusätzliche Anforderungen. Die folgenden Abschnitte enthalten Informationen über die Kalibrierung von Mehrbild-Kameraaufbauten. Für generelle Informationen zur Kalibrierung von Kameras siehe das Kapitel Kalibrierung.

Vorbereitung der Eingabekalibrierdaten

Vor dem Aufruf des Operators `calibrate_cameras` sollten die benötigten Daten im Kalibrierdatenmodell gesammelt werden (wie in Kalibrierung beschrieben). Für Mehrbild-Kameraaufbauten sollten diese zusätzlichen Aspekte berücksichtigt werden:

- Die Anzahl an Kameras und die Anzahl an Kalibrierobjekten für den Aufbau kann mit `create_calib_data` gesetzt werden.
- Beim Spezifizieren des Kameratyps mit `set_calib_data_cam_param` ist zu beachten, dass nur Kameras vom selben Typ (d.h. Flächen- oder Zeilenkameras) in einem einzelnen Aufbau kalibriert werden können.
- Mit `set_calib_data` kann der Kalibriervorgang konfiguriert werden, z.B. durch die Bestimmung der Referenzkamera. Dabei können Posen von Kalibrierobjekten oder auch Parameter sowohl für den gesamten Kameraaufbau als auch für einzelne Kameras gesetzt werden.

Die tatsächliche Kalibrierung durchführen

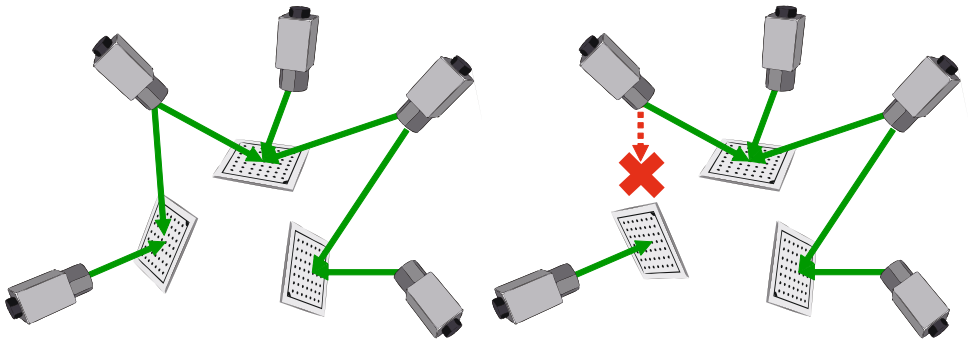
Je nach Kameratypen, welche im Aufbau kalibriert werden, führt `calibrate_cameras` die Kalibrierung auf unterschiedliche Weisen durch. Während sich unterschiedliche Kameraaufbauten zum Teil in ihren Anforderungen an die Bildaufnahme unterscheiden, sind die grundsätzlichen Schritte des Kalibriervorgangs für Aufbauten mit projektiven und/oder telezentrischen Kameras gleich:

1. **Kette von Beobachtungen bilden:** Im ersten Schritt versucht der Operator `calibrate_cameras` eine durchgehende Kette von Beobachtungsposen zu bilden, welche alle Kameras und Kalibrierobjektposen miteinander verbindet. Je nach Kameraaufbau unterscheiden sich die Bedingungen für eine gültige Kette von Posen. Die entsprechenden Anforderungen an die speziellen Aufbauten werden in den entsprechenden Abschnitten unterhalb dieses Paragraphs erläutert.

   Falls eine Kamera nicht erreicht werden kann (d.h. die Kamera beobachtet keine Kalibrierkörperpose, die in der Kette eingegliedert ist), wird der Kalibrierprozess abgebrochen und ein Fehler zurückgegeben. Ansonsten initialisiert der Algorithmus die Posen aller Objekte im Aufbau beim Durchlaufen der Kette.
2. **Erste Optimierung:** In diesem Schritt optimiert `calibrate_cameras` alle Kamera- und Kalibrierkörperposeparameter, die nicht explizit von der Optimierung ausgeschlossen wurden.
3. **Zweite Optimierung:** Hierbei korrigiert der Algorithmus anhand des soweit kalibrierten Kameraaufbaus jene Beobachtungen, die Konturdaten enthalten (siehe `find_calib_object`), und kalibriert den Aufbau zur Berücksichtigung der Korrekturen erneut. Sollten keine Konturbeobachtungsdaten im Modell vorhanden sein, wird dieser Schritt übersprungen.
4. **Berechnung der Qualität der Parameterschätzung:** Im letzten Schritt berechnet `calibrate_cameras` die Standardabweichungen und die Kovarianzen der kalibrierten Kameraparameter.

Die folgenden Abschnitte enthalten weitere Details zur Kalibrierung verschiedener Kameraaufbauten. Außerdem werden Informationen zur Kalibrierung von Zeilenkameras aufgeführt.

Projektive Flächenkameras Für einen Aufbau mit projektiven Flächenkameras wird die Kalibrierung in den oben erläuterten vier Schritten durchgeführt. Im ersten Schritt versucht der Algorithmus dabei eine Kette von Beobachtungsposen zu bilden, welche alle Kameras und Kalibrierobjektposen verbindet (siehe Abbildung).



(1) (2)

(1) Alle Kameras können über eine Kette von Beobachtungen miteinander verbunden werden. (2) Die linke Kamera ist von der Beobachtungskette ausgeschlossen, da die linke Kalibrierplatte von keiner anderen Kamera gesehen wird.

Mögliche projektive Flächenkameras sind:

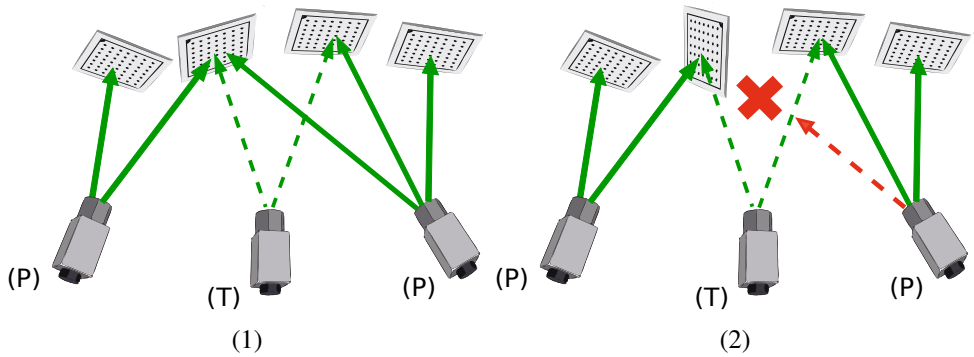
- *'area_scan_division'*
- *'area_scan_polynomial'*
- *'area_scan_tilt_division'*
- *'area_scan_tilt_polynomial'*
- *'area_scan_tilt_image_side_telecentric_division'*
- *'area_scan_tilt_image_side_telecentric_polynomial'*
- *'area_scan_hypercentric_division'*
- *'area_scan_hypercentric_polynomial'*

Telezentrische Flächenkameras Für einen Aufbau mit telezentrischen Flächenkameras werden dieselben vier Schritte durchlaufen wie oben aufgelistet. Für den ersten Schritt (Aufbau einer Kette von Beobachtungen, die alle Kameras und Kalibrierobjektposen verbindet) gelten hier jedoch zusätzliche Voraussetzungen. Da die Lage eines Objektes mit nur einer Kamera nur bis auf eine Verschiebung entlang der optischen Achse bestimmt werden kann, muss ein Kalibrierkörper von mindestens zwei Kameras beobachtet werden, damit seine relative Lage bestimmt werden kann. Sonst wird er aus der Kalibrierung entfernt. Außerdem gilt: Da ein planares Kalibrierobjekt aus jeweils zwei Winkeln gleich erscheint, kann die relative Lage der Kameras untereinander nicht eindeutig bestimmt werden. Es gibt immer zwei gültige Varianten der relativen Lage der zweiten Kamera. Beide Alternativen stellen ein konsistentes Kamerasetup dar und können zum Messen benutzt werden. Da die Mehrdeutigkeit nicht aufgelöst werden kann, wird die erste Lösung zurückgeliefert. Wenn die zurückgegebene Pose nicht die reell vorliegende sondern die alternative Lösung ist, so sind die damit rekonstruierten Daten gespiegelt.

Mögliche telezentrische Flächenkameras sind:

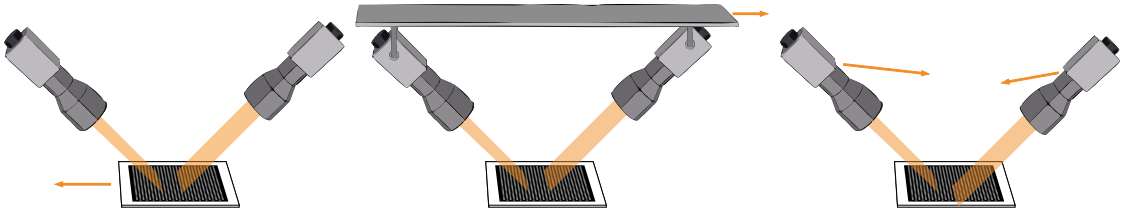
- *'area_scan_telecentric_division'*
- *'area_scan_telecentric_polynomial'*
- *'area_scan_tilt_bilateral_telecentric_division'*
- *'area_scan_tilt_bilateral_telecentric_polynomial'*
- *'area_scan_tilt_object_side_telecentric_division'*
- *'area_scan_tilt_object_side_telecentric_polynomial'*

Projektive und telezentrische Flächenkameras Für einen gemischten Aufbau mit projektiven und telezentrischen Flächenkameras durchläuft der Algorithmus dieselben Schritte wie oben aufgelistet. Mögliche Mehrdeutigkeiten während des ersten Schrittes (Aufbau einer Kette von Beobachtungen, die alle Kameras und Kalibrierobjektposen verbindet), die bei einem reinen telezentrischen Flächenkameraaufbau auftreten, können bei einem gemischten Aufbau verhindert werden. Voraussetzung dafür ist die Existenz einer Kette, die aus allen projektiven Flächenkameras und einer ausreichenden Anzahl an Kalibrierobjekten besteht. Hierbei bedeutet eine ausreichende Anzahl, dass jede telezentrische Flächenkamera mindestens zwei Kalibrierobjekte dieser Kette beobachtet.



Gemischter Aufbau mit projektiven (P) und telezentrischen (T) Flächenkameras. (1) Alle projektiven Kameras sind über eine Kette von Beobachtungen, welche nur projektive Kameras beinhaltet, verbunden. (2) Die zweite Kalibrierplatte von links ist von der rechten projektiven Kamera nicht sichtbar, weshalb die Lage der projektiven Kameras zueinander nicht eindeutig bestimmt werden kann.

Zeilenkameras Aufbauten mit telezentrischen Zeilenkameras (*'line_scan_telecentric'*) verhalten sich identisch wie Aufbauten mit telezentrischen Flächenkameras und es gelten dieselben Einschränkungen und Mehrdeutigkeiten, die oben beschrieben sind. Für diese Art von Aufbau können zwei Konfigurationen unterschieden werden. In der ersten Konfiguration sind alle Kameras starr und unbeweglich montiert und das Objekt wird linear vor den Kameras bewegt. Alternativ dazu können alle Kameras starr zueinander montiert sein und mit demselben Linearmechanismus über das Objekt bewegt werden. In beiden Fällen besitzen alle Kameras denselben Bewegungsvektor, der im Kamerakoordinatensystem der Referenzkamera modelliert wird und mittels des Rotationsteils der Pose der jeweiligen Kamera in das Koordinatensystem aller anderen Kameras transformiert wird. Diese Konfiguration wird als Voreinstellung angenommen. In der zweiten Konfiguration werden die Kameras durch unabhängige Linearmechanismen in unterschiedliche Richtungen bewegt. In diesem Fall besitzt jede Kamera einen unabhängigen Bewegungsvektor. Die Art des Aufbaus kann mit `set_calib_data` festgelegt werden.

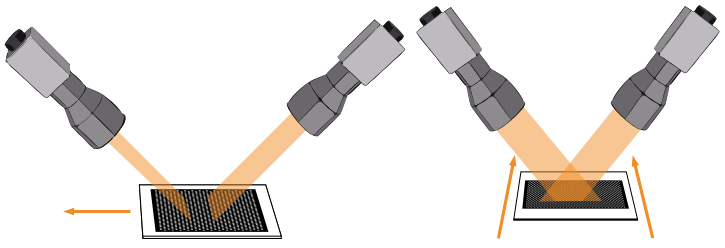


(1) (2) (3)

Es können verschiedenen Konfigurationen für Aufbauten mit telezentrischen Zeilenkameras unterschieden werden: (1) Falls die Kameras fest montiert sind und das Objekt linear darunter bewegt wird, (2) oder falls die Kameras linear über das Objekt bewegt werden, ohne ihre Positionen relativ zueinander zu verändern, muss nur ein einzelner Bewegungsvektor berechnet werden. (3) Andernfalls, falls sich die Kameras unabhängig voneinander bewegen, wird für jede Kamera ein entsprechender Bewegungsvektor bestimmt.

Es sind zwei verschiedene Aufbauten für Stereosysteme, die Zeilenkameras mit telezentrischen Objektiven verwenden, üblich. Für beide Typen von Aufbauten wird vorausgesetzt, dass sich Objekt beziehungsweise das Kamerasystem linear und mit konstanter Geschwindigkeit bewegt.

- Bei Along-Track-Setups (Aufbauten entlang der Bewegungsrichtung) wird die erste Kamera vorne, mit Blickrichtung nach hinten montiert, während die zweite Kamera dahinter, mit Blickrichtung nach vorne platziert wird. Dabei sollte die Kameraausrichtung jeweils schräg zur Bewegungsrichtung sein.
- Die Kameras bei einem Across-Track-Setup (Aufbau quer zur Bewegungsrichtung) sind alle rechtwinklig zur Bewegungsrichtung angebracht, wobei die Sichtebenen möglichst koplanar sein sollten. Dadurch ist allerdings die Tiefenschärfe des Systems eingeschränkt, wodurch dieser Ansatz nur für Messungen im Schnittbereich der jeweiligen Tiefenschärfebereiche geeignet ist.



(1) (2)

Stereo-Aufbauten für telezentrische Zeilenkameras: (1) Aufbau entlang der Bewegungsrichtung (Along-Track Setup) und (2) Aufbau quer zur Bewegungsrichtung (Across-Track Setup).

Für projektive Zeilenkameras (*'line_scan'*) existieren folgende Beschränkungen: Es kann nur eine Kamera pro Aufbau kalibriert werden und nur ein Kalibrierobjekt pro Aufbau verwendet werden.

Schließlich muss beachtet werden, dass bei Kalibrierplatten mit rechteckiger Markenanordnung (siehe gen_caltab) keine Beobachtungen akzeptiert werden, in denen nicht alle Kalibrierkörpermarken extrahiert wurden. Bei Kalibrierplatten mit hexagonaler Markenanordnung (siehe create_caltab) gilt diese Einschränkung nicht. Weitere Informationen zu Kalibrierplatten und der Aufnahme von Kalibrierbildern finden sich im Abschnitt „Zusätzliche Information über die Kalibrierung“ des Kapitels Kalibrierung.

Ergebnisse der Kalibrierung überprüfen

Bei der gleichzeitigen Kalibrierung mehrerer Kameras ist der Wert des Fehlers schwieriger zu beurteilen als bei einer einzelnen Kamera. Als Faustregel sollte der Fehler so klein wie möglich sein oder zumindest kleiner als 1.0 sein, da dies ein Hinweis ist, dass mit den kalibrierten Parametern eine subpixelgenaue Evaluierung der Daten noch möglich ist. Bei bestimmten Konfigurationen kann es schwierig sein, diesen Wert zu erreichen. Eine weitere Analyse der Kalibrierqualität kann anhand der zurückgegebenen Standardabweichungen und Kovarianzen der Kameraparameter erfolgen.

Kalibrierergebnisse abfragen

Alle Ergebnisse der Kalibrierung, d.h. die internen Kameraparameter, die Kameraposen (externe Parameter), die Kalibrierkörperposen usw., können mit get_calib_data abgefragt werden.

Es ist zu beachten, dass bei telezentrischen Kameras die Lage nur bis auf ihre Verschiebung entlang der z-Achse des Koordinatensystems der jeweiligen Kamera bekannt ist. Daher werden die Kameraposen entlang dieser Richtung so verschoben, dass alle Kameras auf einer gemeinsamen Kugel liegen. Der Mittelpunkt der Kugel wird in den ersten Kalibrierkörper gelegt. Der Radius dieser Kugel variiert je nach gegebenem Aufbau. Falls ein gemischter Aufbau mit projektiven und telezentrischen Kameras vorliegt, wird als Radius das Maximum über alle Abstände zwischen projektiven Kameras und dem ersten Kalibrierkörper gewählt. Falls nur telezentrische Kameras im Aufbau vertreten sind, beträgt der Radius 1m.

Weiterführende Information

Zur Kalibrierung von Mehrbild-Kameraaufbauten und vielen weiteren Themen gibt es interaktive Online-Kurse an der MVTec Academy .

calibrate_cameras (: : CalibDataID : Error)

Bestimmen aller Kameraparameter durch simultane Ausgleichsrechnung.

Der Operator calibrate_cameras berechnet die internen und externen Kameraparameter eines Kalibrierdatenmodells CalibDataID. Das Kalibrierdatenmodell beschreibt einen Aufbau mit einer oder mehreren Kameras und wird beim Erstellen des Modells festgelegt. Detaillierte Informationen zum Kalibriervorgang sind im Kapitel Kalibrierung zu finden.

Nach erfolgreicher Kalibrierung gibt der Operator calibrate_cameras die Wurzel des mittleren quadratischen Rückprojektionsfehlers (RMSE) der Optimierung im Parameter Error (in Pixel) zurück. Dieser Fehler gibt einen allgemeinen Hinweis darauf, ob die Optimierung erfolgreich war. Weitere Informationen siehe Abschnitt „Ergebnisse der Kalibrierung überprüfen“ im oben erwähnten Kapitel.

Parameter

▷ **CalibDataID** (input_control) ..... calib_data ⇝ *handle*
Handle des Kalibrierdatenmodells.

▷ **Error** (output_control) ..... number ⇝ *real*
Durchschnittlicher verbleibender Fehler nach der Optimierung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- CalibDataID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_calib_data`, `set_calib_data_cam_param`, `set_calib_data_calib_object`, `set_calib_data_observ_points`, `find_calib_object`, `set_calib_data`, `remove_calib_data_observ`

Nachfolger

`get_calib_data`

Literatur

Carsten Steger: „A Comprehensive and Versatile Camera Model for Cameras with Tilt Lenses“; International Journal of Computer Vision, vol. 123, no. 2, pp. 121-159, 2017.

Carsten Steger, Markus Ulrich, Christian Wiedemann: „Machine Vision Algorithms and Applications“; Wiley-VCH, Weinheim, 2nd Edition, 2018.

Markus Ulrich, Carsten Steger: „A Camera Model for Cameras with Hypercentric Lenses and Some Example Applications“; Machine Vision and Applications, vol. 30, no. 6, pp. 1013-1028, 2019.

Carsten Steger, Markus Ulrich: „A Camera Model for Line-Scan Cameras with Telecentric Lenses“; International Journal of Computer Vision, vol. 129, no. 1, pp. 80-99, 2021.

Carsten Steger, Markus Ulrich: „A Multi-view Camera Model for Line-Scan Cameras with Telecentric Lenses“; Journal of Mathematical Imaging and Vision, vol. 64, no. 2, pp. 105-130, 2022.

Modul

Calibration

clear_calib_data (: : CalibDataID :)

Freigeben des Speichers eines Kalibrierdatenmodells.

`clear_calib_data` gibt den Speicher eines Kalibrierdatenmodells, das mit `create_calib_data` oder `read_calib_data` angelegt wurde, wieder frei. Das Modell kann nach dem Aufruf nicht mehr verwendet werden. Der Handle `CalibDataID` ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **CalibDataID** (input_control) . . . . . calib_data ⇝ *handle*
Handle des Kalibrierdatenmodells.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- CalibDataID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Modul

Calibration

clear_camera_setup_model (: : CameraSetupModelID :)

Freigeben des Speichers eines Kameraaufbaumodells.

clear_camera_setup_model gibt den Speicher eines Kameraaufbaumodells, das mit create_camera_setup_model, read_camera_setup_model oder als Ausgabe einer Kamerakalibrierung vom Operator get_calib_data angelegt wurde, wieder frei. Das Modell kann nach dem Aufruf nicht mehr verwendet werden. Der Handle CameraSetupModelID ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **CameraSetupModelID** (input_control) . . . . . camera_setup_model ⇝ *handle*
Handle des Kameraaufbaumodells.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- CameraSetupModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Modul

Calibration

create_calib_data (: : CalibSetup, NumCameras,
NumCalibObjects : CalibDataID)

Anlegen eines generischen HALCON-Kalibrierdatenmodells.

Der Operator create_calib_data erstellt ein generisches Modell für Kalibrierdaten. Das Modell speichert:

- Beschreibung des Kameraaufbaus,
- Einstellungen des Kalibrierverfahrens,
- Kalibrierdaten, und
- Ergebnisse der Kamerakalibrierung oder der Hand-Auge-Kalibrierung.

Im Parameter CalibSetup wird der generische Typ des Kalibrieraufbaus gesetzt. Derzeit werden fünf Typen unterstützt. Ein Modell vom Typ *'calibration_object'* wird benutzt um die internen Kameraparameter und -posen von einer oder mehreren Kameras anhand der metrische Information, die aus Beobachtungen von Kalibrierkörpern gemessen wird, zu kalibrieren.

Ein Modell vom Typ *'hand_eye_moving_cam'*, *'hand_eye_stationary_cam'*, *'hand_eye_scara_moving_cam'* oder *'hand_eye_scara_stationary_cam'* wird benutzt um eine Hand-Auge-Kalibrierung basierend auf Beobachtungen eines Kalibrierkörpers und den zugehörigen Posen des Robotertools im Roboterbasiskoordinatensystem durchzuführen. Diese vier zuletzt genannten Modelle unterscheiden zum einen, ob die Kamera oder der Kalibrierkörper vom Roboter bewegt wird und zum anderen, ob ein anthropomorpher oder ein SCARA-Roboter kalibriert wird. Der Arm eines anthropomorphen Roboters hat 3 Drehgelenke, die typischerweise 6 Freiheitsgrade abdecken (3 Translationen und 3 Rotationen). SCARA-Roboter besitzen dagegen nur zwei parallele Drehgelenke und ein paralleles Schubgelenk, die nur 4 Freiheitsgrade (3 Translationen und 1 Rotation) abdecken. Grob gesagt ist ein anthropomorpher Roboter im Gegensatz zum SCARA-Roboter in der Lage, seinen Endeffektor zu verkippen.

NumCameras setzt die Anzahl der Kameras ein, die gleichzeitig im Aufbau kalibriert werden. NumCalibObjects setzt die Anzahl der Kalibrierkörper ein, die von den Kameras beobachtet werden. Bei Kamerakalibrierungen ist zu beachten, dass für Zeilenkameras mit perspektivischen Objektiven nur ein Kalibrierkörper unterstützt wird (NumCalibObjects=1). Bei Hand-Auge-Kalibrierungen ist zu beachten, dass derzeit nur zwei Setups unterstützt werden: eine Kamera (NumCameras=1) und ein Kalibrierkörper (NumCalibObjects=1) oder ein allgemeiner Sensor ohne Kalibrierobjekt (NumCameras=0, NumCalibObjects=0). **Achtung:** Telezentrische Kameras werden bei der Hand-Auge-Kalibrierung nicht unterstützt.

Der Ausgabeparameter CalibDataID gibt einen Handle des neuen Kalibrierdatenmodell zurück. Dieser Handle wird im Anschluss weiteren Operatoren übergeben, um die Aufbaubeschreibung, die Kalibriereinstellungen und -data ins Modell zu speichern. Für Kamerakalibrierungen wird der Handle in calibrate_cameras eingegeben. Dieser führt die eigentliche Kamerakalibrierung aus und speichert die Kalibrierergebnisse wiederum im Modell. Für weitere Information über den Kalibrierprozess, siehe das Kapitel Kalibrierung. Für Hand-Auge-Kalibrierungen, wird der Handle an calibrate_hand_eye weitergegeben. Dieser führt die eigentliche Hand-Auge-Kalibrierung durch und speichert die Kalibrierergebnisse wiederum im Modell. Für weitere Information über den Kalibrierprozess, siehe die Beschreibung vom Operator calibrate_hand_eye.

Parameter

▷ **CalibSetup** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Generischer Typ des Kalibrieraufbaus.
Default: 'calibration_object'
Werteliste: CalibSetup ∈ {'calibration_object', 'hand_eye_moving_cam', 'hand_eye_stationary_cam', 'hand_eye_scara_moving_cam', 'hand_eye_scara_stationary_cam'}

▷ **NumCameras** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Gesetzte Anzahl der Kameras im Kalibrieraufbau.
Default: 1
Restriktion: NumCameras >= 0

▷ **NumCalibObjects** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Gesetzte Anzahl der Kalibrierkörper im Kalibrieraufbau.
Default: 1
Restriktion: NumCalibObjects >= 0

▷ **CalibDataID** (output_control) . . . . . calib_data ⇝ *handle*
Handle des Kalibriermodells.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

set_calib_data_cam_param, set_calib_data_calib_object

Modul

Calibration

create_camera_setup_model (: : NumCameras : CameraSetupModelID)

Anlegen eines HALCON-Kameraaufbaumodells.

Der Operator create_camera_setup_model erstellt ein neues Kameraaufbaumodell und gibt seinen Handle in CameraSetupModelID zurück. Die Anzahl von Kameras im Aufbau wird durch den Parameter NumCameras festgelegt und kann im Nachhinein nicht mehr geändert werden. Das Modell speichert interne Parameter und die Standardabweichungen der Parameter (optional) für jede Kamera, sowie die Pose der Kamera.

Das Koordinatensystem, in dem die Kameraposen angegeben werden, kann mit set_camera_setup_param verändert werden: Entweder man wählt eine Kamera, dann werden die Posen der anderen Kameras relativ zu der gewählten Kamera angegeben. Oder man übergibt eine allgemeine Transformation und verschiebt damit das Koordinatensystem des Aufbaus in eine beliebige Lage. Letzteres ist insbesondere dann nützlich, wenn man die Kameras beispielsweise im Koordinatensystem eines Objekts darstellen will, das von den Kameras beobachtet wird (siehe auch das unten folgende Beispiel).

Die internen Kameraparameter und ihre Pose werden gesetzt, bzw. geändert mit dem Operator set_camera_setup_cam_param, weitere Kameraparameter mit dem Ope-

rator set_camera_setup_param. Alle Kameraparameter können mit dem Operator get_camera_setup_param abgefragt werden.

Ein Kameraaufbaumodell kann mit dem Operator write_camera_setup_model in eine Datei gespeichert werden. Im Nachhinein kann es mit dem Operator read_camera_setup_model wieder gelesen werden.

Parameter

▷ **NumCameras** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Kameras im Kalibrieraufbau.
Default: 2
Wertevorschläge: NumCameras ∈ {1, 2, 3, 4}
Restriktion: NumCameras >= 1

▷ **CameraSetupModelID** (output_control) ..... camera_setup_model ⇝ *handle*
Handle des Kameraaufbaumodells.

Beispiel

```
* Create camera setup of three cameras.
create_camera_setup_model (3, CameraSetupModelID)
gen_cam_par_area_scan_division (0.006, 0, 8.3e-6, 8.3e-6,\
              512, 384, 1024, 768, StartCamPar)
* Camera 0 is located in the origin.
set_camera_setup_cam_param (CameraSetupModelID, 0, [], StartCamPar,\
                            [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0])

* Camera 1 is shifted 0.07 m in positive x-direction relative to
* camera 0.
set_camera_setup_cam_param (CameraSetupModelID, 1, [], StartCamPar,\
                            [0.07, 0, 0, 0, 0, 0, 0])

* Camera 2 is shifted 0.1 m in negative y-direction relative to
* camera 0.
set_camera_setup_cam_param (CameraSetupModelID, 2, [], StartCamPar,\
                            [0.0, -0.1, 0, 0, 0, 0, 0])

* There is an object, which is 0.5 away from the origin in
* z-direction, and is facing the origin.
ObjectPose := [0, 0, 0.5, 180, 0, 0, 0]
* Place the setup's origin in the object.
set_camera_setup_param (CameraSetupModelID, 'general', 'coord_transf_pose',\
                        ObjectPose)

* Now the camera poses are given relative to the object.
get_camera_setup_param (CameraSetupModelID, 0, 'pose', CamPose0)
* CamPose0 is equivalent to [0.0, 0.0, 0.5, 180.0, 0.0, 0.0, 0]

get_camera_setup_param (CameraSetupModelID, 1, 'pose', CamPose1)
* CamPose1 is equivalent to [0.07, 0.0, 0.5, 180.0, 0.0, 0.0, 0]

get_camera_setup_param (CameraSetupModelID, 2, 'pose', CamPose2)
* CamPose2 is equivalent to [0.0, 0.1, 0.5, 180.0, 0.0, 0.0, 0]
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`set_camera_setup_param`

Modul

Calibration

deserialize_calib_data (: : SerializedItemHandle : CalibDataID)

Deserialisieren eines serialisierten Kalibrierdatenmodells.

`deserialize_calib_data` deserialisiert ein Kalibrierdatenmodell, welches mit `serialize_calib_data` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte Kalibrierdatenmodell wird in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten Kalibrierdatenmodell mit dem Handle `CalibDataID` gespeichert.

Beachten Sie, dass `serialize_calib_data` keine Kalibrierergebnisse serialisiert. Für ein vollständig konfiguriertes Modell kann allerdings `calibrate_cameras` direkt nach der Deserialisierung aufgerufen werden und die Kalibrierergebnisse sind danach wieder abfragbar.

Parameter

- ▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.
- ▷ **CalibDataID** (output_control) ..... calib_data ⇝ *handle*
  Handle des Kalibrierdatenmodells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_calib_data` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_calib_data`

Modul

Calibration

deserialize_camera_setup_model (: : SerializedItemHandle : CameraSetupModelID)

Deserialisieren eines serialisierten Kameraaufbaumodells.

`deserialize_camera_setup_model` deserialisiert ein Kameraaufbaumodell, welches mit `serialize_camera_setup_model` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte Kameraaufbaumodell wird in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten Kameraaufbaumodell mit dem Handle `CameraSetupModelID` gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **CameraSetupModelID** (output_control) . . . . . camera_setup_model ⇝ *handle*
Handle des Kameraaufbaumodells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_camera_setup_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_camera_setup_model`

Modul

Calibration

get_calib_data (: : CalibDataID, ItemType, ItemIdx,
DataName : DataValue)

Abfragen der Kalibrierdaten, -einstellungen und -ergebnisse eines Kalibrierdatenmodells.

Mit dem Operator `get_calib_data` können Kalibrierdaten aus dem Kalibrierdatenmodell `CalibDataID` abgefragt werden.

Es ist zu beachten, dass im Folgenden alle 3D-Pose-Ergebnisse relativ zur *Referenzkamera* des Modells zurückgegeben werden. Die Referenzkamera wird mit dem Operator `set_calib_data` eingestellt und mit dem Operator `get_calib_data` abgefragt. Standardmäßig wird die erste Kamera (Kameraindex 0) als Referenzkamera benutzt.

Das Kalibrierdatenmodell beinhaltet verschiedene Arten von Daten. Wie die einzelnen Daten abgefragt werden, wird für verschiedene Kategorien von Daten beschrieben:

- Modelldaten (`ItemType` *'model'*)
- Kameradaten (`ItemType` *'camera'*)
- Kalibrierkörperdaten (`ItemType` *'calib_obj'*)
- Daten zu den Kalibrierkörperposen (`ItemType` *'calib_obj_pose'*)
- Daten zur Hand-Auge-Kalibrierung (verschiedene Werte für `ItemType`)

Bevor die einzelnen abzufragenden Daten im Detail beschrieben werden, erfolgt eine Übersicht über die Daten, die nach den jeweiligen Schritten der Kalibrierprozesse im Modell verfügbar sind. Werden Kameras oder Hand-Auge-Systeme kalibriert, werden verschiedene Operatoren aufgerufen, die Schritt für Schritt das Kalibrierdatenmodell mit Inhalt füllen. Im Folgenden wird pro Prozess für jeden Operator tabellarisch aufgelistet, welche Daten dem Modell hinzugefügt werden und wie die Werte für `ItemType`, `ItemIdx` und `DataName` kombiniert werden müssen, um die Information mit `get_calib_data` wieder abzurufen. Für die verschiedenen Indices in den Tabellen werden folgende Abkürzungen bzw. mögliche Variablennamen benutzt:

- Kameraindex: `CameraIdx`
- Kalibrierkörperindex: `CalibObjIdx`
- Kalibrierkörperposeindex: `CalibObjPoseIdx`

Detailliertere Beschreibungen zu den abzufragenden Daten finden sich dann in den Abschnitten zu den jeweiligen Datenkategorien.

Ausführliche Informationen über den Kalibriervorgang von Kameraaufbauten befinden sich im Kapitel Kalibrierung.

Inhalt des Kalibrierdatenmodells während der Kamerakalibrierung

Für jeden Operator, der das Kalibrierdatenmodell erweitert, wird im Folgenden eine Tabelle angegeben, um einen Überblick über die entsprechenden Daten zu geben:

- `create_calib_data`:

Zum Modell zugefügte Daten	`ItemType`	`ItemIdx`	`DataName`
Typ des Kalibrierdatenmodells	*'model'*	*'general'*	*'type'*
Anzahl der Kameras	*'model'*	*'general'*	*'num_cameras'*
Anzahl der Kalibrierkörper	*'model'*	*'general'*	*'num_calib_objs'*

- `set_calib_data_cam_param`:

Zum Modell zugefügte Daten	`ItemType`	`ItemIdx`	`DataName`
Kameratypen	*'camera'*	`CameraIdx`	*'type'*
Initiale interne Kameraparameter	*'camera'*	`CameraIdx`	*'init_params'*

- `set_calib_data_calib_object`:

Zum Modell zugefügte Daten	`ItemType`	`ItemIdx`	`DataName`
Anzahl der Kalibriermarken des Kalibrierkörpers	*'calib_obj'*	`CalibObjIdx`	*'num_marks'*
Koordinaten der Kalibriermarken des Kalibrierkörpers relativ zum Kalibrierkörperkoordinatensystem	*'calib_obj'*	`CalibObjIdx`	*'x'*, *'y'*, *'z'*

Für Standard-HALCON-Kalibrierplatten werden dem Modell noch weitere Kalibrierplatten-spezifische Informationen zugefügt, die nicht über `get_calib_data` abgerufen werden können, aber direkt aus der jeweiligen Kalibrierkörperbeschreibungsdatei entnommen werden können (für Details zu den Kalibrierkörperbeschreibungsdateien siehe die Beschreibung von `create_caltab` für eine Kalibrierplatte mit hexagonal angeordneten Kalibriermarken und `gen_caltab` für eine Kalibrierplatte mit rechtwinklig angeordneten Kalibriermarken).

- `find_calib_object` (für Standard-HALCON-Kalibrierplatten):

Zum Modell zugefügte Daten	abrufbar mit
Beobachtete Bildkoordinaten der Kalibriermarken	`get_calib_data_observ_points`
Beobachtete Konturen der Kalibriermarken	`get_calib_data_observ_contours`
Beobachtete Posen der Kalibrierplatte relativ zum Kamerakoordinatensystem	`get_calib_data_observ_pose` oder `get_calib_data_observ_points`

- `set_calib_data_observ_points` (für andere Kalibrierkörper als die Standard-HALCON-Kalibrierplatten):

Zum Modell zugefügte Daten	abrufbar mit
Beobachtete Bildkoordinaten der Kalibriermarken	get_calib_data_observ_points

- set_calib_data:

Zum Modell zugefügte Daten	ItemType	ItemIdx	DataName
Referenzkamera	*'model'*	*'general'*	*'reference_camera'*
Interne und externe Kameraparameter, die (zusätzlich) kalibriert werden sollen	*'camera'*	*'general'* oder CameraIdx	*'calib_settings'*
Interne und externe Kameraparameter, die nicht kalibriert werden sollen	*'camera'*	*'general'* oder CameraIdx	*'excluded_settings'*
Für Stereosysteme, die Zeilenkameras mit telezentrischen Objektiven verwenden: Besitzen die beiden Kameras einen **gemeinsamen Bewegungsvektor**?	*'model'*	*'general'*	*'common_motion_vector'*
Kalibrierkörperpose-Parameter, die (zusätzlich) optimiert werden sollen	*'calib_obj_pose'*	*'general'* oder [CalibObjIdx, CalibObjPoseIdx]	*'calib_settings'*
Kalibrierkörperpose-Parameter, die nicht optimiert werden sollen	*'calib_obj_pose'*	*'general'* oder [CalibObjIdx, CalibObjPoseIdx]	*'excluded_settings'*

- calibrate_cameras:

Zum Modell zugefügte Daten	ItemType	ItemIdx	DataName
Kameraaufbaumodell (benötigt für eine Mehrbild-Stereorekonstruktion)	*'model'*	*'general'*	*'camera_setup_model'*
Optimierte interne Kameraparameter	*'camera'*	CameraIdx	*'params'*
Standardabweichung der optimierten internen Kameraparameter	*'camera'*	CameraIdx	*'params_deviations'*
Kovarianzmatrizen der optimierten internen Kameraparameter	*'camera'*	CameraIdx	*'params_covariances'*
Liste mit den Namen der internen Kameraparameter	*'camera'*	CameraIdx	*'params_labels'*
Initiale externe Kameraparameter (Kameraposen)	*'camera'*	CameraIdx	*'init_pose'*
Optimierte externe Kameraparameter (Kameraposen)	*'camera'*	CameraIdx	*'pose'*
Liste mit den Namen der externen Kameraparameter (Kameraposen)	*'camera'*	CameraIdx	*'pose_labels'*
Initiale Kalibrierkörperposen	*'calib_obj_pose'*	[CalibObjIdx, CalibObjPoseIdx]	*'init_pose'*
Optimierte Kalibrierkörperposen	*'calib_obj_pose'*	[CalibObjIdx, CalibObjPoseIdx]	*'pose'*
Liste mit den Namen der Kalibrierkörperpose-Parameter	*'calib_obj_pose'*	[CalibObjIdx, CalibObjPoseIdx]	*'pose_labels'*

Inhalt des Kalibrierdatenmodells während der Hand-Auge-Kalibrierung

Für jeden Operator, der das Kalibrierdatenmodell während der Hand-Auge-Kalibrierung erweitert, wird im Folgenden eine Tabelle angegeben, um einen Überblick über die entsprechenden Daten zu geben:

- create_calib_data:
  Siehe Abschnitt **'Inhalt des Kalibrierdatenmodells während der Kamerakalibrierung'**.
- set_calib_data:

Zum Modell zugefügte Daten	ItemType	ItemIdx	DataName
Optimierungsmethode für die Hand-Auge-Kalibrierung	*'model'*	*'general'*	*'optimization_method'*
Posen des Robotertools in Roboterbasiskoordinaten	*'tool'*	CalibObjPoseIdx	*'tool_in_base_pose'*

- set_calib_data_observ_pose (Beobachtungen, erhalten durch 3D-Sensoren):

Zum Modell zugefügte Daten	abrufbar mit
Beobachtete Kalibrierkörperposen	get_calib_data_observ_pose

- set_calib_data_cam_param, set_calib_data_calib_object und find_calib_object oder set_calib_data_observ_points (Beobachtungen, erhalten durch Kameras):
  Siehe Abschnitt 'Inhalt des Kalibrierdatenmodells während der Kamerakalibrierung'.
- calibrate_hand_eye:
  Szenario „bewegte Kamera“:

Zum Modell zugefügte Daten	ItemType	ItemIdx	DataName
Pose des Robotertools im Kamerakoordinatensystem	*'camera'*	*0*	*'tool_in_cam_pose'*
Pose des Kalibrierkörpers im Roboterbasiskoordinatensystem	*'calib_obj'*	*0*	*'obj_in_base_pose'*
Standardabweichung der Pose des Robotertools im Kamerakoordinatensystem	*'camera'*	*0*	*'tool_in_cam_pose_deviations'*
Kovarianzmatrizen der Pose des Robotertools im Kamerakoordinatensystem	*'camera'*	*0*	*'tool_in_cam_pose_covariances'*
Standardabweichung der Pose des Kalibrierkörpers im Roboterbasiskoordinatensystem	*'calib_obj'*	*0*	*'obj_in_base_pose_deviations'*
Kovarianzmatrizen der Pose des Kalibrierkörpers im Roboterbasiskoordinatensystem	*'calib_obj'*	*0*	*'obj_in_base_pose_covariances'*

Szenario „stationäre Kamera“:

Zum Modell zugefügte Daten	ItemType	ItemIdx	DataName
Pose der Roboterbasis im Kamerakoordinatensystem	*'camera'*	*0*	*'base_in_cam_pose'*
Pose des Kalibrierkörpers im Robotertoolkoordinatensystem	*'calib_obj'*	*0*	*'obj_in_tool_pose'*
Standardabweichung der Pose der Roboterbasis im Kamerakoordinatensystem	*'camera'*	*0*	*'base_in_cam_pose_deviations'*
Kovarianzmatrizen der Pose der Roboterbasis im Kamerakoordinatensystem	*'camera'*	*0*	*'base_in_cam_pose_covariances'*
Standardabweichung der Pose des Kalibrierkörpers im Robotertoolkoordinatensystem	*'calib_obj'*	*0*	*'obj_in_tool_pose_deviations'*
Kovarianzmatrizen der Pose des Kalibrierkörpers im Robotertoolkoordinatensystem	*'calib_obj'*	*0*	*'obj_in_tool_covariances'*

Beide Hand-Auge Szenarios:

Zum Modell zugefügte Daten	ItemType	ItemIdx	DataName
Kalibrierte Posen des Kalibrierkörpers im Kamerakoordinatensystem (nicht verfügbar für SCARA-Roboter)	*'calib_obj_pose'*	*[0, CalibObjPoseIdx]*	*'pose'*
Wurzel des mittleren quadratischen Rückprojektionsfehlers (RMSE) nach der Optimierung des Kamerasystems	*'model'*	*'general'*	*'camera_calib_error'*
Lagefehler über die komplette Transformationskette	*'model'*	*'general'*	*'hand_eye_calib_error'*
Kameraaufbaumodell (benötigt für eine Mehrbild-Stereorekonstruktion)	*'model'*	*'general'*	*'camera_setup_model'*

Beide Hand-Auge Szenarios, falls *'optimization_method'* auf *'stochastic'* gesetzt ist:

Zum Modell zugefügte Daten	ItemType	ItemIdx	DataName
Wurzel des mittleren quadratischen Fehlers (RMSE) der Rückprojektion in Kamerabilder, über die Transformationskette mit korrigierten Posen des Robotertools	*'model'*	*'general'*	*'camera_calib_error_corrected_tool'*
Lagefehler über die komplette Transformationskette mit korrigierten Posen des Robotertools	*'model'*	*'general'*	*'hand_eye_calib_error_corrected_tool'*
Standardabweichungen der Eingabe-Posen des Robotertools in Roboterbasiskoordinaten	*'tool'*	*'general'*	*'tool_translation_deviation'*, *'tool_rotation_deviation'*
Korrigierte Posen des Robotertools in Roboterbasiskoordinaten	*'tool'*	CalibObjPoseIdx	*'tool_in_base_pose_corrected'*

Die folgenden Abschnitte beschreiben die Parameter für die spezifischen Datenkategorien im Detail.

Modelldaten

ItemType=*'model'*: ItemIdx muss auf den Wert *'general'* gesetzt werden.

Die folgenden Modelldaten werden im Parameter DataValue je nach der Auswahl im Parameter DataName zurückgegeben:

'type': Generischer Typ des Kalibrierdatenmodells. Derzeit werden die fünf Typen *'calibration_object'*, *'hand_eye_moving_cam'*, *'hand_eye_stationary_cam'*, *'hand_eye_scara_moving_cam'* und *'hand_eye_scara_stationary_cam'* unterstützt.

'reference_camera': Referenzkamera für das Kalibrierdatenmodell. Alle 3D-Posen, sowohl für die Kameras, als auch für die Kalibrierkörper, werden relativ zu diesem Kamerakoordinatensystem ausgegeben.

'num_cameras': Anzahl von Kameras im Kalibrierdatenmodell (siehe create_calib_data).

'num_calib_objs': Anzahl von Kalibriermarken im Kalibrierdatenmodell (siehe create_calib_data).

'common_motion_vector': Für Stereosysteme, die Zeilenkameras mit telezentrischen Objektiven verwenden: ein String mit einem Booleschen Wert (d.h. *'true'* oder *'false'*), der festlegt, ob die Zeilenkameras einen gemeinsamen Bewegungsvektor besitzen.

'camera_setup_model': Generiert ein neues Kameraaufbaumodell und kapselt eine Kopie der kalibrierten Kameraparameter und -posen darin.

'camera_calib_error': Die Wurzel des mittleren quadratischen Rückprojektionsfehlers (RMSE) der Optimierung des Kamerasystems. Üblicherweise fragt man diesen Fehlerwert nach einer Hand-Auge-Kalibrierung (calibrate_hand_eye) ab, da bei einer Hand-Auge-Kalibrierung intern eine Kamerakalibrierung durchgeführt wird und der Fehler dieser Kamerakalibrierung nicht zurückgegeben wird. Der zurückgegebene Fehlerwert ist identisch mit dem von calibrate_cameras zurückgegebenen Wert, außer falls *'optimization_method'* auf *'stochastic'* gesetzt ist. In diesem Fall werden Kameraparameter und Hand-Auge-Posen für anthropomorphe Roboter gemeinsam verfeinert.

'hand_eye_calib_error': Nach einer erfolgreichen Hand-Auge-Kalibrierung wird der Lagefehler über die komplette Transformationskette zurückgegeben. Genau genommen wird ein Tupel mit vier Elementen zurückgegeben, welches zuerst den mittleren, quadratischen Fehler der Translation, dann den mittleren, quadratischen Fehler der Rotation, an dritter Stelle den maximalen Fehler der Translation und schließlich an vierter Stelle den maximalen Fehler der Rotation angibt. Die zurückgegebenen Fehlerwerte sind identisch mit den von calibrate_hand_eye zurückgegebenen Werten.

'optimization_method': Optimierungsmethode, die für die Hand-Auge-Kalibrierung gesetzt wurde (siehe set_calib_data).

'camera_calib_error_corrected_tool': Die Wurzel des mittleren quadratischen Fehlers (RMSE) der Rückprojektion in Kamerabilder, über die Transformationskette mit korrigierten Posen des Robotertools. Im Gegensatz hierzu verwendet *'camera_calib_error'* die direkte Rückprojektion über *'calib_obj_pose'*. Dieser Parameter ist nur verfügbar, falls *'optimization_method'* auf *'stochastic'* gesetzt wurde.

'hand_eye_calib_error_corrected_tool': Nach einer erfolgreichen Hand-Auge-Kalibrierung wird der Lagefehler über die komplette Transformationskette mit korrigierten Posen des Robotertools zurückgegeben. Im Gegensatz hierzu verwendet *'hand_eye_calib_error'* die Eingabe-Posen des Robotertools. Dieser Parameter ist nur verfügbar, falls *'optimization_method'* auf *'stochastic'* gesetzt wurde.

Die Parameter *'reference_camera'*, *'common_motion_vector'* und *'optimization_method'* können mit `set_calib_data` gesetzt werden. Die anderen Parameter werden während der Modellgenerierung gesetzt oder sind Ergebnisse des Kalibrierungsprozesses und können nicht modifiziert werden.

Kameradaten

`ItemType`=*'camera'*: `ItemIdx` legt fest, ob generische Kameradaten oder Daten einzelner Kameras abgefragt werden. Mit `ItemIdx`=*'general'* wird der Standardwert eines Parameter für alle Kameras zurückgegeben. Wenn im Gegensatz dazu ein gültiger Kameraindex, d.h. eine Zahl zwischen 0 und `NumCameras`-1 (`NumCameras` wurde bei der Erstellung des Modells mit `create_calib_data` gesetzt), eingegeben wird, wird nur der Parameterwert für die ausgewählte Kamera zurückgegeben.

Beim Auswählen eines der folgenden Parameter in `DataName` kann abgefragt werden, welche Kameraparameter für die Optimierung im Zuge der Kalibrierung mit `calibrate_cameras` markiert, bzw. optimiert worden sind.

'calib_settings': Zu optimierende Kameraparameter.

'excluded_settings': Von der Optimierung ausgeschlossene Kameraparameter.

Diese Einstellungen können mit einem entsprechenden Aufruf von `set_calib_data` geändert werden.

Die folgenden Parameter können nur für einzelne Kameras abgefragt werden, d.h. ein gültiger Kameraindex muss in `ItemIdx` übergeben werden:

'type': Der Kameratyp, der mit `set_calib_data_cam_param` gesetzt wurde.

'init_params': Initiale interne Kameraparameter (siehe `set_calib_data_cam_param`).

'params': Optimierte interne Kameraparameter.

'params_deviations': Standardabweichungen der optimierten Kameraparameter, berechnet am Ende der Kamerakalibrierung. Wenn das Tupel, das für *'params'* zurückgegeben wird, n Elemente enthält, enthält das Tupel, das für *'params_deviations'* zurückgegeben wird, $(n-1)$ Elemente, da der Kameratyp im ersten Element des Kameraparametertupels gespeichert wird, während dies bei*'params_deviations'* nicht der Fall ist.

'params_covariances': Kovarianzmatrix der optimierten Kameraparameter, berechnet am Schluss der Kamerakalibrierung. Wenn das Tupel, das für *'params'* zurückgegeben wird, n Elemente enthält, enthält das Tupel, das für *'params_covariances'* zurückgegeben wird, $(n-1) \times (n-1)$ Elemente, da der Kameratyp im ersten Element des Kameraparametertupels gespeichert wird, während dies bei *'params_covariances'* nicht der Fall ist.

'params_labels': Kameratyp-spezifische Liste mit den Namen einzelner Kameraparameter, die von *'params'* zurückgegeben wird. Diese Liste enthält den Wert *'camera_type'* als erstes Element. Wenn das erste Element der Liste entfernt wird, bezieht sich die Liste von Namen auf *'params_deviations'* und die Zeilen und Spalten von *'params_covariances'*.

'init_pose': Initiale externe Kameraparameter, berechnet am Anfang der Kamerakalibrierung (siehe auch Kalibrierung). Die zurückgegebene 3D-Pose ist relativ zur Referenzkamera.

'pose': Optimierte Kamerapose, relativ zur Referenzkamera. Bei Kalibrierung einer einzelnen telezentrischen Kamera wird die Translation in z-Richtung auf den Wert 0.0 gesetzt. Bei mehr als einer telezentrischen Kamera, werden die Kameraposen so lange entlang ihrer z-Achse verschoben, bis sie alle auf einer Kugel mit Zentrum in der ersten beobachteten Kalibrierplatte liegen. Der Radius der Kugel entspricht dabei dem größten Abstand einer Kamera zur ersten beobachteten Kalibrierplatte. Sollte dieser berechnete Abstand kleiner als 1 m sein, so wird der Radius auf 1 m gesetzt.

'pose_labels': Liste mit den Namen einzelner Poseparameter.

Die kalibrierten Kameraparameter (*'params'* und *'pose'*) können nur nach einem erfolgreichen Durchlauf von `calibrate_cameras` abgerufen werden. Die initialen Kameraparameter *'init_params'* können nach einem erfolgreichen Durchlauf von `set_calib_data_cam_param` abgerufen werden.

Kalibrierkörperdaten

ItemType=*'calib_obj'*: `ItemIdx` muss auf den Index des Kalibrierkörpers, für den die Daten abgerufen werden, gesetzt werden, d.h., auf eine Zahl zwischen 0 und `NumCalibObjects`-1 (`NumCalibObjects` wurde bei der Erstellung des Modells mit `create_calib_data` gesetzt).

Die folgenden Kalibrierkörperdaten werden im Parameter `DataValue` je nach der Auswahl im Parameter `DataName` zurückgegeben:

'num_marks': Anzahl der Kalibrierkörpermarken.

'x', *'y'*, *'z'*: Koordinaten der Kalibrierkörpermarken.

Diese Parameter werden mit dem Operator `set_calib_data_calib_object` gesetzt.

Daten zu den Kalibrierkörperposen

ItemType=*'calib_obj_pose'*: `ItemIdx` legt fest, ob generische Einstellungen aller Kalibrierkörperposen oder Einstellungen einzelner Kalibrierkörperposen abgefragt werden. Mit `ItemIdx`=*'general'* wird der Standardwert eines Parameters für alle Posen des Kalibrierkörpers zurückgegeben. Wenn im Gegensatz dazu ein gültiger Kalibrierkörperposeindex, d.h. ein Tupel mit gültigem Indexpaar `[CalibObjIdx, CalibObjPoseIdx]`, eingegeben wird, wird nur der Parameterwert für die ausgewählte Kalibrierkörperpose zurückgegeben.

Beim Auswählen eines der folgenden Parameter in `DataName` kann abgefragt werden, welche Kalibrierkörperposeparameter für die Optimierung markiert, bzw. optimiert worden sind.

'calib_settings': Zu optimierende Poseparameter.

'excluded_settings': Von der Optimierung ausgeschlossene Poseparameter.

Diese Einstellungen können mit einem entsprechenden Aufruf von `set_calib_data` geändert werden.

Die folgenden Parameter können nur für einzelne Posen eines Kalibrierkörpers abgefragt werden, d.h. ein gültiges Poseindexpaar `[CalibObjIdx, CalibObjPoseIdx]` muss in `ItemIdx` eingegeben werden:

'init_pose': Initiale 3D-Pose des Kalibrierkörpers. Diese Pose wird anhand der Posen in den Beobachtungsdaten von diesem Körper am Anfang der Kalibrierung berechnet (siehe Kalibrierung). Die zurückgegebene 3D-Pose ist relativ zur Referenzkamera.

'pose': Optimierte 3D-Pose des Kalibrierkörpers relativ zur Referenzkamera.

'pose_labels': Liste mit den Namen einzelner Poseparameter.

Diese Parameter können nicht geändert werden und sind erst nach der Kalibrierung mit `calibrate_cameras` abfragbar.

Daten zur Hand-Auge-Kalibrierung

ItemType=*'tool'*: Die folgenden Daten werden im Parameter `DataValue` je nach der Auswahl im Parameter `DataName` zurückgegeben:

'tool_in_base_pose': Pose des Robotertools mit Index `ItemIdx` in Roboterbasiskoordinaten. Diese Posen wurden vorher mit `set_calib_data` gesetzt und dienten als Eingabedaten der Hand-Auge-Kalibrierung.

'tool_in_base_pose_corrected': Korrigierte Pose des Robotertools in Roboterbasiskoordinaten der Eingabe *'tool_in_base_pose'* mit Index `ItemIdx`. Dieser Parameter ist nur verfügbar, falls *'optimization_method'* auf *'stochastic'* gesetzt wurde und nachdem `calibrate_hand_eye` aufgerufen wurde.

'tool_translation_deviation', *'tool_rotation_deviation'*: Standardabweichungen der Eingabe-Posen des Robotertools in Roboterbasiskoordinaten. `ItemIdx` muss auf den Wert *'general'* gesetzt werden. Dieser Parameter ist nur verfügbar, falls *'optimization_method'* auf *'stochastic'* gesetzt wurde und nachdem `calibrate_hand_eye` aufgerufen wurde.

Nach einer erfolgreichen Hand-Auge-Kalibrierung mittels `calibrate_hand_eye`, können je nach Modelltyp die folgenden Posen abgerufen werden:

'hand_eye_moving_cam', *'hand_eye_scara_moving_cam'*: Ist `ItemType`=*'camera'* und `DataName`=*'tool_in_cam_pose'* gesetzt, so wird die Pose des Robotertools in Kamerakoordinaten in `DataValue` zurückgegeben. Ist `ItemType`=*'calib_obj'* und `DataName`=*'obj_in_base_pose'* gesetzt, so wird die Pose des Kalibrierkörpers in Roboterbasiskoordinaten in `DataValue` zurückgegeben.

Es ist zu beachten, dass die Z-Translation von *'obj_in_base_pose'* im Rahmen der Kalibrierung von SCARA-Robotern nicht eindeutig bestimmt werden kann. Um diese Mehrdeutigkeit aufzulösen, wird die Z-Translation von *'obj_in_base_pose'* intern auf 0.0 gesetzt und *'tool_in_cam_pose'* entsprechend berechnet. Es ist notwendig, die tatsächliche Translation in Z nach der Kalibrierung zu bestimmen (siehe `calibrate_hand_eye`).

Die Standardabweichungen und Kovarianzmatrizen der 6 Poseparameter beider Posen können mit *'tool_in_cam_pose_deviations'*, *'tool_in_cam_pose_covariances'* (`ItemType`=*'camera'*), *'obj_in_base_pose_deviations'* und *'obj_in_base_pose_covariances'* (`ItemType`=*'calib_obj'*) abgefragt werden. Wie die Poseparameter selbst werden auch diese in den Einheiten [m] und [°] angegeben.

'hand_eye_stationary_cam', *'hand_eye_scara_stationary_cam'*: Ist `ItemType`=*'camera'* und `DataName`=*'base_in_cam_pose'* gesetzt, so wird die Pose der Roboterbasis in Kamerakoordinaten in `DataValue` zurückgegeben. Ist `ItemType`=*'calib_obj'* und `DataName`=*'obj_in_tool_pose'* gesetzt, so wird die Pose des Kalibrierkörpers in Toolkoordinaten in `DataValue` zurückgegeben.

Es ist zu beachten, dass die Z-Translation von *'obj_in_tool_pose'* im Rahmen der Kalibrierung von SCARA-Robotern nicht eindeutig bestimmt werden kann. Um diese Mehrdeutigkeit aufzulösen, wird die Z-Translation von *'obj_in_tool_pose'* intern auf 0.0 gesetzt und *'base_in_cam_pose'* entsprechend berechnet. Es ist notwendig, die tatsächliche Translation in Z nach der Kalibrierung zu bestimmen (siehe `calibrate_hand_eye`).

Die Standardabweichungen und Kovarianzmatrizen der 6 Poseparameter beider Posen können mit *'base_in_cam_pose_deviations'*, *'base_in_cam_pose_covariances'* (`ItemType`=*'camera'*), *'obj_in_tool_pose_deviations'* und *'obj_in_tool_pose_covariances'* (`ItemType`=*'calib_obj'*) abgefragt werden. Wie die Poseparameter selbst werden auch diese in den Einheiten [m] und [°] angegeben.

Parameter

▷ **`CalibDataID`** (input_control) . . . . . calib_data ⇝ *handle*
Handle des Kalibrierdatenmodells.

▷ **`ItemType`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Typ des abgefragten Elements.
Default: 'camera'
Werteliste: `ItemType` ∈ {'model', 'camera', 'calib_obj', 'calib_obj_pose', 'tool'}

▷ **`ItemIdx`** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer* / string
Index des abgefragten Elements (je nach Auswahl in `ItemType`).
Default: 0
Wertevorschläge: `ItemIdx` ∈ {0, 1, 2, 'general'}

▷ **`DataName`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Name der abgefragten Daten.
Default: 'params'
Werteliste: `DataName` ∈ {'type', 'reference_camera', 'num_cameras', 'num_calib_objs', 'camera_setup_model', 'camera_calib_error', 'camera_calib_error_corrected_tool', 'hand_eye_calib_error', 'hand_eye_calib_error_corrected_tool', 'optimization_method', 'num_marks', 'x', 'y', 'z', 'params', 'pose', 'init_params', 'init_pose', 'params_deviations', 'params_covariances', 'params_labels', 'pose_labels', 'calib_settings', 'excluded_settings', 'common_motion_vector', 'tool_in_cam_pose', 'obj_in_base_pose', 'base_in_cam_pose', 'obj_in_tool_pose', 'tool_in_base_pose', 'tool_in_cam_pose_deviations', 'obj_in_base_pose_deviations', 'base_in_cam_pose_deviations', 'obj_in_tool_pose_deviations', 'tool_in_cam_pose_covariances', 'obj_in_base_pose_covariances', 'base_in_cam_pose_covariances', 'obj_in_tool_pose_covariances', 'tool_translation_deviation', 'tool_rotation_deviation', 'tool_in_base_pose_corrected'}

▷ **`DataValue`** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *real* / integer / string
Werte der abgefragten Daten.

Beispiel

```
* Get the camera type of camera 0.
get_calib_data (CalibDataID, 'camera', 0, 'type', CameraType)

* Get the optimized (calibrated) pose of pose 1 of the
* calibration object 2.
get_calib_data (CalibDataID, 'calib_obj_pose', [2,1], 'pose', CalobjPose)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`calibrate_cameras`, `calibrate_hand_eye`, `create_calib_data`, `read_calib_data`

Modul

Calibration

`get_calib_data_observ_contours` `( : Contours : CalibDataID, ContourName, CameraIdx, CalibObjIdx, CalibObjPoseIdx : )`

Abfragen konturbasierter Beobachtungsdaten aus dem Kalibrierdatenmodell.

Der Operator `get_calib_data_observ_contours` liest konturbasierte Beobachtungsdaten aus dem Kalibrierdatenmodell `CalibDataID` aus und gibt diese in `Contours` zurück. Diese Konturen stammen aus einem vorherigen Aufruf des Operators `find_calib_object`. Die Parameter `CameraIdx`, `CalibObjIdx` und `CalibObjPoseIdx` sind Indizes der im Modell abgespeicherten beobachtenden Kamera, Kalibrierplatte und Pose. Zusammen bezeichnen sie eine Beobachtung des Kalibrierdatenmodells. Es ist zu beachten, dass Beobachtungen, welche von `set_calib_data_observ_points` im Kalibrierdatenmodell `CalibDataID` gespeichert worden sind, keine konturbasierten Daten enthalten.

Je nach Auswahl im Parameter `ContourName` werden die folgenden Konturen zurückgeliefert:

'marks': Die Konturen der Marken der Kalibrierplatte.

'marks_with_hole': Die Marken der Kalibrierplatte mit einem Loch. In diesem Fall sind die in `Contours` zurückgegebenen Ergebnisse Regionen anstelle von Konturen.

'caltab': Die Kontur des Suchmusters der Kalibrierplatte.

'last_caltab': Die Kontur des Suchmusters jener Kalibrierplatte, die beim letzten erfolgreichen Aufruf von `find_calib_object` extrahiert wurde. Es ist zu beachten, dass dabei die Beobachtung des erfolgreichen Aufrufs von `find_calib_object` verwendet wird und somit die Werte in `CameraIdx`, `CalibObjIdx` und `CalibObjPoseIdx` ignoriert werden.

Das erwähnte Suchmuster hängt von der Kalibrierplatte ab:

- Kalibrierplatten mit hexagonaler Markenanordnung: Hexagon von Marken (also einer Marke und deren sechs Nachbarmarken), das vier oder sechs Marken mit einem Loch enthält, siehe `create_caltab`.
- Kalibrierplatten mit rechteckiger Markenanordnung: Rahmen der Kalibrierplatte mit Dreieck in einer Ecke.

Parameter

▷ **`Contours`** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
Konturbasierte Daten.

▷ **`CalibDataID`** (input_control) ..... calib_data ⇝ *handle*
Handle des Kalibrierdatenmodells.

▷ **`ContourName`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name der Konturobjekte.
Default: 'marks'
Werteliste: `ContourName` ∈ {'marks', 'caltab', 'last_caltab', 'marks_with_hole'}

▷ **`CameraIdx`** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
Index der beobachtenden Kamera.
Default: 0

▷ **`CalibObjIdx`** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
Index der beobachteten Kalibrierplatte.
Default: 0

▷ **CalibObjPoseIdx** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
Index der beobachteten Pose.
Default: 0

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Calibration

get_calib_data_observ_points (: : CalibDataID, CameraIdx, CalibObjIdx, CalibObjPoseIdx : Row, Column, Index, Pose)

Abfragen punktbasierter Beobachtungsdaten aus dem Kalibrierdatenmodell.

Mit dem Operator get_calib_data_observ_points werden punktbasierte Beobachtungsdaten aus dem Kalibrierdatenmodell CalibDataID abgefragt. Der Operator gibt die Daten zurück, die mit den Operatoren set_calib_data_observ_points oder find_calib_object gespeichert wurden. Siehe set_calib_data_observ_points für weitere Information über die einzelnen Parameter.

Für den Fall, dass set_calib_data_observ_points für die Kalibrierung verwendet wird, sind die zurückgelieferten Werte von Row und Column die originalen Werte, die mit set_calib_data_observ_points festgelegt wurden. Falls find_calib_object für die Extraktion verwendet wird, stimmen die Werte von Row und Column, die von get_calib_data_observ_points zurückgegeben werden, mit den Koordinaten der gefundenen Punkte, die von find_calib_object ermittelt werden, überein.

Beachten Sie, dass get_calib_data_observ_points die Pose von unkalibrierten Modellen zurück gibt. Um an die Pose eines kalibrierten Modells zu gelangen, nutzen Sie get_calib_data.

Parameter

▷ **CalibDataID** (input_control) ..... calib_data ⇝ *handle*
Handle des Kalibrierdatenmodells.

▷ **CameraIdx** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
Index der beobachtenden Kamera.
Default: 0

▷ **CalibObjIdx** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
Index des beobachteten Kalibrierkörpers.
Default: 0

▷ **CalibObjPoseIdx** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
Index der beobachteten Pose.
Default: 0

▷ **Row** (output_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinaten der extrahierten Punktmerkmale.

▷ **Column** (output_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinaten der extrahierten Punktmerkmale.

▷ **Index** (output_control) ..... number-array ⇝ *integer* / real
Zuordnung der extrahierten Punktmerkmale zu den Kalibrierkörpermarken.

▷ **Pose** (output_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
Grob geschätzte 3D-Pose der Kalibrierkörper relativ zur beobachtenden Kamera.
Parameteranzahl: 7

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Calibration

get_camera_setup_param (: : CameraSetupModelID, CameraIdx, GenParamName : GenParamValue)

Abfragen generischer Kameraaufbaumodellparameter.

Mit dem Operator get_camera_setup_param können generische Parameter des Kameraaufbaumodells CameraSetupModelID abgefragt werden. Dabei werden zwei Typen von Parameter unterschieden:

Generische Modellparameter:

Mit CameraIdx=*'general'* werden, je nach Auswahl im Parameter GenParamName, die folgenden Kameraaufbauparameter im Parameter GenParamValue zurückgegeben:

'num_cameras': Im Modell gesetzte Anzahl der Kameras. Die Anzahl der Kameras im Modell wird bei dessen Erstellung festgelegt und kann im Nachhinein nicht mehr geändert werden (siehe create_camera_setup_model).

'camera_calib_error': Die Wurzel des mittleren quadratischen Rückprojektionsfehlers (RMSE) der Optimierung des Kamerasystems. Dieser Fehlerwert ist identisch mit dem von calibrate_cameras zurückgegebenen Fehlerwert.

'reference_camera': Gibt den Index der Kamera zurück, die als Referenzkamera des Systems festgelegt wurde. Wurde mit set_camera_setup_param) keine Kamera spezifiziert, so wird als Index die 0-te Kamera zurückgegeben. Für den Fall, dass das Koordinatensystem durch Setzen einer Pose (siehe *'coord_transf_pose'* in set_camera_setup_param) verschoben wurde und somit der Ursprung in keiner der Kameras liegt, so wird als Index -1 zurückgegeben.

'coord_transf_pose': Gibt die Pose zurück in die das Koordinatensystem des Aufbaus verschoben wurde. Dabei ist zu beachten, dass beim Setzen einer Referenzkamera (siehe set_camera_setup_param) die Pose zurückgegeben wird, die der Pose der gesetzten Kamera entspricht. Eine nachträgliche Verschiebung dieses Koordinatensystem mit Hilfe von *'coord_transf_pose'* in set_camera_setup_param liefert eine Pose zurück, die die Position und Orientierung des gewünschten Koordinatensystems relativ zum aktuellen darstellt.

Kameraparameter:

Wenn im Parameter CameraIdx einen gültigen Kameraindex (d.h. eine Zahl zwischen 0 und NumCameras-1) eingegeben wird, können die folgenden Parameter, je nach Auswahl im Parameter GenParamName, für die ausgewählte Kamera abgefragt werden, ihr Wert wird im Parameter GenParamValue zurückgegeben:

'type': Kameratyp (siehe set_camera_setup_cam_param).

'params': Ein Tupel mit den internen Kameraparameter. Die Länge dieses Tupels hängt vom Kameratyp ab.

'params_deviations': Ein Tupel mit den Standardabweichungen der internen Kameraparameter. Die Länge dieses Tupels hängt von dem Kameratyp ab.

'params_covariances': Ein Tupel mit der Kovarianzmatrix der internen Kameraparameter. Das Tupel stellt eine quadratische symmetrische Matrix dar, das dieselbe Größe hat wie das Tupel mit den entsprechenden Standardabweichungen.

'pose': Kamerapose relativ zum Koordinatensystem des Kameraaufbaus (siehe create_camera_setup_model für weitere Information).

Es ist zu beachten, dass eine Kamera im Modell bereits definiert sein muss, um ihre Parameter mit get_camera_setup_param abfragen zu können. Wenn CameraIdx der Index einer undefinierten Kamera ist, gibt der Operator einen Fehler zurück.

Weitere detaillierte Informationen zur Kalibrierung von Kameraaufbauten befinden sich im Kapitel Kalibrierung.

Parameter

▷ **CameraSetupModelID** (input_control) . . . . . camera_setup_model ⇝ *handle*
Handle des Kameraaufbaumodells.

▷ **CameraIdx** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer* / string
Index der Kamera im Modell.
Default: 0
Wertevorschläge: `CameraIdx` ∈ {0, 1, 2, 'general'}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'camera_calib_error', 'type', 'params', 'params_deviations', 'params_covariances', 'pose', 'reference_camera', 'coord_transf_pose', 'num_cameras'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *real* / integer / string
Werte der generischen Parameter.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Calibration

query_calib_data_observ_indices (: : CalibDataID, ItemType, ItemIdx : Index1, Index2)

Abfragen von Information zur Beziehung zwischen Kameras, Kalibrierkörpern und Kalibrierkörperposen.

Ein Kalibrierdatenmodell (`CalibDataID`) speichert einen Satz von Beobachtungsdaten, die mit `set_calib_data_observ_points` zum Modell hinzugefügt werden. Jede Beobachtung wird einer Kamera und einer Kalibrierkörperpose zugeordnet. Der Operator `query_calib_data_observ_indices` liefert die Indizes von Beobachtungsdaten zurück, welche einer bestimmten Kamera bzw. einer bestimmten Kalibrierkörperpose zugeordnet sind.

Für `ItemType`='*camera*' muss ein gültiger Kameraindex in `ItemIdx` eingegeben werden. Dann liefern die Ausgabeparameter `Index1` und `Index2` eine Liste von Kalibrierkörperindizes bzw. eine Liste von Posenindizes zurück. Die Einträge beider Listen bilden Schlüsselpaare `[Index1[I],Index2[I]]` der 'beobachteten' Kalibrierkörperposen mit `I=0..|Index1|-1` und `|Index1| = |Index2|`.

Für `ItemType`='*calib_obj_pose*' muss ein gültiger Kalibrierkörperindex in `ItemIdx` eingegeben werden. Dann liefern die Ausgabeparameter `Index1` und `Index2` eine Liste von Kameraindizes bzw. eine Liste von Kalibrierkörperposen-Indizes zurück. Jedes Paar `[Index1[I],Index2[I]]` mit `I=0..|Index1|-1` und `|Index1| = |Index2|`, bedeutet, dass die Kamera `Index1[I]` die Kalibrierkörperpose `[ItemIdx, Index2[I]]` 'beobachtet'.

Dieser Operator ist insbesondere dann nützlich, wenn die Beobachtungsdaten eines Kalibrierdatenmodells untersucht werden sollen. Das ist typischerweise der Fall bei Kalibrierdatenmodellen, die aus einer Datei gelesen werden und deren Konfiguration und Inhalt noch unbekannt sind. Darüber hinaus wird der Operator zum Abfragen einer Liste aller Posen, welche einem Kalibrierkörper zugeordnet sind, benutzt (siehe Beispiel).

Parameter

▷ **CalibDataID** (input_control) . . . . . calib_data ⇝ *handle*
Handle des Kalibrierdatenmodells.

▷ **ItemType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Typ des abgefragten Elements.
Default: 'camera'
Werteliste: `ItemType` ∈ {'camera', 'calib_obj'}

▷ **ItemIdx** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Index einer Kamera ID oder eines Kalibrierkörpers (je nach Auswahl in `ItemType`).
Default: 0
Wertevorschläge: `ItemIdx` ∈ {0, 1, 2}

▷ **Index1** (output_control) ..... number-array ⇝ *integer*
Liste von Kalibriermarkennummer oder Liste von Kameranummer (je nach Auswahl in `ItemType`).

▷ **Index2** (output_control) ..... number-array ⇝ *integer*
Kalibrierkörpernummer.

Beispiel

```
* Read a calibration model from a file.
read_calib_data ('calib_data.ccd',CalibDataID)

* Get calibration object indices assigned to calibration object 0.
query_calib_data_observ_indices (CalibDataID, 'calib_obj', 0, _, \
                                 CalibObjPoseIndices)
* CalibObjPoseIndices contains the list of pose indices of calibration
* object 0. In order to be stored in the model, each calibration object
* needs to be observed by at least one camera in the setup (a calibration
* object pose that is not observed by any camera cannot be stored in
* the model). Typically, a calibration object pose can be observed by more
* than one camera. Hence, some calibration object pose indices might appear
* repeatedly in CalibObjPoseIndices. We use tuple_sort and tuple_uniq to
* extract a unique list of calibration object pose indices for calibration
* object 0.
tuple_sort (CalibObjPoseIndices, CalibObjPoseIndices)
tuple_uniq (CalibObjPoseIndices, CalibObjPoseIndices)

* Get poses of calibration objects observed by camera 2.
calibrate_cameras (CalibDataID, Error)
query_calib_data_observ_indices (CalibDataID, 'camera', 2, CalibObjIndices,\
                                 CalibObjPoseIndices)
for I := 0 to |CalibObjIndices|-1 by 1
  get_calib_data (CalibDataID, 'calib_obj_pose', \
                  [CalibObjIndices[I], CalibObjPoseIndices[I]], \
                  'pose', CalibObjPose)
endfor
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- CalibDataID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Modul

Calibration

read_calib_data (: : FileName : CalibDataID)

Einlesen eines Kalibrierdatenmodells aus einer Datei.

Der Operator `read_calib_data` liest ein Kalibrierdatenmodell aus der Datei `FileName` und gibt das Handle des nun im Speicher angelegten Modells im `CalibDataID` zurück. Die Modelldatei wird mit dem Operator `write_calib_data` erzeugt.

Beachten Sie, dass write_calib_data keine Kalibrierergebnisse in die Datei speichert. Für ein vollständig konfiguriertes Modell kann allerdings calibrate_cameras direkt nach dem Lesen aufgerufen werden und die Kalibrierergebnisse sind danach wieder abfragbar.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Dateiname des Modells.
Dateiendung: .ccd

▷ **CalibDataID** (output_control) . . . . . calib_data ⇝ *handle*
Handle des Kalibriermodells.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Modul

Calibration

read_camera_setup_model (: : FileName : CameraSetupModelID)

Einlesen eines Kameraaufbaumodells aus einer Datei.

Der Operator read_camera_setup_model liest ein Kameraaufbaumodell aus der Datei FileName und gibt das Handle des nun im Speicher angelegten Modells im CameraSetupModelID zurück. Die Modelldatei wird mit dem Operator write_camera_setup_model erzeugt.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Dateiname des Modells.
Dateiendung: .csm

▷ **CameraSetupModelID** (output_control) . . . . . camera_setup_model ⇝ *handle*
Handle des Kameraaufbaumodells.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Modul

Calibration

remove_calib_data (: : CalibDataID, ItemType, ItemIdx :)

Entfernen eines Datensatzes aus dem Kalibrierdatenmodell.

Mittels des Operators remove_calib_data können Daten aus dem Kalibrierdatenmodell CalibDataID entfernt werden. Momentan kann nur der Datensatz für die Hand-Auge-Kalibrierung geändert werden.

Mit ItemType='tool' kann die Robotertoolpose entfernt werden, die benutzt wurde um die Beobachtung der Pose des Kalibrierobjektes mit dem gleichen Index ItemIdx zu erlangen. (ItemIdx entspricht dem Parameter CalibObjPoseIdx aus find_calib_object, set_calib_data_observ_pose, oder set_calib_data_observ_pose). Zu beachten ist, dass die entsprechende Beobachtung des Kalibrierobjektes mit demselben Index ItemIdx auch gelöscht werden muss. Sonst liefert der Operator calibrate_hand_eye eine Fehlermeldung.

Parameter

- ▷ **CalibDataID** (input_control) . . . . . calib_data ⇝ *handle*
  Handle des Kalibrierdatenmodells.
- ▷ **ItemType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Typ des abgefragten Elements.
  Default: 'tool'
  Werteliste: ItemType ∈ {'tool'}
- ▷ **ItemIdx** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / string
  Index des abgefragten Elements.
  Default: 0
  Wertevorschläge: ItemIdx ∈ {0, 1, 2}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- CalibDataID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

set_calib_data, remove_calib_data_observ

Nachfolger

calibrate_hand_eye

Siehe auch

calibrate_cameras

Modul

Calibration

remove_calib_data_observ (: : CalibDataID, CameraIdx, CalibObjIdx, CalibObjPoseIdx :)

Entfernen einer Beobachtung aus dem Kalibrierdatenmodell

Der Operator remove_calib_data_observ entfernt Beobachtungen aus dem Kalibrierdatenmodell CalibDataID, die vorher mittels find_calib_object, set_calib_data_observ_points oder set_calib_data_observ_pose gesetzt wurden. Die Parameter CameraIdx, CalibObjIdx und CalibObjPoseIdx müssen eine gültige Beobachtung bezeichnen. Falls das Kalibrierdatenmodell CalibDataID zusammen mit calibrate_hand_eye benutzt wird, muss auch die entsprechende Pose des Robotertools mit remove_calib_data gelöscht werden.

Parameter

- ▷ **CalibDataID** (input_control) . . . . . calib_data ⇝ *handle*
  Handle des Kalibrierdatenmodells.
- ▷ **CameraIdx** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
  Index der beobachtenden Kamera.
  Default: 0

▷ **CalibObjIdx** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Index des beobachteten Kalibrierkörpers.
Default: 0

▷ **CalibObjPoseIdx** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Index der beobachteten Pose.
Default: 0

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- CalibDataID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`find_calib_object`, `set_calib_data_observ_points`, `set_calib_data_observ_pose`

Nachfolger

`remove_calib_data`, `calibrate_cameras`, `calibrate_hand_eye`

Modul

Calibration

serialize_calib_data (: : CalibDataID : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines Kalibrierdatenmodells.

`serialize_calib_data` serialisiert die Daten eines Kalibrierdatenmodells (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von `write_calib_data` in eine Datei geschrieben werden. Das Kalibrierdatenmodell wird in dem Handle `CalibDataID` übergeben. Das serialisierte Kalibrierdatenmodell wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und kann mit `deserialize_calib_data` wieder deserialisiert werden.

Beachten Sie, dass keine Ergebnisse der Kalibrierung serialisiert werden. Diese können stattdessen mit `get_calib_data` abgefragt werden und einzeln oder gemeinsam in Form eines Kameraaufbaumodells gespeichert werden.

Parameter

▷ **CalibDataID** (input_control) . . . . . calib_data ⇝ *handle*
Handle des Kalibrierdatenmodells.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_calib_data` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- CalibDataID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Nachfolger

`fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_calib_data`

Modul

Calibration

`serialize_camera_setup_model` `( : : CameraSetupModelID : SerializedItemHandle )`

Serialisieren eines Kameraaufbaumodells.

`serialize_camera_setup_model` serialisiert die Daten eines Kameraaufbaumodells (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von `write_camera_setup_model` in eine Datei geschrieben werden. Das Kameraaufbaumodell wird in dem Handle `CameraSetupModelID` übergeben. Das serialisierte Kameraaufbaumodell wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und kann mit `deserialize_camera_setup_model` wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **`CameraSetupModelID`** (input_control) . . . . . camera_setup_model ⇝ *handle*
Handle des Kameraaufbaumodells.

▷ **`SerializedItemHandle`** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_camera_setup_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_camera_setup_model`

Modul

Calibration

`set_calib_data` `( : : CalibDataID, ItemType, ItemIdx, DataName, DataValue : )`

Setzen von Parametern für das Kalibrierdatenmodell.

Mit dem Operator `set_calib_data` können Daten im Kalibrierdatenmodell `CalibDataID` gespeichert werden.

Eine Übersicht wie das Kalibrierdatenmodell im Laufe des Prozesses einer Kamerakalibrierung oder einer Hand-Auge-Kalibrierung mit Daten gefüllt wird, ist in der Beschreibung von `get_calib_data` gegeben.

Das Kalibrierdatenmodell kann unterschiedliche Arten von Daten enthalten. Wie bestimmte Daten im Kalibrierdatenmodell gesetzt werden, wird für verschiedene Kategorien von Daten beschrieben:

- Modelldaten (`ItemType` *'model'*)
- Kameradaten (`ItemType` *'camera'*)

- Daten zu den Kalibrierkörperposen (`ItemType` *'calib_obj_pose'*)
- Daten für Hand-Auge-Kalibrierung (`ItemType` *'tool'*)

Der Parameter `ItemIdx` bezeichnet, ob der neue Parameterwert für alle oder nur für ein Element gesetzt werden soll. Die Daten, die geändert werden sollen, werden in `DataName` eingegeben, ihre Werte in `DataValue`.

Weitere detaillierte Informationen zur Kalibrierung von Kameraaufbauten befinden sich im Kapitel Kalibrierung.

Modelldaten

`ItemType`=*'model'*: `ItemIdx` muss auf den Wert *'general'* gesetzt werden.

Je nach Auswahl in `DataName` werden die folgenden Modellparameter auf den in `DataValue` übergebenen Wert gesetzt:

'reference_camera': Referenzkamera für das Kalibrierdatenmodell. Alle 3D-Posen, sowohl für die Kameras, als auch für die Kalibrierkörper, werden relativ zu diesem Kamerakoordinatensystem angegeben (siehe `get_calib_data`).

'common_motion_vector': Für Stereosysteme, die Zeilenkameras mit telezentrischen Objektiven verwenden: ein String mit einem Booleschen Wert (d.h. *'true'* oder *'false'*), der festlegt, ob die Zeilenkameras einen gemeinsamen Bewegungsvektor besitzen.

'optimization_method': Setzen der Optimierungsmethode für die Hand-Auge-Kalibrierung. Falls `DataValue`=*'linear'* gesetzt ist, wird eine lineare Methode verwendet. Falls `DataValue`=*'nonlinear'* gesetzt ist, wird eine nichtlineare Methode verwendet. Falls `DataValue`=*'stochastic'* gesetzt ist, wird eine Methode verwendet, die auch die Unsicherheit der gemessenen Beobachtungen berücksichtigt (siehe `calibrate_hand_eye` für mehr Details).

Kameradaten

`ItemType`=*'camera'*: `ItemIdx` legt fest, ob die Kalibriereinstellungen für alle Kameras oder für einzelne Kameras gespeichert werden sollen. Mit `ItemIdx`=*'general'* werden die neuen Einstellungen als Standardwert für alle Kameras im Modell gesetzt. Wenn dagegen ein gültiger Kameraindex in `ItemIdx` eingegeben wird, d.h. eine Zahl zwischen 0 und `NumCameras`-1 (`NumCameras` wurde bei der Erstellung des Modells mit `create_calib_data` gesetzt), dann werden nur die Einstellungen der ausgewählten Kamera geändert.

Beim Auswählen eines der folgenden Parameter in `DataName` kann eingegeben werden, **welche Kameraparameter optimiert werden** sollen:

'calib_settings': Zusätzlich zu den bereits für die Optimierung ausgewählten Kameraparametern zu optimierende Kameraparameter. Standardmäßig sind alle Kameraparameter für die Optimierung ausgewählt. D.h., *'calib_settings'* ist hauptsächlich dazu geeignet, vorher ausgeschlossene Parameter wieder zur Auswahl hinzuzufügen.

'excluded_settings': Von der Optimierung ausgeschlossene Kameraparameter.

Die folgenden Kameraparameter können in `DataValue` verwendet werden. Betroffene Kameratypen und weitere Details zu den Parametern sind in Kalibrierung zu finden.

Interne Kameraparameter

'focus': Brennweite des Kameraobjektivs.

'magnification': Vergrößerungsmaßstab des Kameraobjektivs.

'kappa': Verzeichnungskoeffizient zur Modellierung der Verzeichnung mit dem Divisionsmodell.

'k1',*'k2'*,*'k3'*: Radiale Verzeichnungskoeffizienten zur Modellierung der Verzeichnung mit dem Polynommodell.

'poly_tan_2': Allgemeiner Parametername, der für alle tangentialen Verzeichnungskoeffizienten des Polynommodells steht, d.h. für p1 und p2.

'poly': Allgemeiner Parametername, der für alle Verzeichnungskoeffizienten des Polynommodells steht, d.h. k1, k2, k3, p1 und p2.

'image_plane_dist': Der Abstand der verkippten Bildebene vom Zentrum der perspektivischen Projektion.

'tilt': Verkippung und Rotation des Tiltobjektivs.

'cx',*'cy'*: Koordinaten des Kamerahauptpunktes.

'principal_point': Allgemeiner Parametername, der für *'cx'* und *'cy'* steht.

'sx',*'sy'*: Größe der Sensorelemente des Kamerasensors.

'params': Allgemeiner Parametername, der für alle internen Kameraparameter steht.

Bitte beachten Sie, dass die Bezeichnung *Brennweite* (Focus) nicht ganz richtig ist, da der Parameter Focus im Allgemeinen nicht der realen Brennweite entspricht, wenn die Objektweite nicht unendlich ist. Der Einfachheit halber wird hier aber nicht zwischen Brennweite und Bildweite unterschieden.

Externe Kameraparameter

'alpha',*'beta'*,*'gamma'*: Rotationswerte der Kamerapose.

'transx',*'transy'*,*'transz'*: Translationsvektor der Kamerapose.

'pose': Allgemeiner Parametername, der für alle Kameraposeparameter steht.

Weitere Kameraparameter

'vx',*'vy'*,*'vz'*: Parameter des Bewegungsvektors. Es ist zu beachten, dass für Stereosysteme, die Zeilenkameras mit telezentrischen Objektiven verwenden und die einen gemeinsamen Bewegungsvektor besitzen (d.h. *'common_motion_vector'* = *'true'*), die Optimierungsparameter des Bewegungsvektors der Referenzkamera festlegen, welche Parameter des gemeinsamen Bewegungsvektors optimiert werden. Für diese Art von System wird empfohlen, keine Parameter des Bewegungsvektors von der Optimierung auszuschließen.

'all': Allgemeiner Parametername, der für alle Kameraparameter, sowohl die internen als auch die externen, steht.

Als Standardeinstellung werden alle Parameter zum Optimieren gekennzeichnet. Eine Ausnahme davon ist es, wenn nur eine Kamera im Aufbau kalibriert wird (`NumCameras`=1). Für diesen Fall wird die Kamerapose von der Optimierung ausgeschlossen. Diese Sondereinstellung macht den Kalibrierprozess identisch mit demjenigen vom `camera_calibration`.

Daten zu den Kalibrierkörperposen

`ItemType`=*'calib_obj_pose'*: `ItemIdx` legt fest, ob Kalibriereinstellungen für alle Posen oder für einzelne Posen der Kalibrierkörper eingestellt werden sollen. Mit `ItemIdx`=*'general'* werden die neuen Einstellungen als Standardwert für alle Kalibrierkörperposen im Modell gesetzt. Wenn dagegen ein gültiger Kalibrierkörperposeindex, d.h. ein Tupel mit einem gültigen Indexpaar `[CalibObjIdx, CalibObjPoseIdx]`, in `ItemIdx` eingegeben wird, werden nur die Einstellungen der gekennzeichneten Pose geändert.

Beim Auswählen eines der folgenden Parameter in `DataName` kann eingegeben werden, **welche Parameter der Kalibrierkörperpose optimiert werden** sollen:

'calib_settings': Zusätzlich zu den bereits für die Optimierung ausgewählten Parametern zu optimierende Parameter der Kalibrierkörperpose. Standardmäßig sind alle Kameraparameter für die Optimierung ausgewählt. D.h., *'calib_settings'* ist hauptsächlich dazu geeignet, vorher ausgeschlossene Parameter wieder zur Auswahl hinzuzufügen.

'excluded_settings': Von der Optimierung ausgeschlossene Parameter der Kalibrierkörperpose.

Die folgenden Poseparameter können in `DataValue` aufgelistet werden:

'alpha',*'beta'*,*'gamma'*: Rotationswerte der Kalibrierkörperpose.

'transx',*'transy'*,*'transz'*: Translationsvektor der Kalibrierkörperpose.

'pose': Allgemeiner Parametername, der für alle Poseparameter steht.

'all': Alle Kalibrierkörperparameter, d.h. dieselben wie *'pose'*.

Die aktuellen Einstellungen der Optimierungsparameter eines Elements können mit `get_calib_data` abgefragt werden.

Daten für Hand-Auge-Kalibrierung

`ItemType`=*'tool'*: `ItemIdx` muss auf einen gültigen Kalibrierkörperposeindex gesetzt werden.

Beim Auswählen des folgenden Parameters in `DataName`, kann die Pose des Robotertools gesetzt werden:

'tool_in_base_pose': Setzen der Pose des Robotertools (in Roboterbasiskoordinaten), die für die Beobachtung der Kalibrierkörperpose mit demselben Index `ItemIdx` (entspricht dem Parameter `CalibObjPoseIdx` eines der Operatoren `find_calib_object`, `set_calib_data_observ_pose`, oder `set_calib_data_observ_points`) benutzt wurde.

Parameter

▷ **CalibDataID** (input_control) . . . . . calib_data ⇝ *handle*
Handle des Kalibrierdatenmodells.

▷ **ItemType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Typ des abgefragten Elements.
Default: 'model'
Werteliste: `ItemType` ∈ {'model', 'camera', 'calib_obj_pose', 'tool'}

▷ **ItemIdx** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / string
Index des abgefragten Elements (je nach Auswahl in `ItemType`).
Default: 'general'
Wertevorschläge: `ItemIdx` ∈ {0, 1, 2, 'general'}

▷ **DataName** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Name der zu setzenden Daten.
Default: 'reference_camera'
Werteliste: `DataName` ∈ {'reference_camera', 'calib_settings', 'excluded_settings', 'common_motion_vector', 'optimization_method', 'tool_in_base_pose'}

▷ **DataValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer
Werte der zu setzenden Daten.
Default: 0
Wertevorschläge: `DataValue` ∈ {0, 1, 2, 'all', 'pose', 'params', 'alpha', 'beta', 'gamma', 'transx', 'transy', 'transz', 'focus', 'magnification', 'kappa', 'poly', 'poly_tan_2', 'k1', 'k2', 'k3', 'image_plane_dist', 'tilt', 'principal_point', 'cx', 'cy', 'sx', 'sy', 'vx', 'vy', 'vz', 'true', 'false', 'linear', 'nonlinear', 'stochastic'}

Beispiel

```
* Here, the cell size is known exactly, thus it is excluded from
* the optimization.
set_calib_data (CalibDataID, 'camera', 'general', 'excluded_settings', \
                ['sx','sy'])
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- CalibDataID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`set_calib_data_observ_points`, `find_calib_object`

Nachfolger

`calibrate_cameras`, `calibrate_hand_eye`

Modul

Calibration

set_calib_data_calib_object (: : CalibDataID, CalibObjIdx, CalibObjDescr :)

Definieren des Kalibrierkörpers im Kalibrierdatenmodell.

Der Operator `set_calib_data_calib_object` definiert den Kalibrierkörper mit Index `CalibObjIdx` im Kalibrierdatenmodell `CalibDataID`. Dementsprechend muss `CalibObjIdx` zwischen 0 und

NumCalibObjects-1 liegen, wobei NumCalibObjects mit dem Operator create_calib_data bereits bei der Erstellung des Modells gesetzt wurde. Falls ein Kalibrierkörper mit derselben Index bereits definiert ist, wird er durch den neuen 'ausgetauscht'. Es ist zu beachten, dass alle NumCalibObjects Kalibrierkörper definiert werden müssen, bevor die Kamerakalibrierung (calibrate_cameras) durchgeführt werden kann.

Der Parameter CalibObjDescr wird auf zwei verschieden Weisen benutzt:

als Dateiname: Dateiname einer Kalibrierkörperbeschreibung die mit create_caltab oder gen_caltab erzeugt wurde.

als numerisches Tupel: Ein Tupel mit den 3D-Koordinaten aller Marken des Kalibrierkörpers. Die X-, Y- und Z-Koordinate müssen im Format [X, Y, Z], also in der Form [X1, ..., Xn, Y1, ..., Yn, Z1, ..., Zn] eingegeben werden, wobei |X| = |Y| = |Z| und die Koordinaten in Metern angegeben werden.

Die Kalibrierkörperparameter, die bereits im Modell gespeichert sind, können mit dem Operator get_calib_data abgefragt werden.

Weitere detaillierte Informationen zur Kalibrierung von Kameraaufbauten befinden sich im Kapitel Kalibrierung.

Parameter

▷ **CalibDataID** (input_control) ..... calib_data ⇝ *handle*
Handle des Kalibrierdatenmodells.

▷ **CalibObjIdx** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
Index des Kalibrierkörpers im Modell.
Default: 0
Wertevorschläge: CalibObjIdx ∈ {0, 1, 2}

▷ **CalibObjDescr** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer / string
3D-Koordinaten oder Beschreibungsdateiname.
Werteliste: CalibObjDescr ∈ {'calplate.cpd', 'calplate_5mm.cpd', 'calplate_10mm.cpd', 'calplate_20mm.cpd', 'calplate_40mm.cpd', 'calplate_80mm.cpd', 'calplate_160mm.cpd', 'calplate_320mm.cpd', 'calplate_640mm.cpd', 'calplate_1200mm.cpd', 'calplate_20mm_dark_on_light.cpd', 'calplate_40mm_dark_on_light.cpd', 'calplate_80mm_dark_on_light.cpd', 'caltab.descr', 'caltab_650um.descr', 'caltab_2500um.descr', 'caltab_6mm.descr', 'caltab_10mm.descr', 'caltab_30mm.descr', 'caltab_100mm.descr', 'caltab_200mm.descr', 'caltab_800mm.descr', 'caltab_small.descr', 'caltab_big.descr'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- CalibDataID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_calib_data, set_calib_data_cam_param

Nachfolger

set_calib_data_cam_param, set_calib_data_observ_points, find_calib_object

Modul

Calibration

set_calib_data_cam_param (: : CalibDataID, CameraIdx, CameraType, CameraParam :)

Definieren des Typs und der Startwerte für die internen Parameter der Kamera.

Der Operator set_calib_data_cam_param definiert die Startwerte für die internen Parameter CameraParam der Kamera mit Index CameraIdx im Kalibrierdatenmodell CalibDataID. Dementsprechend muss CameraIdx eine Zahl zwischen 0 und NumCameras-1 sein, wobei NumCameras mit dem Operator create_calib_data bereits beim Erstellen des Modells festgelegt wird. Falls eine Kamera mit dem Index CameraIdx bereits definiert ist, werden die Kameraparameter mit CameraParam überschrieben. Die Auswahl der zu optimierenden Kameraparameter wird in diesem Fall aufgehoben und muss eventuell neu gesetzt werden. Es ist zu beachten, dass alle NumCameras Kameras definiert werden müssen, bevor die Kamerakalibrierung (calibrate_cameras) durchgeführt werden kann. Weitere detaillierte Informationen zur Kalibrierung von Kameraaufbauten befinden sich im Kapitel Kalibrierung.

CameraType wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität als Parameter zur Verfügung gestellt. Die Information zum Kameratyp wird als erstes Element von CameraParam übergeben. Entsprechend muss der Parameter CameraType entweder wie empfohlen seinen Standardwert *[]* oder den gleichen Wert wie das erste Element von CameraParam haben. Für alle anderen Werte wird ein Fehler ausgegeben.

Eine Übersicht über alle verfügbaren Kameratypen und deren jeweilige Parameter ist im Kapitel Kalibrierung zu finden.

Der Typ einer Kamera im Kalibriermodell wird im Nachhinein wieder mit dem Operator get_calib_data und Argumenten ItemType=*'camera'* und DataName=*'type'* abgefragt. Die Startwerte für die internen Parameter der Kamera werden mit dem Operator get_calib_data und Argumenten ItemType=*'camera'* und DataName=*'init_params'* abgefragt.

Parameter

- ▷ **CalibDataID** (input_control) . . . . . calib_data ⇝ *handle*
  Handle des Kalibrierdatenmodells.
- ▷ **CameraIdx** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *integer* / string
  Index der Kamera im Modell.
  Default: 0
  Wertevorschläge: CameraIdx ∈ {'all', 0, 1, 2}
- ▷ **CameraType** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Kameratyp.
  Default: []
  Werteliste: CameraType ∈ {[]}
- ▷ **CameraParam** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
  Startwerte für die internen Kameraparameter.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- CalibDataID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_calib_data, set_calib_data_calib_object

Nachfolger

set_calib_data_calib_object, set_calib_data_observ_points, find_calib_object

Modul

Calibration

set_calib_data_observ_points (: : CalibDataID, CameraIdx, CalibObjIdx, CalibObjPoseIdx, Row, Column, Index, Pose :)

Punktbasierte Beobachtungsdaten im Kalibrierdatenmodell speichern.

Für Kalibrierdatenmodelle von Aufbautyp `CalibSetup`=*'calibration_object'* (see `create_calib_data`) erfolgt die Kalibrierung anhand metrischer Information, welche aus so genannten Beobachtungen der Kalibrierkörper extrahiert wird. Solche Beobachtungen werden mit dem Operator `set_calib_data_observ_points` im Modell gespeichert. Eine Beobachtung besteht aus folgenden Daten:

`CameraIdx`: Index der beobachtenden Kamera

`CalibObjIdx`: Index des beobachteten Kalibrierkörpers

`CalibObjPoseIdx`: Index der beobachteten Pose des Kalibrierkörpers. Dieser Index kann frei ausgewählt werden und muss keiner strengen Ordnung folgen. Wenn dieser Index für den Kalibrierkörper `CalibObjIdx` bereits im Modell gespeichert ist, werden die zugeordneten Beobachtungsdaten durch die neuen ersetzt. Im Gegensatz dazu kann derselbe Index Posen unterschiedlicher Kalibrierkörper problemlos zugeordnet werden.

`Row`, `Column`, `Index`: Extrahierte Bildkoordinaten und entsprechender Index der Kalibrierkörpermarker. `Row` und `Column` sind Tupel, die dieselbe Anzahl von Elementen enthalten. `Index` kann entweder ein Tupel (von derselben Länge) oder den Wert *'all'* enthalten, womit bezeichnet wird, dass die Punkte `[Row, Column]` eins-zu-eins den Kalibrierkörpermarker entsprechen.

`Pose`: Grob geschätzte 3D-Pose des Kalibrierkörpers relativ zur beobachtenden Kamera.

Wenn eine HALCON-Kalibrierplatte als Kalibrierkörper eingesetzt wird, empfehlen wir den Operator `find_calib_object` statt dem Operator `find_marks_and_pose` zu verwenden, um Bildpunkte zu extrahieren und die Kalibrierkörperpose zu schätzen, da dieser Konturinformation im Kalibrierdatenmodell speichert und so eine präzisere Kalibrierung mit `calibrate_cameras` ermöglicht.

Die Beobachtungsdaten können mit `get_calib_data_observ_points` abgefragt werden.

Parameter

▷ **`CalibDataID`** (input_control) . . . . . calib_data ⇝ *handle*
Handle des Kalibrierdatenmodells.

▷ **`CameraIdx`** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Index der beobachtenden Kamera.
Default: 0
Wertevorschläge: `CameraIdx` ∈ {0, 1, 2}

▷ **`CalibObjIdx`** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Index des beobachteten Kalibrierkörpers.
Default: 0
Wertevorschläge: `CalibObjIdx` ∈ {0, 1, 2}

▷ **`CalibObjPoseIdx`** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Index der beobachteten Pose.
Default: 0
Wertevorschläge: `CalibObjPoseIdx` ∈ {0, 1, 2}
Restriktion: CalibObjPoseIdx >= 0

▷ **`Row`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinaten der extrahierten Punktmerkmale.

▷ **`Column`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinaten der extrahierten Punktmerkmale.

▷ **`Index`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *integer* / string
Zuordnung der extrahierten Punktmerkmale zu den Kalibrierkörpermarken.
Default: 'all'
Wertevorschläge: `Index` ∈ {'all', 0, 1, 2}

▷ **`Pose`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Grob geschätzte 3D-Pose des Kalibrierkörpers relativ zur beobachtenden Kamera.
Parameteranzahl: 7

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- CalibDataID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`find_marks_and_pose`, `set_calib_data_cam_param`, `set_calib_data_calib_object`

Nachfolger

`set_calib_data`, `calibrate_cameras`

Alternativen

`find_calib_object`

Modul

Calibration

`set_camera_setup_cam_param` `( : : CameraSetupModelID, CameraIdx, CameraType, CameraParam, CameraPose : )`

Definieren des Typs, der internen Parameter und der Pose einer Kamera im Kameraaufbaumodell.

Der Operator `set_camera_setup_cam_param` definiert die internen Parameter und die Pose der Kamera mit Index `CameraIdx` im Kameraaufbaumodell `CameraSetupModelID`. Der Parameter `CameraIdx` muss ein gültiger Kameraindex sein, d.h. eine Zahl zwischen 0 und `NumCameras`-1 (siehe `get_camera_setup_param` mit Parameter *'num_cameras'*). Wenn die Kamera mit Index `CameraIdx` bereits im Modell definiert ist, werden alle ihrer Parameter durch den neuen ersetzt (die Kamera wird 'ausgetauscht').

Die Anzahl der Werte in `CameraParam` richtet sich nach dem Kameratyp. Siehe die Beschreibung von `set_calib_data_cam_param` für eine Liste der Werte und Kalibrierung für detaillierte Informationen über Kameratypen und Kameraparameter.

`CameraType` wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität als Parameter zur Verfügung gestellt. Die Information zum Kameratyp wird als erstes Element von `CameraParam` übergeben. Entsprechend muss der Parameter `CameraType` entweder wie empfohlen seinen Standardwert *[]* oder den gleichen Wert wie das erste Element von `CameraParam` haben. Für alle anderen Werte wird ein Fehler ausgegeben.

Der Parameter `CameraPose` definiert die Pose der Kamera relativ zum Koordinatensystem des Kameraaufbaus (siehe `create_camera_setup_model` für eine genauere Beschreibung dieses Koordinatensystems).

Alle Parameter, die mit dem Operator `set_camera_setup_cam_param` gesetzt werden, können mit dem Operator `get_camera_setup_param` wieder abgefragt werden. Während der Kameratyp nur mit einem neuen Aufruf des Operators `set_camera_setup_cam_param` geändert werden kann, können alle andere Kameraparameter mit dem Operator `set_camera_setup_param` geändert werden.

Weitere Parameter können mit dem Operator `set_camera_setup_param` gesetzt werden: Standardabweichungen und/oder Kovarianzen der internen Kameraparameter.

Parameter

- ▷ **`CameraSetupModelID`** (input_control) . . . . . camera_setup_model ⇝ *handle*
  Handle des Kameraaufbaumodells.
- ▷ **`CameraIdx`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *integer*
  Index der Kamera im Modell.
  Wertevorschläge: `CameraIdx` ∈ {0, 1, 2}
- ▷ **`CameraType`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Kameratyp.
  Default: []
  Werteliste: `CameraType` ∈ {[]}
- ▷ **`CameraParam`** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter.
- ▷ **`CameraPose`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Kamerapose relativ zum Koordinatensystem des Aufbaus.
  Parameteranzahl: 7

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Calibration

set_camera_setup_param (: : CameraSetupModelID, CameraIdx, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen von generischen Parametern im Kameraaufbaumodell.

Mit dem Operator set_camera_setup_param können diverse Parameter und Transformationen des Setups CameraSetupModelID gesetzt werden. Dabei werden zwei Typen von Parameter unterschieden:

Koordinatensystem des Aufbaus und Transformation der Kameraposen:

Mit CameraIdx='*general*' wird, je nach Auswahl im Parameter GenParamName, das Koordinatensystem des Aufbaus neu festgelegt und die Kameraposen entsprechend transformiert:

'reference_camera': Wird in GenParamValue ein gültiger Kameraindex übergeben, so werden alle Kameraposen relativ zum Koordinatensystem der gewählten Kamera neu berechnet.

'coord_transf_pose': Wird in GenParamValue ein Tupel im HALCON-Pose-Format übergeben, so wird das Koordinatensystem des Aufbaus in diese Pose verschoben. Die Pose in GenParamValue stellt dabei die Position und Orientierung des gewünschten Koordinatensystems relativ zum aktuellen dar. Alle Kameraposen werden dann relativ zum neuen Koordinatensystem neu berechnet.

Die neu berechneten Kameraposen können mit dem Operator get_camera_setup_param abgefragt werden.

Kameraparameter:

Wenn im Parameter CameraIdx eine gültiger Kameraindex (d.h. eine Zahl zwischen 0 und NumCameras-1) eingegeben wird, werden die folgenden Parameter, je nach Auswahl im Parameter GenParamName, für die ausgewählte Kamera auf den Wert im Parameter GenParamValue gesetzt:

'params': Ein Tupel mit den internen Kameraparametern.

'params_deviations': Ein Tupel mit den Standardabweichungen der internen Kameraparameter. Das Tupel soll einen Wert für jeden internen Kameraparameter bis auf die Parameter CameraType, Width und Height enthalten, d.h. |params_deviations|=|params|-3. Die internen Kameraparameter richten sich nach dem Kameratyp. Siehe die Beschreibung von set_calib_data_cam_param für eine Liste der Werte und Kalibrierung für detaillierte Informationen über Kameratypen und Kameraparameter.

'params_covariances': Ein Tupel mit der Kovarianzmatrix der internen Kameraparameter. Das Tupel muss eine quadratische symmetrische Matrix darstellen, deren beide Dimensionen gleich groß sind wie die Anzahl der Standardabweichungswerte, d.h., |params_covariances|=|params_deviations|^2 =(|params|-3)^2, siehe *'params_deviations'*.

'pose': Ein Tupel mit der Kamerapose in Form einer HALCON-Pose, relativ zum Koordinatensystem des Aufbaus. Siehe oben für mehr Information.

Es ist zu beachten, dass eine Kamera im Modell bereits definiert sein muss, um ihre Parameter mit set_camera_setup_param ändern zu können. Wenn CameraIdx der Index einer undefinierten Kamera ist, gibt der Operator einen Fehler zurück.

Alle Parameter können mit dem Operator get_camera_setup_param wieder abgefragt werden.

Parameter

- ▷ **CameraSetupModelID** (input_control) . . . . . camera_setup_model ⇝ *handle*
  Handle des Kameraaufbaumodells.
- ▷ **CameraIdx** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer* / string
  Index der Kamera im Modell.
  Default: 0
  Wertevorschläge: `CameraIdx` ∈ {0, 1, 2, 'general'}
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'params', 'params_deviations', 'params_covariances', 'pose', 'reference_camera', 'coord_transf_pose'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Werte der generischen Parameter.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_camera_setup_model`, `read_camera_setup_model`

Modul

Calibration

write_calib_data (: : CalibDataID, FileName :)

Schreiben des Kalibrierdatenmodells in eine Datei.

Der Operator `write_calib_data` schreibt ein Kalibrierdatenmodell `CalibDataID` in die Datei `FileName`. Folgende Information wird in der Datei gespeichert:

- Initiale Kameraeinstellungen
- Beschreibung der Kalibrierkörper
- Beobachtungsdaten
- Modelleinstellungen: die generischen und die spezifischen Optimierungseinstellungen für die Kameras bzw. Kalibrierkörper

Beachten Sie, dass keine Ergebnisse der Kalibrierung gespeichert werden. Diese können stattdessen mit `get_calib_data` abgefragt werden und einzeln oder gemeinsam in Form eines Kameraaufbaumodells gespeichert werden.

Das Kalibrierdatenmodell kann mit dem Operator `read_calib_data` eingelesen werden.

Parameter

- ▷ **CalibDataID** (input_control) . . . . . calib_data ⇝ *handle*
  Handle des Kalibrierdatenmodells.
- ▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
  Der Dateiname des zu speichernden Modells.
  Dateiendung: `.ccd`

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- CalibDataID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Modul

Calibration

write_camera_setup_model (: : CameraSetupModelID, FileName :)

Schreiben eines Kameraaufbaumodells in eine Datei.

Der Operator write_camera_setup_model schreibt ein Kameraaufbaumodell CameraSetupModelID in die Datei FileName.

Das Kameraaufbaumodell wird im Nachhinein mit dem Operator read_camera_setup_model gelesen.

Parameter

▷ **CameraSetupModelID** (input_control) . . . . . camera_setup_model ⇝ *handle*
Handle des Kameraaufbaumodells.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Der Dateiname des Modells.
Dateiendung: .csm

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Calibration

15.7 Monokular

camera_calibration (: : NX, NY, NZ, NRow, NCol, StartCamParam, NStartPose, EstimateParams : CameraParam, NFinalPose, Errors)

Bestimmen aller Kameraparameter durch simultane Ausgleichsrechnung.

camera_calibration führt die Kalibrierung einer einzelnen Kamera durch. Dazu werden bekannte 3D-Modellpunkte (mit Koordinaten NX, NY, NZ) ins Bild projiziert und die Summe der Abstandsquadrate zwischen den projizierten 3D-Koordinaten und ihren korrespondierenden Bildpunktkoordinaten (NRow, NCol) minimiert.

Als Startwerte für das Ausgleichsverfahren dienen die externen (NStartPose) und internen (StartCamParam) und Kameraparameter. Dabei wird die 3D-Lage NStartPose mit den initialen Werten für die externen Kameraparameter in der Form ${}^{ccs}\mathbf{P}_{wcs}$ erwartet. Dabei steht *ccs* für das Kamerakoordinatensystem und *wcs* für das Weltkoordinatensystem (siehe auch Transformationen / Posen und „Solution Guide III-C - 3D Vision"). Bestimmte Kameraparameter können mit EstimateParams ausdrücklich in die Minimierung ein- oder von ihr ausgeschlossen werden. Eine ausführliche Beschreibung der verfügbaren Kameramodelle sowie der dazugehörigen Kameraparameter findet sich in Kalibrierung.

Für eine erfolgreiche Kalibrierung wird mindestens ein Kalibrierobjekt mit genau bekannten metrischen Abmessungen benötigt, z.B. eine HALCON- Kalibrierplatte. Vor dem Aufruf von camera_calibration nehmen Sie eine Serie von Bildern des Kalibrierobjektes in unterschiedlichen Orientierungen auf, so dass das gesamte Blickfeld bzw. Messvolumen ausgefüllt wird. Der Erfolg der Kalibrierung hängt im hohen Maße von der Qualität der Kalibrierbilder ab. Deshalb wird bei der Aufnahme der Kalibrierbilder hohe Sorgfalt empfohlen. Für weitere Informationen sei auf den Abschnitt „Wie nehme ich geeignete Bilder auf?'"in Kalibrierung verwiesen.

Nach erfolgreicher Kalibrierung gibt camera_calibration die optimierten internen (CameraParam) und externen (NFinalPose ${}^{ccs}\mathbf{P}_{wcs}$) Kameraparameter der Kamera zurück. Zusätzlich liefert er die Wurzel des mittleren quadratischen Rückprojektionsfehlers (RMSE) der Optimierung im Parameter Errors (in Pixel) zurück. Dieser Fehler gibt einen allgemeinen Hinweis darauf, ob die Optimierung erfolgreich war.

Hinweise zur Kalibrierung

Wie extrahiert man die Markenmittelpunkte aus den Bildern? Wird eine HALCON-Kalibrierplatte verwendet, so können mit Hilfe des Operators find_calib_object für jedes Bild sowohl die Koordinaten der Markenmittelpunkte als auch eine grobe Schätzung der externen Kameraparameter bestimmt werden. Bei HALCON-Kalibrierplatten mit rechteckiger Markenanordnung (siehe gen_caltab) kann alternativ auch eine Kombination der Operatoren find_caltab und find_marks_and_pose verwendet werden. In beiden Fällen können die auf diese Weise erhaltenen Werte dann direkt als Startwerte für die externen Kameraparameter (NStartPose) verwendet werden.

Diejenigen Bilder, auf denen die Suche nach dem Kalibrierkörper (find_caltab) gescheitert ist bzw. für die der Operator find_marks_and_pose oder find_calib_object nicht die Markenpunkte detektieren konnte, sollten nicht in die Eingabeparameter von camera_calibration eingehen.

Wie erhält man die benötigten Startwerte für die Kalibrierung? Bei Verwendung einer HALCON-Kalibrierplatte sind die Eingabeparameter NX, NY und NZ in der dazugehörigen Beschreibungsdatei gespeichert. Sie können einfach mit caltab_points ausgelesen werden. Startwerte für die internen Kameraparameter (StartCamParam) sind in der Regel den Spezifikationen der Kamera zu entnehmen. Für weitere Informationen sei auf das Kapitel Kalibrierung verwiesen. Startwerte für die Lagen des Kalibrierkörpers sowie der Markenmittelpunkte (NRow und NCol) können für jedes Bild mit dem Operator find_calib_object ermittelt werden. Das Tupel NStartPose ergibt sich dann als Konkatenation dieser einzelnen Kameralagen.

Welche der Kameraparameter werden geschätzt? Mit dem Eingabeparameter EstimateParams kann angeben werden, welche der gesuchten Kameraparameter tatsächlich bestimmt werden sollen. Üblicherweise ist dieser Wert gleich *'all'*, d.h. alle 6 externen Kameraparameter (Translation und Rotation) und alle internen Kameraparameter werden in der Ausgleichung geschätzt. Falls die internen Parameter der Kamera bereits bekannt sind (z.B. durch einen früheren Aufruf von camera_calibration), ist es oftmals ausreichend, lediglich die 3D-Lage (Pose) des Weltkoordinatensystems in Kamerakoordinaten zu bestimmen. In diesem Fall kann in EstimateParams der Wert *'pose'* übergeben werden. Um denselben Effekt zu erzielen, kann man als Alternative dem Parameter EstimateParams auch alle zu bestimmenden Werte übergeben: EstimateParams = *['alpha','beta','gamma','transx','transy','transz']*. Andernfalls enthält EstimateParams ein Tupel von Strings, die die Kombination von Parametern, die geschätzt werden soll, enthält. Es ist auch möglich, Parameter die nicht geschätzt werden sollen über ein vorgesetztes '~' Zeichen im String auszuschließen. Die Werte *['pose','~transx']* beispielsweise haben denselben Effekt wie *['alpha','beta','gamma','transy','transz']*. *['all','~focus']* zum Beispiel schätzt alle internen und externen Parameter bis auf die Brennweite. Mit Ausnahme von *'all'* kann das Präfix '~' jedem Parameterwert vorangestellt werden.

Welche Beschränkungen bestehen bei der Bestimmung der Kameraparameter? Weiterführende Informationen über generelle Beschränkungen bei der Bestimmung der Kameraparameter finden sich im Abschnitt „Weitere Beschränkungen in Bezug auf spezifische Kameratypen'"des Kapitels Kalibrierung.

Wie sieht die Reihenfolge der einzelnen Parameter aus? Die Länge des Tupels NStartPose korrespondiert mit der Anzahl der Kalibrierbilder, d.h. werden beispielsweise 15 Aufnahmen eines Kalibrierkörpers verwendet, so ergibt sich die Länge des Tupels NStartPose zu $15 \cdot 7 = 105$ (15 mal je 7 externe Kameraparameter). Die ersten 7 Werte entsprechen daher der Lage des Kalibrierkörpers im 1. Bild, die nächsten 7 derjenigen im 2. Bildes usw.

Die dadurch festgelegte Anzahl der Kalibrierbilder muss auch bei den Tupeln mit den Koordinaten der 3D-Modellmarkenpunkte bzw. der extrahierten 2D-Markenpunkte berücksichtigt werden. Bei einer Anzahl von 15 Kalibrierbildern müssen daher die Tupel NRow und NCol 15 mal so viele Werte aufweisen wie die Tupel mit den 3D-Modellmarkenpunkten (NX, NY und NZ). Sind beispielsweise 49 Markenpunkte pro Bild vorhanden, so haben die Tupel NRow und NCol jeweils die Länge $15 \cdot 49 = 735$, die Tupel NX, NY und NZ haben dagegen die Länge 49. Die Reihenfolge der Werte in NRow und NCol erfolgt dabei bildweise, d.h. bei 49 Marken korrespondiert der erste 3D-Modellpunkt mit dem 1., 50., 99., 148., 197., 246. etc. extrahierten 2D-Markenpunkt.

Was bedeuten die Ausgabeparameter? Nach erfolgreicher Kalibrierung sind in den Ausgabeparametern CameraParam und NFinalPose die ausgeglichenen Werte der internen und externen Kameraparameter enthalten. Die Länge des Tupels NFinalPose entspricht dann derjenigen von NStartPose.

Die Darstellungstypen von NFinalPose entsprechen dem Darstellungstyp der des ersten Tupels aus NStartPose (siehe create_pose). Der Darstellungstyp kann jedoch mit convert_pose_type gewandelt werden.

Als weiterer Parameter wird der durchschnittliche Fehler (Errors) ausgegeben, mit welchem die erzielte Genauigkeit der Kalibrierung abgeschätzt werden kann. Der Fehler (Root-Mean-Square-Fehler der Position) wird in Pixel angegeben. Bei der Kalibrierung von nur einer einzelnen Kamera ist ein Fehler in der Größenordnung von 0.1 Pixel (der typische Detektionsfehler beim Extrahieren der Koordinaten der projizierten Kalibrierkörpermarken) ein Hinweis dafür, dass die Optimierung gut zu den Beobachtungsdaten passt. Wenn der Fehler deutlich über 0.1 Pixel liegt, wurde die Kalibrierung nicht gut ausgeführt. Die Gründe hierfür können z.B. eine schlechte Bildqualität, eine unzureichende Anzahl an Kalibrierbildern oder auch eine fehlerhafte Kalibrierplatte sein.

Muss man einen planaren Kalibrierkörper verwenden? Es ist **nicht** nötig, einen planaren Kalibrierkörper zu verwenden. Der Operator camera_calibration ist so ausgelegt, dass er mit den Eingabetupeln NX, NY, NZ, NRow und NCol beliebige 3D/2D-Korrespondenzen verarbeiten kann. Der Aufbau der Parameter kann dem Abschnitt „Wie sieht die Reihenfolge der einzelnen Parameter aus¿‘ entnommen werden.

Es spielt daher prinzipiell keine Rolle, wie man die nötigen 3D-Modellmarkenpunkte und die korrespondierenden 2D-Markenpunkte ermittelt. Somit ist es einerseits möglich, auch einen 3D-Kalibrierkörper zu verwenden. Andererseits kann man auch beliebige markante Punkte (z.B. natürliche Landmarken) verwenden, deren Positionen in der Welt bekannt sind. Falls man dann EstimateParams auf *'pose'* setzt, kann man auf diese Weise mit camera_calibration die Lage eines beliebigen Objektes in Kamerakoordinaten ermitteln! Hierzu sind dann mindestens drei 3D/2D-Korrespondenzen als Eingabe anzugeben. NStartPose kann z.B. direkt über create_pose generiert werden wie es im dazugehörigen Programmbeispiel gezeigt wird.

Achtung

Das Ergebnis der Kalibrierung hängt von den Startwerten für die internen (StartCamParam) und externen (NStartPose) Kameraparameter ab. Anhand der zurückgegebenen durchschnittlichen Fehler (Errors) kann die Genauigkeit der Kalibrierung abgeschätzt werden. Die Fehler (Abweichungen in x- und y-Koordinate) werden in Pixel angegeben.

Bei der Kalibrierung von Kameras mit Zeilensensor kann der Startwert für den internen Kameraparameter Sy auf den den Wert 0.0 gesetzt werden. In diesem Fall ist es allerdings nicht möglich, die Position des Bildhauptpunktes in y-Richtung zu bestimmen. Im Eingabeparameter EstimateParams muss aus diesem Grund explizit die y-Koordinate des Bildhauptpunktes ausgeschlossen werden: *'~cy'*. Der effektive Abstand des Bildhauptpunktes von der Sensorzeile ist dann immer $p_v = S_y \cdot C_y = 0.0$. Weitere Informationen können dem Abschnitt „Weitere Beschränkungen in Bezug auf spezifische Kameratypen’"in Kalibrierung entnommen werden.

Parameter

▷ **NX** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
Geordnetes Tupel mit allen x-Koordinaten der Kalibriermarken (in Meter).

▷ **NY** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
Geordnetes Tupel mit allen y-Koordinaten der Kalibriermarken (in Meter).
Parameteranzahl: NY == NX

▷ **NZ** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
Geordnetes Tupel mit allen z-Koordinaten der Kalibriermarken (in Meter).
Parameteranzahl: NZ == NX

▷ **NRow** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
Geordnetes Tupel mit allen Zeilen-Koordinaten der extrahierten Kalibriermarken (in Pixel).

▷ **NCol** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
Geordnetes Tupel mit allen Spalten-Koordinaten der extrahierten Kalibriermarken (in Pixel).
Parameteranzahl: NCol == NRow

▷ **StartCamParam** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
Startwerte für die internen Kameraparameter.

▷ **NStartPose** (input_control) ..... pose(-array) ⇝ *real* / integer
Geordnetes Tupel mit allen Startwerten der externen Kameraparameter.
Parameteranzahl: NStartPose == 7 * NRow / NX

▷ **EstimateParams** (input_control) ..... string-array ⇝ *string*
Zu schätzenden Kameraparameter.
Default: ’all’
Werteliste: EstimateParams ∈ {’all’, ’pose’, ’camera’, ’alpha’, ’beta’, ’gamma’, ’transx’, ’transy’,

'transz', 'focus', 'magnification', 'kappa', 'poly', 'k1', 'k2', 'k3', 'poly_tan_2', 'image_plane_dist', 'tilt', 'cx', 'cy', 'sx', 'sy', 'vx', 'vy', 'vz'}

▷ **CameraParam** (output_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
Interne Kameraparameter.

▷ **NFinalPose** (output_control) ..... pose(-array) ⇝ *real* / integer
Geordnetes Tupel mit allen externen Kameraparametern.
Parameteranzahl: NFinalPose == 7 * NRow / NX

▷ **Errors** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Durchschnittlicher Fehler in Pixel.

Beispiel

```
* Read calibration images.
read_image(Image1, 'calib/grid_space.cal.k.000')
read_image(Image2, 'calib/grid_space.cal.k.001')
read_image(Image3, 'calib/grid_space.cal.k.002')
*  Find calibration pattern.
find_caltab(Image1, CalPlate1, 'caltab_big.descr', 3, 112, 5)
find_caltab(Image2, CalPlate2, 'caltab_big.descr', 3, 112, 5)
find_caltab(Image3, CalPlate3, 'caltab_big.descr', 3, 112, 5)
*  Find calibration marks and start poses.
StartCamPar := ['area_scan_division', 0.008, 0.0, 0.000011, 0.000011, \
                384, 288, 768, 576]
find_marks_and_pose(Image1, CalPlate1, 'caltab_big.descr', StartCamPar, \
                    128, 10, 18, 0.9, 15.0, 100.0, RCoord1, CCoord1, \
                    StartPose1)
find_marks_and_pose(Image2, CalPlate2, 'caltab_big.descr', StartCamPar, \
                    128, 10, 18, 0.9, 15.0, 100.0, RCoord2, CCoord2, \
                    StartPose2)
find_marks_and_pose(Image3, CalPlate3, 'caltab_big.descr', StartCamPar, \
                    128, 10, 18, 0.9, 15.0, 100.0, RCoord3, CCoord3, \
                    StartPose3)
*  Read 3D positions of calibration marks.
caltab_points('caltab_big.descr', NX, NY, NZ)
*  Camera calibration.
camera_calibration(NX, NY, NZ, [RCoord1, RCoord2, RCoord3], \
                   [CCoord1, CCoord2, CCoord3], StartCamPar, \
                   [StartPose1, StartPose2, StartPose3], 'all', \
                   CameraParam, NFinalPose, Errors)
*  Write internal camera parameters to file.
write_cam_par(CameraParam, 'campar.dat')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und konnten die gesuchten Kameraparameter durch das Bündelausgleichsverfahren bestimmt werden, dann liefert `camera_calibration` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`find_marks_and_pose`, `caltab_points`, `read_cam_par`

Nachfolger

`write_pose`, `pose_to_hom_mat3d`, `disp_caltab`, `sim_caltab`

Alternativen

`calibrate_cameras`

Siehe auch

find_caltab, find_marks_and_pose, disp_caltab, sim_caltab, write_cam_par, read_cam_par, create_pose, convert_pose_type, write_pose, read_pose, pose_to_hom_mat3d, hom_mat3d_to_pose, caltab_points, gen_caltab, calibrate_cameras

Modul

Calibration

15.8 Projektion

cam_par_pose_to_hom_mat3d (: : CameraParam, Pose : HomMat3D)

Konvertieren von internen Kameraparametern und einer 3D-Lage (Pose) in eine 3×4 Projektionsmatrix.

cam_par_pose_to_hom_mat3d konvertiert die internen Kameraparameter CameraParam und die 3D-Lage Pose, die die externen Kameraparameter beschreibt, in eine 3×4 Projektionsmatrix HomMat3D, die dazu verwendet werden kann, Punkte von 3D nach 2D zu projizieren. Dabei kann die Konversion nur erfolgen, falls die Verzeichnungskoeffizienten in CameraParam 0 sind. Falls nötig muss change_radial_distortion_cam_par verwendet werden, um dies zu erreichen. Die internen Kameraparameter und die 3D-Lage werden typischerweise mit calibrate_cameras bestimmt.

Parameter

- ▷ **CameraParam** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter.
- ▷ **Pose** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
  3D-Lage (Pose).
  Parameteranzahl: 7
- ▷ **HomMat3D** (output_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
  3×4 Projektionsmatrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert cam_par_pose_to_hom_mat3d den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

calibrate_cameras, change_radial_distortion_cam_par

Nachfolger

project_point_hom_mat3d, project_hom_point_hom_mat3d

Siehe auch

create_pose, hom_mat3d_to_pose, project_3d_point, get_line_of_sight

Modul

Foundation

project_3d_point (: : X, Y, Z, CameraParam : Row, Column)

Projizieren von 3D-Punkten in Bildkoordinaten (Subpixel).

project_3d_point projiziert einen oder mehrere 3D-Punkte mit den Koordinaten X, Y und Z in das Bildkoordinatensystem (in Pixel) und liefert das Ergebnis in Row und Column zurück. Die Koordinaten X, Y und Z sind Kamerakoordinaten, entsprechen also der Position der Punkte relativ zur Kamera.

Die internen Kameraparameter CameraParam beschreiben dabei die Abbildungseigenschaften der Kamera (siehe Kalibrierung).

Parameter

▷ **X** (input_control) ..... point3d.x-array ⇝ *real*
X-Koordinaten der zu projizierenden 3D-Punkte im Kamerakoordinatensystem.

▷ **Y** (input_control) ..... point3d.y-array ⇝ *real*
Y-Koordinaten der zu projizierenden 3D-Punkte im Kamerakoordinatensystem.

▷ **Z** (input_control) ..... point3d.z-array ⇝ *real*
Z-Koordinaten der zu projizierenden 3D-Punkte im Kamerakoordinatensystem.

▷ **CameraParam** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
Interne Kameraparameter.

▷ **Row** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten der projizierten Punkte (in Pixel).

▷ **Column** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten der projizierten Punkte (in Pixel).

Beispiel

```
* Set internal camera parameters and pose of the world coordinate
* system in camera coordinates.
* Note that, typically, these values are the result of a prior
* calibration.
gen_cam_par_area_scan_division (0.01, -731, 5.2e-006, 5.2e-006, \
                                654, 519, 1280, 1024, CameraParam)
create_pose (0.1, 0.2, 0.3, 40, 50, 60, \
             'Rp+T', 'gba', 'point', WorldPose)
* Convert pose into transformation matrix.
pose_to_hom_mat3d(WorldPose, HomMat3D)
* Transform 3D points from world into the camera coordinate system.
affine_trans_point_3d(HomMat3D, [3.0, 3.2], [4.5, 4.5], [3.8, 4.2], X, Y, Z)
* Project 3D points into image.
project_3d_point(X, Y, Z, CameraParam, Row, Column)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert project_3d_point den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

read_cam_par, affine_trans_point_3d

Nachfolger

gen_region_points, gen_region_polygon, disp_polygon

Siehe auch

camera_calibration, disp_caltab, read_cam_par, get_line_of_sight, affine_trans_point_3d, image_points_to_world_plane

Modul

Calibration

project_hom_point_hom_mat3d (: : HomMat3D, Px, Py, Pz, Pw : Qx, Qy, Qw)

Projizieren eines homogenen 3D-Punktes mittels einer 3×4 Projektionsmatrix.

project_point_hom_mat3d wendet die 3×4 Projektionsmatrix HomMat3D auf alle homogenen Eingabepunkte (Px,Py,Pz,Pw) an und liefert ein Tupel von Ergebnispunkten (Qx,Qy,Qw) zurück. Die Transformation wird durch eine 3×4 Projektionsmatrix beschrieben, die in HomMat3D übergeben wird. Dies entspricht den folgenden Gleichungen (Ein- und Ausgabepunkte als homogene Vektoren dargestellt):

$$\begin{pmatrix} \mathtt{Qx} \\ \mathtt{Qy} \\ \mathtt{Qw} \end{pmatrix} = \mathtt{HomMat3D} \cdot \begin{pmatrix} \mathtt{Px} \\ \mathtt{Py} \\ \mathtt{Pz} \\ \mathtt{Pw} \end{pmatrix}$$

Um die homogenen Koordinaten in euklidische Koordinaten zu transformieren, muss durch Qw geteilt werden:

$$\begin{pmatrix} Ex \\ Ey \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{Qx}{Qw} \\ \frac{Qy}{Qw} \end{pmatrix}$$

Dies kann direkt mit project_point_hom_mat3d erreicht werden. Daher ist project_hom_point_hom_mat3d hauptsächlich in Situationen nützlich, in denen die Ergebnispunkte auf der unendlich fernen Geraden liegen können, d.h. $\mathtt{Qw} = 0$ besitzen können, und somit die obige Division nicht ausgeführt werden kann.

Es ist zu beachten, dass, konsistent mit den Konventionen in calibrate_cameras, Qx der Spaltenkoordinate und Qy der Zeilenkoordinate in einem Bild entspricht.

Parameter

- ▷ **HomMat3D** (input_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
  3×4 Projektionsmatrix.
- ▷ **Px** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt (x-Koordinate).
- ▷ **Py** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt (y-Koordinate).
- ▷ **Pz** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt (z-Koordinate).
- ▷ **Pw** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt (w-Koordinate).
- ▷ **Qx** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt (x-Koordinate).
- ▷ **Qy** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt (y-Koordinate).
- ▷ **Qw** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt (w-Koordinate).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

cam_par_pose_to_hom_mat3d

Alternativen

project_point_hom_mat3d, project_3d_point

Modul

Foundation

project_point_hom_mat3d (: : HomMat3D, Px, Py, Pz : Qx, Qy)

Projizieren eines 3D-Punktes mittels einer 3×4 Projektionsmatrix.

project_point_hom_mat3d wendet die 3×4 Projektionsmatrix HomMat3D auf alle Eingabepunkte (Px,Py,Pz) an und liefert ein Tupel von Ergebnispunkten (Qx,Qy) zurück. Die Transformation wird durch eine homogene Transformationsmatrix beschrieben, die in HomMat3D übergeben wird. Dies entspricht den folgenden Gleichungen (Ein- und Ausgabepunkte als homogene Vektoren dargestellt):

$$\begin{pmatrix} Tx \\ Ty \\ Tw \end{pmatrix} = \texttt{HomMat3D} \cdot \begin{pmatrix} \texttt{Px} \\ \texttt{Py} \\ \texttt{Pz} \\ 1 \end{pmatrix}$$

project_point_hom_mat3d transformiert hierauf die homogenen Koordinaten in euklidische Koordinaten, indem durch Tw geteilt wird:

$$\begin{pmatrix} \texttt{Qx} \\ \texttt{Qy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{Tx}{Tw} \\ \frac{Ty}{Tw} \end{pmatrix}$$

Falls bei dieser Transformation ein Punkt auf der unendlich fernen Geraden erzeugt wird ($Tw = 0$), wird eine Fehlermeldung zurückgeliefert. Falls dies nicht erwünscht ist, kann project_hom_point_hom_mat3d verwendet werden.

Es ist zu beachten, dass, konsistent mit den Konventionen in calibrate_cameras, Qx der Spaltenkoordinate und Qy der Zeilenkoordinate in einem Bild entspricht.

Parameter

- ▷ **HomMat3D** (input_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
  3×4 Projektionsmatrix.
- ▷ **Px** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt (x-Koordinate).
- ▷ **Py** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt (y-Koordinate).
- ▷ **Pz** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt (z-Koordinate).
- ▷ **Qx** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt (x-Koordinate).
- ▷ **Qy** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt (y-Koordinate).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

cam_par_pose_to_hom_mat3d

Alternativen

project_hom_point_hom_mat3d, project_3d_point

Modul

Foundation

15.9 Rektifizierung

```
change_radial_distortion_cam_par ( : : Mode, CamParamIn,
    DistortionCoeffs : CamParamOut )
```

Bestimmen neuer Kameraparameter gemäß eines vorgegebenen radialen Verzeichnungskoeffizienten.

change_radial_distortion_cam_par modifiziert die internen Kameraparameter CamParamIn gemäß den vorgegebenen radialen Verzeichnungskoeffizienten DistortionCoeffs und gibt sie in CamParamOut zurück. Der Operator kann nur für Flächenkameras (mit beliebigen Objektivtypen) und für Zeilenkameras mit telezentrischen Objektiven verwendet werden. Zeilenkameras mit perspektivischen Objektiven werden nicht unterstützt.

Über den Parameter Mode werden dabei folgende Modi unterschieden:

'fixed': Die Kameraparameter bleiben bis auf die radialen Verzeichnungskoeffizienten unverändert. Dies bewirkt i.A. eine Änderung des Bildausschnittes.

'fullsize': Für Flächenkameras werden die Skalierungsfaktoren S_x und S_y und der Hauptpunkt $(C_x, C_y)^T$ so angepasst, dass der Bildausschnitt unverändert bleibt. Für Zeilenkameras mit telezentrischen Objektiven werden der Skalierungsfaktor S_x, der Hauptpunkt $(C_x, C_y)^T$ und die V_y-Komponente des Bewegungsvektors angepasst, um diesen Effekt zu erzielen. Konkret wird dabei sichergestellt, dass alle Bildpunkte des Originalkamerabildes auch im modifizierten (entzerrten) Kamerabild abgebildet werden. Im Allgemeinen entstehen dabei undefinierte Pixel im modifizierten Bild.

'adaptive': Ein Kompromiss zwischen den beiden anderen Modi: Der Bildausschnitt wird etwas verkleinert, um undefinierte Bildbereiche zu vermeiden. Hier werden dieselben Parameter wie bei *'fullsize'* modifiziert.

'preserve_resolution': Wie beim Modus *'fullsize'* wird sichergestellt, dass alle Bildpunkte des Originalkamerabildes auch im modifizierten (entzerrten) Kamerabild abgebildet werden. Für Flächenkameras werden die Skalierungsfaktoren S_x und S_y und der Hauptpunkt $(C_x, C_y)^T$ so angepasst, dass der Bildausschnitt unverändert bleibt. Für Zeilenkameras mit telezentrischen Objektiven werden der Skalierungsfaktor S_x, der Hauptpunkt $(C_x, C_y)^T$ und ggf. die V_y-Komponente des Bewegungsvektors angepasst, um diesen Effekt zu erzielen. Im Allgemeinen entstehen dabei undefinierte Pixel im modifizierten Bild. Im Unterschied zum Modus *'fullsize'* wird jedoch zusätzlich die Bildgröße so erhöht, dass sich die Bildauflösung in keinem Teil des Bildes verringert.

In allen Fällen sind die Verzeichnungskoeffizienten in den Ausgabekameraparametern CamParamOut gleich DistortionCoeffs. Für telezentrische Zeilenkameras beeinflusst der Bewegungsvektor auch die wahrgenommene Verzeichnung. So erzeugt ein $V_x \neq 0$ zum Beispiel Pixel mit schräggestellten Achsen. Weiterhin hat $V_y \neq S_x$/Magnification zur Folge, dass die Pixel nicht quadratisch erscheinen. Daher können für telezentrische Zeilenkameras bis zu drei weitere Komponenten zusätzlich zu κ bzw. $(K_1, K_2, K_3, P_1, P_2)$ in DistortionCoeffs übergeben werden. Diese spezifizieren die neuen V_x-, V_y- und V_z-Komponenten des Bewegungsvektors.

Die Rückrechnung der Pixel im modifizierten Bild in die Bildebene gemäß der neuen internen Kameraparameter ergibt die gleichen Punkte wie die Rückrechnung der korrespondierenden Subpixel im Originalbild gemäß der alten internen Kameraparameter CamParamIn.

Parameter

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Modus
Default: 'adaptive'
Wertevorschläge: Mode ∈ {'fullsize', 'adaptive', 'fixed', 'preserve_resolution'}

▷ **CamParamIn** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
Interne Kameraparameter (Original).

▷ **DistortionCoeffs** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real* / integer
Gewünschte radiale Verzeichnungskoeffizienten.
Parameteranzahl: DistortionCoeffs == 1 || DistortionCoeffs == 5
Default: 0.0

▷ **CamParamOut** (output_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
Interne Kameraparameter (modifiziert).

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert change_radial_distortion_cam_par den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

camera_calibration, read_cam_par

Nachfolger

change_radial_distortion_image, change_radial_distortion_contours_xld, gen_radial_distortion_map

Siehe auch

camera_calibration, read_cam_par, change_radial_distortion_image, change_radial_distortion_contours_xld, change_radial_distortion_points

Modul

Calibration

change_radial_distortion_contours_xld (
Contours : ContoursRectified : CamParamIn, CamParamOut :)

Verändern der radialen Verzeichnung von Konturen.

change_radial_distortion_contours_xld verändert die radiale Verzeichnung der Konturen Contours gemäß den übergebenen internen Kameraparametern CamParamIn bzw. CamParamOut. Dazu wird jedes Subpixel der Eingabekonturen mittels CamParamIn in die Bildebene zurückgerechnet und dann mittels CamParamOut in ein Subpixel der entsprechenden Ausgabekontur überführt.

Wird zur Bestimmung der modifizierten Kameraparameter CamParamOut die Routine change_radial_distortion_cam_par verwendet, entsprechen die Ausgabekonturen ContoursRectified den Eingabekonturen bei einer Aufnahmeoptik mit veränderter radialer Verzeichnung κ. Für $\kappa = 0$ werden die Konturen radial entzerrt. Eine etwaige Lagebestimmung für die Kamera (externe Kameraparameter) wird dadurch nicht beeinflusst.

Beachten Sie, dass change_radial_distortion_contours_xld nicht mit Zeilenkameras mit perspektivischen Objektiven funktioniert.

Parameter

- ▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Eingabekonturen.
- ▷ **ContoursRectified** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Ausgabekonturen mit veränderter radialer Verzeichnung.
- ▷ **CamParamIn** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter für Contours.
- ▷ **CamParamOut** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter für ContoursRectified.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

change_radial_distortion_cam_par, gen_contours_skeleton_xld, edges_sub_pix, smooth_contours_xld

Nachfolger

gen_polygons_xld, smooth_contours_xld

Siehe auch

change_radial_distortion_cam_par, camera_calibration, read_cam_par, change_radial_distortion_image, change_radial_distortion_points

Modul

Calibration

change_radial_distortion_image (Image, Region : ImageRectified : CamParamIn, CamParamOut :)

Verändern der radialen Verzeichnung eines Bildes.

change_radial_distortion_image verändert die radiale Verzeichnung des Eingabebildes Image gemäß den übergebenen internen Kameraparametern CamParamIn bzw. CamParamOut. Dazu wird jedes Pixel im Ausgabebild, das innerhalb der Region Region liegt, mittels CamParamOut in die Bildebene zurückgerechnet und dann mittels CamParamIn in ein Subpixel im Eingabebild überführt. Der resultierende Grauwert wird aus dem Eingabebild durch bilineare Interpolation abgeleitet. Liegt das Subpixel außerhalb des Eingabebildes, wird das Pixel im Ausgabebild auf 'schwarz' gesetzt und aus der Ausgaberegion entfernt.

Sollen die Grauwerte für alle Pixel im Ausgabebild berechnet werden, so genügt es, in Region ein leeres Objekt zu übergeben (das vorher z.B. mit gen_empty_obj erzeugt worden ist). Dies ist besonders dann hilfreich, wenn sich die Größe des Ausgabebildes von der des Eingabebildes unterscheidet und somit nicht einfach die Region des Eingabebildes in Region übergeben werden kann.

Wird zur Bestimmung der modifizierten Kameraparameter CamParamOut die Routine change_radial_distortion_cam_par verwendet, entspricht das Ausgabebild ImageRectified dem Eingabebild bei einer Aufnahmeoptik mit geänderter radialer Verzeichnung κ. Für $\kappa = 0$ wird das Bild radial entzerrt. Eine etwaige Lagebestimmung für die Kamera (externe Kameraparameter) wird dadurch nicht beeinflusst.

Beachten Sie, dass change_radial_distortion_image nicht mit Zeilenkameras mit perspektivischen Objektiven funktioniert. Alternativ kann image_to_world_plane verwendet werden.

Achtung

change_radial_distortion_image kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden, wenn das Eingangsbild die maximale Größe für Bildobjekte des ausgewählten Gerätes nicht überschreitet. Da die OpenCL-Implementierung mit einfacher Genauigkeit rechnet, kann das Ergebnis von dem der CPU Implementierung abweichen.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Originalbild.
- ▷ **Region** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Interessierender Bildbereich in ImageRectified.
- ▷ **ImageRectified** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ausgabebild mit veränderter radialer Verzeichnung.
- ▷ **CamParamIn** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter für Image.
- ▷ **CamParamOut** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter für ImageRectified.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert change_radial_distortion_image den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (kein Eingabebild vorhanden lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Vorgänger

change_radial_distortion_cam_par, read_image, grab_image

Nachfolger

edges_image, threshold

Siehe auch

change_radial_distortion_cam_par, camera_calibration, read_cam_par, change_radial_distortion_contours_xld, change_radial_distortion_points

Modul

Calibration

change_radial_distortion_points (: : Row, Col, CamParamIn, CamParamOut : RowChanged, ColChanged)

Verändern der Radialen Verzerrung von Pixelkoordinaten.

change_radial_distortion_points ändert die radiale Verzeichnung der übergebenen Bildkoordinaten (Row, Col) entsprechend der internen Kameraparameter CamParamIn und CamParamOut. Jedes Eingabepixel (Row, Col) wird mit Hilfe von CamParamIn in die Bildebene transformiert und anschließend unter Verwendung von CamParamOut in ein anderes Bild projiziert.

Beachten Sie, dass change_radial_distortion_points nicht mit Zeilenkameras mit perspektivischen Objektiven funktioniert.

Parameter

- ▷ **Row** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Ursprüngliche Zeilen-Koordinate Pixelkoordinaten.
- ▷ **Col** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Ursprüngliche Spalten-Koordinate Pixelkoordinaten.
- ▷ **CamParamIn** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Die internen Kameraparameter der Kamera, mit der die Eingabepixelkoordinaten erstellt wurden.
- ▷ **CamParamOut** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Die internen Kameraparameter einer Kamera.
- ▷ **RowChanged** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate der Pixelkoordinaten nach Änderung der radialen Verzerrung.
- ▷ **ColChanged** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate der Pixelkoordinaten nach Änderung der radialen Verzerrung.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert change_radial_distortion_points den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

change_radial_distortion_cam_par, camera_calibration, read_cam_par, change_radial_distortion_contours_xld, change_radial_distortion_image

Modul

Calibration

contour_to_world_plane_xld (Contours : ContoursTrans : CameraParam, WorldPose, Scale :)

Transformieren einer XLD-Kontur in die Ebene z=0 eines Weltkoordinatensystems.

contour_to_world_plane_xld transformiert die Kontur Contours in die Ebene z=0 in einem Weltkoordinatensystem und liefert die nun in 3D-Koordinaten beschriebene Kontur in ContoursTrans zurück. Das Weltkoordinatensystem (*wcs*) wird gewählt, indem man seine 3D-Lage in Kamerakoordinaten in WorldPose

übergibt. Diese 3D-Lage wird in der Form ${}^{ccs}\mathbf{P}_{wcs}$ erwartet. Dabei steht *ccs* für das Kamerakoordinatensystem, siehe auch Transformationen / Posen und „Solution Guide III-C - 3D Vision". In CameraParam müssen die internen Kameraparameter übergeben werden (siehe Kalibrierung für ihre Reihenfolge und das zu Grunde liegende Kameramodell).

In vielen Fällen sind CameraParam und WorldPose das Ergebnis einer vorherigen Kamerakalibrierung mit dem Operator calibrate_cameras. Ein Beispiel findet sich weiter unten.

Die erhaltenen 3D-Koordinaten können mit dem Parameter Scale beliebig skaliert werden. Der Parameter Scale entspricht dem Verhältnis *gewünschte Einheit/ursprüngliche Einheit*. Die ursprüngliche Einheit ist durch die Koordinaten des Kalibrierkörpers gegeben. Falls dies, wie bei der Standard-Kalibrierplatte, Meter sind, ist es auch möglich, die gewünschte Einheit direkt durch *'m'*, *'cm'*, *'mm'* oder *'um'* anzugeben.

Intern berechnet der Operator zuerst den Sehstrahl vom Projektionszentrum der Kamera zum Bildpunkt in Kamerakoordinaten, unter Berücksichtigung der radialen Verzeichnung. Anschließend wird dieser Sehstrahl in das in WorldPose spezifizierte Weltkoordinatensystem transformiert. Der Schnittpunkt der Ebene z=0 mit dem Sehstrahl ergibt dann die 3D-Koordinaten der transformierten Kontur ContoursTrans.

Parameter

▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
Zu transformierende Eingabe-XLD-Konturen in Bildkoordinaten.

▷ **ContoursTrans** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
Transformierte XLD-Konturen in Weltkoordinaten.

▷ **CameraParam** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer / string
Interne Kameraparameter.

▷ **WorldPose** (input_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
3D-Lage des Weltkoordinatensystems in Kamerakoordinaten.
Parameteranzahl: 7

▷ **Scale** (input_control) ..... number ⇝ *string* / integer / real
Maßstab oder Dimension.
Default: 'm'
Wertevorschläge: Scale ∈ {'m', 'cm', 'mm', 'microns', 'um', 1.0, 0.01, 0.001, 1.0e-6, 0.0254, 0.3048, 0.9144}
Restriktion: Scale > 0

Beispiel

```
*  Perform camera calibration (with standard calibration plate).
calibrate_cameras (CalibDataID, Error)
get_calib_data (CalibDataID, 'camera', 0, 'params', CamParam)
* Get reference pose (pose 2 of calibration object 0).
get_calib_data (CalibDataID, 'calib_obj_pose', [0,2], 'pose', WorldPose)
*  Compensate thickness of plate.
set_origin_pose(ObjInCameraPose, 0, 0, 0.0006, WorldPose)
*  Transform contours into world coordinate system (unit mm).
contour_to_world_plane_xld(Contours, ContoursTrans, CamParam, \
                           WorldPose, 'mm')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert contour_to_world_plane_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_pose, hom_mat3d_to_pose, camera_calibration, hand_eye_calibration, set_origin_pose

Siehe auch

image_points_to_world_plane

Modul

Calibration

gen_image_to_world_plane_map (: Map : CameraParam, WorldPose, WidthIn, HeightIn, WidthMapped, HeightMapped, Scale, MapType :)

Berechnen der Abbildung von der Bildebene in die Ebene z=0 eines Weltkoordinatensystems.

gen_image_to_world_plane_map errechnet die Abbildung Map von der Bildebene in die Ebene z=0 (Messebene) eines Weltkoordinatensystems. Diese Abbildung kann z.B. dazu verwendet werden kann, ein Bild mit dem Operator map_image zu rektifizieren. Das rektifizierte Bild weist dann weder radiale noch perspektivische Verzerrungen auf; es entspricht einem Bild, das von einer verzerrungsfreien Kamera aufgenommen wird, die senkrecht auf die Messebene im Weltkoordinatensystem schaut. Das Weltkoordinatensystem (*wcs*) wird gewählt, indem man seine 3D-Lage in Kamerakoordinaten in WorldPose übergibt. Diese 3D-Lage wird in der Form ${}^{ccs}\mathbf{P}_{wcs}$ erwartet. Dabei steht *ccs* für das Kamerakoordinatensystem, siehe auch Transformationen / Posen und „Solution Guide III-C - 3D Vision". In CameraParam müssen die internen Kameraparameter übergeben werden (siehe Kalibrierung für ihre Reihenfolge und das zu Grunde liegende Kameramodell).

In vielen Fällen sind CameraParam und WorldPose das Ergebnis einer vorherigen Kamerakalibrierung mit dem Operator calibrate_cameras. Ein Beispiel findet sich weiter unten.

Die Größe der zu transformierenden Bilder kann mit WidthIn und HeightIn angegeben werden. Die Pixel-Position der linken oberen Ecke des Ergebnisbildes ist durch den Ursprung des Weltkoordinatensystems festgelegt. Die Ausdehnung des Ergebnisbildes kann durch die Parameter WidthMapped, HeightMapped und Scale gewählt werden. Dabei sind WidthMapped und HeightMapped in Pixel anzugeben.

Der Parameter Scale kann verwendet werden um die Größe eines Pixels im transformierten Bild festzulegen. Der Parameter kann auf zweit Arten verwendet werden:

Pixel auf metrische Einheiten skalieren:

Das Bild wird so skaliert, dass ein Pixel im transformierten Bild einer metrischen Einheit entspricht, z.B. legt das Setzen von *'mm'* fest, dass ein Pixel im transformierten Bild der Fläche von 1mm $\times$ 1mm auf der Messebene entspricht. Damit dies möglich ist muss die ursprüngliche Einheit Meter sein. Dies ist der Fall wenn eine Standard-Kalibrierplatte verwendet wird.

Werteliste: *'m'*, *'cm'*, *'mm'*, *'microns'*, *'um'*.

Default: *'m'*.

Skalierung manuell steuern:

Die Skalierung des Bildes wird durch das Setzen einer Zahl gesteuert, die das Verhältnis *Länge in ursprünglicher Einheit / gewünschte Anzahl Pixel* bestimmt. Wenn beispielsweise die ursprüngliche Einheit Meter ist und jedes Pixel im transformierten Bild eine Fläche von 3mm $\times$ 3mm der Messebene darstellen soll, dann berechnet man die Skalierung Scale $= 0.003/1 = 0.003$. Für Aufgaben wie formbasiertes Matching auf dem transformierten Bild ist es sinnvoll das Bild so zu skalieren, dass der Inhalt in ähnlicher Größe wie im Originalbild dargestellt wird.

Restriktion: Scale > *0*.

Die Abbildungsvorschrift wird in dem Ausgabebild Map gespeichert. Dieses hat die gleiche Größe wie die Ergebnisbilder nach der Abbildung. Der Parameter MapType gibt an, in welchem Typ die Abbildungsvorschrift gespeichert werden soll. Wurde *'nearest_neighbor'* gewählt, so besteht Map aus einem Bild mit einem Kanal, in dem für jedes Pixel des Ergebnisbildes die linearen Koordinaten desjenigen Pixels des Eingabebildes stehen, welches den transformierten Koordinaten am nächsten liegt. Wurde die bilineare Interpolation (*'bilinear'*) gewählt, so besteht Map aus einem Bild mit fünf Kanälen. Der erste Kanal enthält für jedes Pixel des Ergebnisbildes die linearen Koordinaten desjenigen Pixels des Eingabebildes, welches links oberhalb von den transformierten Koordinaten liegt. Die übrigen vier Kanäle enthalten die Gewichte der einzelnen vier Nachbarpixel der transformierten Koordinaten für die bilineare Interpolation in folgender Reihenfolge:

2	3
4	5

Der zweite Kanal z.B. enthält die Gewichte der Pixel, die links oberhalb der transformierten Koordinaten liegen. Wurde *'coord_map_sub_pix'* gewählt, besteht `Map` aus einem Vektorfeld, welches für jedes Pixel des Ergebnisbildes die subpixelgenauen Koordinaten im Eingabebild enthält.

Sollen mehrere Bilder unter Verwendung derselben Parameter transformiert werden, so ist die Kombination aus `gen_image_to_world_plane_map` und `map_image` wesentlich effizienter als der Operator `image_to_world_plane`, da die Abbildungsvorschrift nur einmal berechnet werden muss.

Wenn die erzeugte Abbildung in einem anderen Programm wiederverwendet werden soll, kann man sie mit dem Operator `write_image` als Mehrkanalbild abspeichern (Format: *'tiff'*).

Parameter

- ▷ **`Map`** (output_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* int4 / int8 / uint2 / vector_field
  Bild mit den Abbildungsdaten.
- ▷ **`CameraParam`** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter.
- ▷ **`WorldPose`** (input_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
  3D-Lage des Weltkoordinatensystems in Kamerakoordinaten.
  Parameteranzahl: 7
- ▷ **`WidthIn`** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite der zu transformierenden Bilder.
  Restriktion: WidthIn >= 1
- ▷ **`HeightIn`** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe der zu transformierenden Bilder.
  Restriktion: HeightIn >= 1
- ▷ **`WidthMapped`** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite der Ergebnisbilder in Pixel.
  Restriktion: WidthMapped >= 1
- ▷ **`HeightMapped`** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe der Ergebnisbilder in Pixel.
  Restriktion: HeightMapped >= 1
- ▷ **`Scale`** (input_control) ..... number ⇝ *string* / integer / real
  Maßstab oder Dimension.
  Default: 'm'
  Wertevorschläge: `Scale` ∈ {'m', 'cm', 'mm', 'microns', 'um', 1.0, 0.01, 0.001, 1.0e-6, 0.0254, 0.3048, 0.9144}
  Restriktion: Scale > 0
- ▷ **`MapType`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Typ der Abbildungsdaten.
  Default: 'bilinear'
  Werteliste: `MapType` ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear', 'coord_map_sub_pix'}

Beispiel

```
* Calibrate camera.
calibrate_cameras (CalibDataID, Error)
* Obtain camera parameters.
get_calib_data (CalibDataID, 'camera', 0, 'params', CamParam)
* Example values, if no calibration data is available:
CamParam := ['area_scan_division', 0.0087, -1859, 8.65e-006, 8.6e-006, \
             362.5, 291.6, 768, 576]
* Get reference pose (pose 4 of calibration object 0).
get_calib_data (CalibDataID, 'calib_obj_pose',\
                [0,4], 'pose', Pose)
* Example values, if no calibration data is available:
Pose := [-0.11, -0.21, 2.51, 352.73, 346.73, 336.48, 0]
* Compensate thickness of plate.
set_origin_pose (Pose, -1.125, -1.0, 0, PoseNewOrigin)
* Transform the image into the world plane.
read_image (Image, 'calib/calib-3d-coord-04')
```

```
gen_image_to_world_plane_map (MapSingle, CamParam, PoseNewOrigin,\
                              CamParam[6], CamParam[7], 900, 800, 0.0025, 'bilinear')
map_image (Image, MapSingle, ImageMapped)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_image_to_world_plane_map` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_pose`, `hom_mat3d_to_pose`, `camera_calibration`, `hand_eye_calibration`, `set_origin_pose`

Nachfolger

`map_image`

Alternativen

`image_to_world_plane`

Siehe auch

`map_image`, `contour_to_world_plane_xld`, `image_points_to_world_plane`

Modul

Calibration

gen_radial_distortion_map (: Map : CamParamIn, CamParamOut, MapType :)

Berechnen der Abbildung von Bildern aufgrund wechselnder radialer Verzeichnung.

`gen_radial_distortion_map` berechnet die Abbildung von Bildern aufgrund wechselnder radialer Verzeichnung gemäß den übergebenen internen Kameraparametern `CamParamIn` bzw. `CamParamOut`, die z.B. durch eine Kamerakalibrierung mit Hilfe von `calibrate_cameras` bestimmt wurden. `CamParamIn` bzw. `CamParamOut` stellen dabei die alten bzw. neuen internen Kameraparameter dar, die u.a. auch die alte bzw. neue radiale Verzeichnung enthalten (siehe auch Kalibrierung für die Reihenfolge der Parameter und das zu Grunde liegende Kameramodell). Zur Berechnung der Abbildung wird jedes Pixel im potentiellen Ausgabebild mittels `CamParamOut` in die Bildebene zurückgerechnet und dann mittels `CamParamIn` in eine Subpixel-Position im Eingabebild überführt. Bitte beachten Sie, dass `gen_radial_distortion_map` nur Flächenkameras unterstützt.

Die Abbildungsvorschrift wird in dem Ausgabebild `Map` gespeichert, dessen Größe durch die Kameraparameter `CamParamOut` festgelegt ist und somit die Größe der später mit `map_image` transformierten Ergebnisbilder bestimmt. Die Größe der mit `map_image` zu transformierenden Bilder wird durch die Kameraparameter `CamParamIn` bestimmt. Der Parameter `MapType` gibt an, in welchem Typ die Abbildungsvorschrift gespeichert werden soll. Wurde *'nearest_neighbor'* gewählt, so besteht `Map` aus einem Bild mit einem Kanal, in dem für jedes Pixel des Ergebnisbildes die linearen Koordinaten desjenigen Pixels des Eingabebildes stehen, welches den transformierten Koordinaten am nächsten liegt. Wurde die bilineare Interpolation (*'bilinear'*) gewählt, so besteht `Map` aus einem Bild mit fünf Kanälen. Der erste Kanal enthält für jedes Pixel des Ergebnisbildes die linearen Koordinaten desjenigen Pixels des Eingabebildes, welches links oberhalb von den transformierten Koordinaten liegt. Die übrigen vier Kanäle enthalten die Gewichte der einzelnen vier Nachbarpixel der transformierten Koordinaten für die bilineare Interpolation in folgender Reihenfolge:

2	3
4	5

Der zweite Kanal z.B. enthält die Gewichte der Pixel, die links oberhalb der transformierten Koordinaten liegen. Wurde *'coord_map_sub_pix'* gewählt, besteht Map aus einem Vektorfeld, welches für jedes Pixel des Ergebnisbildes die subpixelgenauen Koordinaten im Eingabebild enthält.

Wird zur Bestimmung der modifizierten Kameraparameter CamParamOut die Routine change_radial_distortion_cam_par verwendet, beschreibt die Abbildung eine Aufnahmeoptik mit geänderter radialer Verzeichnung κ. Für $\kappa = 0$ entspricht die Abbildung somit einer radialen Entzerrung. Eine etwaige Lagebestimmung für die Kamera (externe Kameraparameter) wird dadurch nicht beeinflusst.

Sollen mehrere Bilder unter Verwendung derselben internen Kameraparameter transformiert werden, so ist die Kombination aus gen_radial_distortion_map und map_image wesentlich effizienter als der Operator change_radial_distortion_image, da die Abbildungsvorschrift nur einmal berechnet werden muss.

Wenn die erzeugte Abbildung in einem anderen Programm wiederverwendet werden soll, kann man sie mit dem Operator write_image als Mehrkanalbild abspeichern (Format: *'tiff'*).

Parameter

- ▷ **Map** (output_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* int4 / int8 / uint2 / vector_field
  Bild mit den Abbildungsdaten.
- ▷ **CamParamIn** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Alte Kameraparameter.
- ▷ **CamParamOut** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Neue Kameraparameter.
- ▷ **MapType** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Typ der Abbildungsdaten.
  Default: 'bilinear'
  Werteliste: MapType ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear', 'coord_map_sub_pix'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gen_radial_distortion_map den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

change_radial_distortion_cam_par, camera_calibration, hand_eye_calibration

Nachfolger

map_image

Alternativen

change_radial_distortion_image

Siehe auch

change_radial_distortion_contours_xld

Modul

Calibration

image_points_to_world_plane (: : CameraParam, WorldPose, Rows, Cols, Scale : X, Y)

Transformieren von Bildpunkten in die Ebene z=0 eines Weltkoordinatensystems.

image_points_to_world_plane transformiert Bildpunkte, die in Rows und Cols gegeben sind, in die Ebene z=0 in einem Weltkoordinatensystem (*wcs*) und liefert ihre 3D-Koordinaten in X und Y zurück. Das Weltkoordinatensystem wird gewählt, indem man seine 3D-Lage in Kamerakoordinaten in WorldPose übergibt. Diese 3D-Lage wird in der Form ${}^{ccs}\mathbf{P}_{wcs}$ erwartet. Dabei steht *ccs* für das Kamerakoordinatensystem, siehe auch Transformationen / Posen und „Solution Guide III-C - 3D Vision". In CameraParam müssen die

internen Kameraparameter übergeben werden (siehe Kalibrierung für ihre Reihenfolge und das zu Grunde liegende Kameramodell).

In vielen Fällen sind `CameraParam` und `WorldPose` das Ergebnis einer vorherigen Kamerakalibrierung mit dem Operator `calibrate_cameras`. Ein Beispiel findet sich weiter unten.

Die erhaltenen 3D-Koordinaten können mit dem Parameter `Scale` beliebig skaliert werden. Der Parameter `Scale` entspricht dem Verhältnis *gewünschte Einheit/ursprüngliche Einheit*. Die ursprüngliche Einheit ist durch die Koordinaten des Kalibrierkörpers gegeben. Falls dies, wie bei der Standard-Kalibrierplatte, Meter sind, ist es auch möglich, die gewünschte Einheit direkt durch *'m'*, *'cm'*, *'mm'* oder *'um'* anzugeben.

Intern berechnet der Operator zuerst den Sehstrahl vom Projektionszentrum der Kamera zum Bildpunkt in Kamerakoordinaten, unter Berücksichtigung der radialen Verzeichnung. Anschließend wird dieser Sehstrahl in das in `WorldPose` spezifizierte Weltkoordinatensystem transformiert. Der Schnittpunkt der Ebene z=0 mit dem Sehstrahl ergibt dann die 3D-Koordinaten `X` und `Y`.

Es ist ratsam nur solche Bildkoordinaten `Rows` und `Cols` zu spezifizieren, die innerhalb der kalibrierten Bildgröße liegen. Das mathematische Modell funktioniert nur gut innerhalb des kalibrierten Bereichs.

Parameter

- ▷ **`CameraParam`** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter.
- ▷ **`WorldPose`** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
  3D-Lage des Weltkoordinatensystems in Kamerakoordinaten.
  Parameteranzahl: 7
- ▷ **`Rows`** (input_control) . . . . . coordinates.y-array ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinaten der zu transformierenden Punkte.
  Default: 100.0
- ▷ **`Cols`** (input_control) . . . . . coordinates.x-array ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinaten der zu transformierenden Punkte.
  Default: 100.0
- ▷ **`Scale`** (input_control) . . . . . number ⇝ *string* / integer / real
  Maßstab oder Dimension.
  Default: 'm'
  Wertevorschläge: `Scale` ∈ {'m', 'cm', 'mm', 'microns', 'um', 1.0, 0.01, 0.001, 1.0e-6, 0.0254, 0.3048, 0.9144}
  Restriktion: Scale > 0
- ▷ **`X`** (output_control) . . . . . coordinates.x-array ⇝ *real*
  X-Koordinaten der Punkte im Weltkoordinatensystem.
- ▷ **`Y`** (output_control) . . . . . coordinates.y-array ⇝ *real*
  Y-Koordinaten der Punkte im Weltkoordinatensystem.

Beispiel

```
*  Perform camera calibration (with standard calibration plate).
calibrate_cameras (CalibDataID, Error)
get_calib_data (CalibDataID, 'camera', 0, 'params', CamParam)
* Get reference pose (pose 2 of calibration object 0).
get_calib_data (CalibDataID, 'calib_obj_pose',\
                [0,2], 'pose', WorldPose)
*  Compensate thickness of plate.
set_origin_pose(ObjInCameraPose, 0, 0, 0.0006, WorldPose)
*  Transform image points into world coordinate system (unit mm).
image_points_to_world_plane(CamParam, WorldPose, PointRows, PointColumns, \
                            'mm', PointXCoord, PointYCoord)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `image_points_to_world_plane` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_pose, hom_mat3d_to_pose, camera_calibration, hand_eye_calibration, set_origin_pose

Siehe auch

contour_to_world_plane_xld, project_3d_point

Modul

Calibration

image_to_world_plane (Image : ImageWorld : CameraParam, WorldPose, Width, Height, Scale, Interpolation :)

Rektifizieren eines Bildes durch Transformation in die Ebene z=0 eines Weltkoordinatensystems.

image_to_world_plane rektifiziert ein Bild Image durch Transformation in die Ebene z=0 (Messebene) eines Weltkoordinatensystems. Das resultierende Bild ImageWorld weist weder radiale noch perspektivische Verzerrungen auf; es entspricht einem Bild, das von einer verzerrungsfreien Kamera aufgenommen wird, die senkrecht auf die Messebene im Weltkoordinatensystem schaut. Das Weltkoordinatensystem wird gewählt, indem man seine 3D-Lage in Kamerakoordinaten in WorldPose übergibt. Diese 3D-Lage wird in der Form ${}^{ccs}\mathbf{P}_{wcs}$ erwartet. Dabei steht *ccs* für das Kamerakoordinatensystem und *wcs* für das Weltkoordinatensystem (siehe auch Transformationen / Posen und „Solution Guide III-C - 3D Vision"). In CameraParam müssen die internen Kameraparameter übergeben werden (siehe Kalibrierung für ihre Reihenfolge und das zu Grunde liegende Kameramodell).

In vielen Fällen sind CameraParam und WorldPose das Ergebnis einer vorherigen Kamerakalibrierung mit dem Operator calibrate_cameras. Ein Beispiel findet sich weiter unten.

Die Pixel-Position der linken oberen Ecke des Ergebnisbildes ImageWorld ist durch den Ursprung des Weltkoordinatensystems festgelegt. Die Ausdehnung des Ergebnisbildes ImageWorld kann durch die Parameter Width, Height und Scale gewählt werden. Dabei sind Width und Height in Pixel anzugeben.

Der Parameter Scale kann verwendet werden um die Größe eines Pixels im transformierten Bild festzulegen. Der Parameter kann auf zweit Arten verwendet werden:

Pixel auf metrische Einheiten skalieren:
Das Bild wird so skaliert, dass ein Pixel im transformierten Bild einer metrischen Einheit entspricht, z.B. legt das Setzen von *'mm'* fest, dass ein Pixel im transformierten Bild der Fläche von 1mm $\times$ 1mm auf der Messebene entspricht. Damit dies möglich ist muss die ursprüngliche Einheit Meter sein. Dies ist der Fall wenn eine Standard-Kalibrierplatte verwendet wird.

Werteliste: *'m'*, *'cm'*, *'mm'*, *'microns'*, *'um'*.

Default: *'m'*.

Skalierung manuell steuern:
Die Skalierung des Bildes wird durch das Setzen einer Zahl gesteuert, die das Verhältnis *Länge in ursprünglicher Einheit / gewünschte Anzahl Pixel* bestimmt. Wenn beispielsweise die ursprüngliche Einheit Meter ist und jedes Pixel im transformierten Bild eine Fläche von 3mm $\times$ 3mm der Messebene darstellen soll, dann berechnet man die Skalierung Scale $= 0.003/1 = 0.003$. Für Aufgaben wie formbasiertes Matching auf dem transformierten Bild ist es sinnvoll das Bild so zu skalieren, dass der Inhalt in ähnlicher Größe wie im Originalbild dargestellt wird.

Restriktion: Scale > *0*.

Der Parameter Interpolation gibt an, ob zwischen den Pixeln des Eingabebildes bilinear interpoliert (*'bilinear'*) oder lediglich der Grauwert des am nächsten liegenden Pixels (*'nearest_neighbor'*) verwendet werden soll.

Sollen mehrere Bilder unter Verwendung derselben Parameter transformiert werden, so ist die Kombination aus gen_image_to_world_plane_map und map_image wesentlich effizienter als der Operator image_to_world_plane, da die Abbildungsvorschrift nur einmal berechnet werden muss.

Achtung

`image_to_world_plane` kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden, wenn das Eingangsbild die maximale Größe für Bildobjekte des ausgewählten Gerätes nicht überschreitet. Das Ergebnis kann dabei geringfügig von dem auf der CPU berechneten abweichen.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **`ImageWorld`** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Transformiertes Bild.
- ▷ **`CameraParam`** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter.
- ▷ **`WorldPose`** (input_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
  3D-Lage des Weltkoordinatensystems in Kamerakoordinaten.
  Parameteranzahl: 7
- ▷ **`Width`** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite des Ergebnisbildes in Pixel.
  Restriktion: Width >= 1
- ▷ **`Height`** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe des Ergebnisbildes in Pixel.
  Restriktion: Height >= 1
- ▷ **`Scale`** (input_control) ..... number ⇝ *string* / integer / real
  Maßstab oder Dimension.
  Default: 'm'
  Wertevorschläge: `Scale` ∈ {'m', 'cm', 'mm', 'microns', 'um', 1.0, 0.01, 0.001, 1.0e-6, 0.0254, 0.3048, 0.9144}
  Restriktion: Scale > 0
- ▷ **`Interpolation`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der Interpolation.
  Default: 'bilinear'
  Werteliste: `Interpolation` ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear'}

Beispiel

```
* Calibrate camera.
calibrate_cameras (CalibDataID, Error)
* Obtain camera parameters.
get_calib_data (CalibDataID, 'camera', 0, 'params', CamParam)
* Example values, if no calibration data is available:
CamParam := ['area_scan_division', 0.0087, -1859, 8.65e-006, 8.6e-006, \
             362.5, 291.6, 768, 576]
* Get reference pose (pose 4 of calibration object 0).
get_calib_data (CalibDataID, 'calib_obj_pose',\
                [0,4], 'pose', Pose)
* Example values, if no calibration data is available:
Pose := [-0.11, -0.21, 2.51, 352.73, 346.73, 336.48, 0]
* Compensate thickness of plate.
set_origin_pose (Pose, -1.125, -1.0, 0, PoseNewOrigin)
* Transform the image into the world plane.
read_image (Image, 'calib/calib-3d-coord-04')
image_to_world_plane (Image, ImageWorld, CamParam, PoseNewOrigin,\
                      900, 800, 0.0025, 'bilinear')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `image_to_world_plane` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

create_pose, hom_mat3d_to_pose, camera_calibration, hand_eye_calibration, set_origin_pose

Alternativen

gen_image_to_world_plane_map, map_image

Siehe auch

contour_to_world_plane_xld, image_points_to_world_plane

Modul

Calibration

15.10 Selbst-Kalibrierung

```
radial_distortion_self_calibration (
    Contours : SelectedContours : Width, Height, InlierThreshold,
    RandSeed, DistortionModel, DistortionCenter,
    PrincipalPointVar : CameraParam )
```

Kalibrieren der radialen Verzeichnung.

radial_distortion_self_calibration berechnet die Verzeichnungsparameter sowie das Verzeichnungszentrum eines Objektivs basierend auf den in Contours übergebenen XLD-Konturen.

Die Verzeichnungswerte werden in CameraParam zurückgegeben. Da keine weiteren Parameter geschätzt werden - insbesondere nicht die Brennweite oder der Vergrößerungsmaßstab - wird ein telezentrisches Kameramodell mit Vergrößerungsmaßstab 1 und Skalierungsfaktor 1 für S_x und S_y zurückgegeben. Siehe Kalibrierung für mehr Informationen zu den verschiedenen Kameramodellen.

Anwendung

Mit dem Ergebnis von radial_distortion_self_calibration kann man die Objektivverzeichnungen in Bildern korrigieren. Hierzu muss man den Parameter CameraParam, der die Verzeichnungsparameter enthält, an die Operatoren change_radial_distortion_cam_par und change_radial_distortion_image weiterreichen.

Grundprinzip

Die Bestimmung der Verzeichnung basiert auf der Annahme, dass in der aufgenommen Szene eine signifikante Anzahl von geraden Kanten oder Linien vorhanden ist. Durch die Linsenverzeichnung werden diese Geraden auf gekrümmte Linien abgebildet. Es werden nun geeignete Parameter gesucht, die diese gekrümmten Linien wieder auf Geraden abbilden und somit die Verzeichnung kompensieren.

Eingabekonturen extrahieren

Um geeignete Eingabekonturen Contours zu erhalten, kann man z.B. edges_sub_pix oder lines_gauss verwenden. Die Konturen sollten im Bild gleichverteilt und möglichst in der Nähe des Bildrands liegen, da sich dort die Verzeichnung am stärksten auswirkt und damit die Kalibrierung am stabilsten wird. Zur Verbesserung von Laufzeit oder Robustheit können Sie versuchen, z.B. mit segment_contours_xld, union_collinear_contours_xld, union_cocircular_contours_xld oder select_shape_xld möglichst lange gerade oder kreisförmige Segmente zu erhalten. Falls in einem einzelnen Bild nicht ausreichend viele gerade Konturen in der Szene vorhanden sind, können Sie auch die Konturen aus mehreren Bildern übergeben (concat_obj).

Parameter für die Konturauswahl setzen

Der Operator bestimmt automatisch über ein robustes RANSAC-Verfahren jene Konturen aus Contours, die das Abbild von Raumgeraden sind. Die Konturen, die diese Forderung nicht erfüllen und somit für den Kalibrierprozess ungeeignet sind, werden als Ausreißer bezeichnet. Der Operator geht von einer maximalen Ausreißerquote von 50 Prozent aus. Eine Kontur wird als Ausreißer klassifiziert, falls die mittlere Abweichung der Kontur von einer Geraden nach der Verzeichnungskorrektur den maximalen Schwellenwert T überschreitet:

$$\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}|d_j| > \texttt{InlierThreshold} \cdot \frac{m}{100} = T$$

Der Wert `InlierThreshold` beschreibt die mittlere Abweichung der Kontur von einer Geraden in Pixeln bei einer Kontur mit 100 Konturpunkten. Der eigentliche Schwellenwert T entsteht durch die Skalierung von `InlierThreshold` mit der Referenzlänge (100) und der Konturpunktanzahl m, um bei geometrisch ähnlichen Konturen die gleiche Kontur-Klassifizierung zu erreichen. Die typischen Werte für `InlierThreshold` liegen zwischen 0.05 und 0.5. Je höher der Wert, desto mehr Abweichungen werden toleriert. Wird für `InlierThreshold` der Wert 0 eingegeben, werden sämtliche Konturen `Contours` zur Kalibrierung verwendet. Die RANSAC-Konturauswahl wird dadurch unterdrückt, so dass eine manuelle Auswahl der Konturen möglich ist. Dies ist beispielsweise dann hilfreich, wenn die Ausreißerquote über 50 Prozent liegt.

Mit dem Parameter `RandSeed` kann das randomisierte Verhalten des RANSAC-Verfahrens beeinflusst werden, um reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Wird `RandSeed` auf einen positiven Wert gesetzt, so liefert der Operator bei jedem Aufruf mit denselben Parametern auch dasselbe Resultat, da der intern verwendete Zufallsgenerator mit `RandSeed` initialisiert wird. Welcher Wert für den HALCON Systemparameter *'seed_rand'* (siehe `set_system`) gesetzt ist hat keinen Einfluss auf das Ergebnis von `match_fundamental_matrix_distortion_ransac`.

`radial_distortion_self_calibration` gibt die Konturen, die zur Kalibrierung verwendet wurden in `SelectedContours` die zurück.

Verzeichnungsmodell auswählen

Das zur Kalibrierung verwendete Verzeichnungsmodell kann über `DistortionModel` gewählt werden. Beim Divisionsmodell (`DistortionModel` = *'division'*) werden die Verzeichnungen über den Verzeichnungsparameter κ beschrieben. Beim polynomiellen Modell (`DistortionModel` = *'polynomial'*) werden die Verzeichnungen über die radialen Verzeichnungsparameter K_1, K_2, K_3 und die tangentialen Verzeichnungsparameter P_1, P_2 beschrieben. Siehe Kalibrierung für mehr Informationen zu den verschiedenen Kameramodellen.

Parameter zur Bestimmung des Verzeichnungszentrums einstellen

Als Startpunkt für die Bestimmung des Verzeichnungszentrums $c = (c_x, c_y)$ wird die Bildmitte verwendet; die Bildgröße wird über `Width` und `Height` definiert.

Zur Bestimmung der Verzeichnungsparameter (κ, c_x, c_y) beziehungsweise $(K_1, K_2, K_3, P_1, P_2, c_x, c_y)$ stehen die Methoden *'variable'*, *'adaptive'* und *'fixed'* zur Verfügung, die über den Parameter `DistortionCenter` ausgewählt werden:

'variable' Bei der Vorauswahl *'variable'* wird von Beginn an mit variablen Verzeichnungszentrum c kalibriert. Hierbei sollten viele gleichmäßig verteilte Konturen in der Nähe des Bildrandes vorliegen oder die Verzeichnung möglichst stark sein, da ansonsten das Verzeichnungszentrum nicht bestimmt werden kann und dies zur Instabilität führt.

'adaptive' Bei der Variante *'adaptive'* wird zunächst das Verzeichnungszentrum c fest in der Bildmitte angenommen und die Ausreißer mit dem Schwellenwert `InlierThreshold` eliminiert. In einem letzten Schritt wird dann eine Kalibrierung mit allen Verzeichnungsparametern (κ, c_x, c_y) beziehungsweise $(K_1, K_2, K_3, P_1, P_2, c_x, c_y)$ durchgeführt, die dann angenommen wird, falls $c = (c_x, c_y)$ als eine stabile Lösung in der Nähe der Bildmitte gefunden wurde. Andernfalls wird c in der Bildmitte angenommen. Diese Methode sollte dann verwendet werden, wenn das Verzeichnungszentrum außerhalb der Bildmitte gesucht werden soll, jedoch wenige Konturen zur Verfügung stehen oder die Lage der Konturen ungünstig ist (Bsp.: Konturen verlaufen in gleiche Richtung oder liegen im selben Bildbereich).

'fixed' Bei *'fixed'* wird schließlich das Verzeichnungszentrum als konstant in der Bildmitte angenommen und nur κ beziehungsweise $(K_1, K_2, K_3, P_1, P_2)$ bestimmt. Diese Methode sollte bei sehr schwachen Verzeichnungen und wenigen Konturen in schlechter Lage angewendet werden.

Über den Parameter `PrincipalPointVar` kann bei den Methoden *'adaptive'* und *'variable'* schließlich die Abweichung von c von der Bildmitte gesteuert werden. Falls die Abweichung gesteuert werden soll, muss `PrincipalPointVar` zwischen 1 und 100 liegen. Dabei gilt: Je höher der Wert, umso mehr darf c von der Bildmitte abweichen. Liegt der Wert bei 0, findet keine Steuerung statt, d.h. der Hauptpunkt wird alleine durch die Konturen bestimmt. Generell sollte die Steuerung über `PrincipalPointVar` bei schwachen Verzeichnungen und ähnlich orientierten Konturen verwendet werden, da sonst unter Umständen keine stabile Lösung gefunden wird.

Laufzeit

Die Laufzeit von `radial_distortion_self_calibration` ist für `DistortionCenter` = *'variable'* und `PrincipalPointVar` = *0* am geringsten. Die Laufzeit für `DistortionCenter` = *'variable'* und `PrincipalPointVar` > *0* steigt mit kleineren Werten von `PrincipalPointVar` signifikant an. Die Laufzeiten für `DistortionCenter` = *'adaptive'* und `DistortionCenter` = *'fixed'* sind auch signifikant höher als bei `DistortionCenter` = *'variable'* und `PrincipalPointVar` = *0*.

Achtung

Da das polynomielle Modell (`DistortionModel` = *'polynomial'*) mehr Parameter enthält als das Divisionsmodell (`DistortionModel` = *'division'*), kann die Kalibrierung über das polynomielle Modell eine etwas geringere Stabilität aufweisen als die Kalibrierung über das Divisionsmodell. Dies macht sich besonders bei der Bestimmung der tangentialen Verzeichnungskomponenten P_1, P_2 bemerkbar. Die Stabilität kann verbessert werden, indem man Konturen aus mehreren Bildern verwendet. Zusätzliche Stabilität erhält man wie oben bereits erwähnt für `DistortionCenter` = *'fixed'*, `DistortionCenter` = *'adaptive'* oder `PrincipalPointVar` > *0*.

Parameter

- ▷ **`Contours`** (input_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Konturen, die für die Kalibrierung zur Verfügung stehen.
- ▷ **`SelectedContours`** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Konturen, die zur Kalibrierung verwendet wurden
- ▷ **`Width`** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite der Bilder, aus denen die Konturen extrahiert wurden.
  Default: 640
  Wertevorschläge: `Width` ∈ {640, 768}
  Restriktion: Width > 0
- ▷ **`Height`** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe der Bilder, aus denen die Konturen extrahiert wurden.
  Default: 480
  Wertevorschläge: `Height` ∈ {480, 576}
  Restriktion: Height > 0
- ▷ **`InlierThreshold`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Schwellenwert zur Klassifizierung von Ausreißern.
  Default: 0.05
  Wertevorschläge: `InlierThreshold` ∈ {0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, 0.1}
  Restriktion: InlierThreshold >= 0
- ▷ **`RandSeed`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Initialisierungswert für den Zufallszahlengenerator.
  Default: 42
- ▷ **`DistortionModel`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Legt das Verzeichnungsmodell fest.
  Default: 'division'
  Werteliste: `DistortionModel` ∈ {'division', 'polynomial'}
- ▷ **`DistortionCenter`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Legt fest, wie das Verzeichnungszentrum bestimmt wird.
  Default: 'variable'
  Werteliste: `DistortionCenter` ∈ {'fixed', 'adaptive', 'variable'}
- ▷ **`PrincipalPointVar`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Steuert die Abweichung des Verzeichnungszentrums von der Bildmitte; größere Werte erlauben größere Abweichungen; 0 schaltet den Strafterm ab.
  Default: 0.0
  Wertevorschläge: `PrincipalPointVar` ∈ {0.0, 5.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0}
  Restriktion: PrincipalPointVar >= 0.0 && PrincipalPointVar <= 100.0
- ▷ **`CameraParam`** (output_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter.

Beispiel

```
* Assume that GrayImage is one image in gray values with a
* resolution of 640 x 480 and a suitable number of contours.  Then
```

```
* the following example performs the calibration using these
* contours and corrects the image with the estimated distortion
* parameters.
edges_sub_pix (GrayImage, Edges, 'canny', 1.0, 20, 40)
segment_contours_xld (Edges, ContoursSplit, 'lines_circles', 5, 8, 4)
radial_distortion_self_calibration (ContoursSplit, SelectedContours, \
                                    640, 480, 0.08, 42, 'division', \
                                    'variable', 0, CameraParam)
get_domain (GrayImage, Domain)
change_radial_distortion_cam_par ('fullsize', CameraParam, 0, CamParamOut)
change_radial_distortion_image (GrayImage, Domain, ImageRectified, \
                                CameraParam, CamParamOut)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `radial_distortion_self_calibration` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`edges_sub_pix`, `segment_contours_xld`

Nachfolger

`change_radial_distortion_cam_par`, `change_radial_distortion_image`

Siehe auch

`camera_calibration`

Literatur

T. Thormählen, H. Broszio: „Automatic line-based estimation of radial lens distortion“; in: Integrated Computer-Aided Engineering; vol. 12; pp. 177-190; 2005.

Modul

Calibration

radiometric_self_calibration (Images : : ExposureRatios, Features, FunctionType, Smoothness, PolynomialDegree : InverseResponse)

Radiometrische Selbstkalibrierung einer Kamera.

`radiometric_self_calibration` führt eine radiometrische Selbstkalibrierung einer Kamera durch. Dazu müssen in `Images` mindestens zwei Bilder übergeben werden, die denselben Bildinhalt zeigen. Alle in `Images` übergebenen Bilder müssen mit unterschiedlichen Belichtungen aufgenommen worden sein. Typischerweise werden die unterschiedlichen Belichtungen durch Veränderung der Verschlusszeiten (Belichtungszeiten) an der Kamera erzeugt. Eine Änderung der Belichtung durch Verstellen der Blende ist nicht zu empfehlen, da hier die Belichtungsverhältnisse nicht genau genug bestimmt werden können. Das Verhältnis der Belichtungen aufeinanderfolgender Bilder wird in `ExposureRatios` übergeben. Ein Wert von *0.5* bedeutet z.B., dass das zweite Bild des Bildpaares mit der halben Belichtung des ersten Bildes aufgenommen wurde. Das Verhältnis der Belichtungen kann leicht aus den Verschlusszeiten berechnet werden, da die Belichtung proportional zur Verschlusszeit ist. Das Verhältnis der Belichtungen muss größer als 0 und kleiner als 1 sein. Das bedeutet, dass die Bilder nach abnehmender Belichtung sortiert sein müssen. `ExposureRatios` muss ein Element weniger enthalten, als die Anzahl der in `Images` übergebenen Bilder. Falls alle Verhältnisse der Belichtungen identisch sind, kann zur Vereinfachung auch ein einziger Wert in `ExposureRatios` übergeben werden.

Wie oben beschrieben, müssen die in `Images` übergebenen Bilder denselben Bildinhalt zeigen. Dazu ist es normalerweise notwendig, dass sich weder die Kamera noch die im Bild enthaltenen Objekte bewegen. Falls sich die Kamera um das optische Zentrum gedreht hat, sollten die Bilder mit `proj_match_points_ransac`

und projective_trans_image auf eines der Bilder als Referenzbild ausgerichtet werden. Falls die zur radiometrischen Kalibrierung verwendeten Merkmale aus dem 2D-Grauwerthistogramm von aufeinanderfolgenden Bildpaaren aus Images bestimmt werden (Features = *'2d_histogram'*), ist es unerlässlich, dass die Bilder aufeinander ausgerichtet sind und dass sich die Objekte in den Bildern nicht bewegen. Im Modus Features = *'1d_histograms'* werden die zur radiometrischen Kalibrierung verwendeten Merkmale aus den 1D-Grauwerthistogrammen der Bildpaare berechnet. In diesem Modus kann eine Kalibrierung theoretisch auch dann erfolgen, falls sich die 1D-Histogramme der Bilder durch eine Bewegung von Objekten im Bild nicht ändert. Dies kann z.B. dann der Fall sein, falls sich ein Objekt vor einem gleichmäßig texturierten Hintergrund bewegt. Aufgrund der höheren Genauigkeit ist aber der Modus Features = *'2d_histogram'* vorzuziehen. Der Modus Features = *'1d_histograms'* sollte nur verwendet werden, falls es unmöglich ist, den Kameraaufbau so zu konstruieren, dass sich weder die Kamera noch die Bildobjekte bewegen.

Des Weiteren ist darauf zu achten, dass der Grauwertbereich lückenlos überdeckt wird. Hierzu sollte ein geeigneter Bildinhalt gewählt werden. Ob Lücken im Grauwertbereich vorliegen, kann leicht anhand der 1D-Grauwerthistogramme der Bilder und der 2D-Grauwerthistogramme aufeinanderfolgender Bilder überprüft werden. In den 1D-Grauwerthistogrammen (siehe gray_histo_abs) sollten zwischen dem minimalen und maximalen Grauwert keine Bereiche mit einer Häufigkeit von 0 oder einer sehr kleinen Häufigkeit vorkommen. In den 2D-Grauwerthistogrammen (siehe histo_2dim) sollte nach der Segmentierung mit einem unteren Schwellenwert von 1 eine zusammenhängende Region in Form eines „Schlauches“ entstehen. Falls mehrere Zusammenhangskomponenten entstehen, sollte ein geeigneterer Bildinhalt gewählt werden. Falls der Bildinhalt so gewählt werden kann, dass der Grauwertbereich des Bildes (z.B. 0-255 bei Byte-Bildern) mit zwei Bildern mit unterschiedlichen Belichtungen ausgeschöpft werden kann, und keine Lücken in den Histogrammen vorhanden sind, sind diese zwei Bilder zur Kalibrierung ausreichend. Dies ist typischerweise jedoch nicht der Fall, so dass mit mehreren Bildern der Grauwertbereich überdeckt werden muss. Dazu sind, wie oben beschrieben, mehrere Bilder mit unterschiedlichen Belichtungen aufzunehmen, um den Grauwertbereich möglichst vollständig zu überdecken. Dabei sollte das erste Bild im Normalfall so belichtet werden, dass der maximale Grauwert entweder knapp unter der Sättigungsgrenze der Kamera liegt, oder dass das Bild deutlich übersteuert ist. Falls das erste Bild übersteuert aufgenommen wird, ist eine deutliche Übersteuerung notwendig, damit radiometric_self_calibration die übersteuerten Bereiche sicher erkennen kann. Falls die Kamera ein ungewöhnliches Sättigungsverhalten zeigt (z.B. eine Sättigungsgrenze, die signifikant unter dem maximalen Grauwert liegt), sollten in dem übersteuerten Bild die übersteuerten Bereiche per Hand mit reduce_domain ausmaskiert werden.

radiometric_self_calibration liefert die inverse Grauwert-Antwortfunktion der Kamera in InverseResponse zurück. Die inverse Antwortfunktion kann dazu verwendet werden, ein Bild mit linearer Grauwert-Antwortfunktion zu erzeugen, indem InverseResponse als LUT in lut_trans verwendet wird. Der Parameter FunctionType gibt an, welches Funktionsmodell für die Antwortfunktion verwendet werden soll. Für FunctionType = *'discrete'* wird die Antwortfunktion durch eine diskrete Funktion mit der relevanten Anzahl von Grauwerten beschrieben (256 bei Byte-Bildern). Für FunctionType = *'polynomial'* wird die Antwortfunktion durch ein Polynom vom Grad PolynomialDegree beschrieben. Die Berechnung der Antwortfunktion ist für FunctionType = *'discrete'* langsamer. Da aber in den Bereichen, an denen keine Grauwertinformation vorliegt, ein Polynom trotz der unten beschriebenen Glattheitsbedingungen Oszillationen aufweisen kann, ist die diskrete Funktion dem Polynom im Normalfall vorzuziehen.

Die inverse Grauwert-Antwortfunktion wird als Tupel von ganzen Zahlen für FunctionType = *'discrete'* und FunctionType = *'polynomial'* zurückgeliefert. In manchen Anwendungen kann es wünschenswert sein, die inverse Grauwert-Antwortfunktion als Gleitkommazahlen zurückzuliefern, um die numerischen Fehler, die durch Runden entstehen, zu vermeiden. Falls z.B. die inverse Grauwert-Antwortfunktion invertiert werden muss, um die tatsächliche Antwortfunktion der Kamera zu berechnen, geht Information durch die Rundung verloren. In diesen Anwendungen kann FunctionType auf *'discrete_real'* oder *'polynomial_real'* gesetzt werden, was dazu führt, dass die inverse Grauwert-Antwortfunktion als ein Tupel von Gleitkommazahlen zurückgeliefert wird.

Der Parameter Smoothness definiert (zusätzlich zu den Bedingungen, die aus den Bildern über die Antwortfunktion der Kamera hergeleitet werden können) Bedingungen für die Glattheit der Antwortfunktion. Falls der Grauwertbereich wie oben beschrieben vollständig und lückenlos überdeckt werden kann und falls das Kamerarauschen gering ist, sollte der Standardwert von *1* nicht verändert werden. Ansonsten kann mit Werten > 1 eine stärkere Glättung und mit Werten < 1 eine schwächere Glättung der Antwortfunktion erreicht werden. Die Glättung ist insbesondere in Bereichen wichtig, in denen keine Grauwertinformation aus den Bildern hergeleitet werden kann, also insbesondere in Lücken im Histogramm und für Grauwerte, die kleiner sind als der minimale bzw. größer als der maximale Grauwert aller Bilder. Hier führen die Glattheitsbedingungen zu einer Interpolation bzw. Extrapolation der Antwortfunktion. Durch die Art der intern berechneten Bedingungsgleichungen bevorzugt FunctionType = *'discrete'* eine Exponentialfunktion in undefinierten Grauwertbereichen, während FunctionType = *'polynomial'* eine Gerade bevorzugt. Beachten Sie bitte, dass die Interpolation und Extrapo-

lation in jedem Fall unsicherer ist, als den Grauwertbereich vollständig und lückenlos zu überdecken. Deswegen sollte in jedem Fall zuerst versucht werden, die Bilder optimal aufzunehmen, bevor anhand der Glattheitsbedingungen ein Auffüllen der Lücken vorgenommen wird. In jedem Fall sollte die Antwortfunktion nach dem Aufruf von `radiometric_self_calibration` auf Plausibilität überprüft werden. Insbesondere sollte überprüft werden, ob `InverseResponse` monoton ist. Falls dies nicht der Fall ist, sollte ein geeigneterer Bildinhalt verwendet werden, damit nicht interpoliert werden muss, oder `Smoothness` auf einen größeren Wert gesetzt werden. Für `FunctionType` $=$ *'polynomial'* kann es auch notwendig sein, `PolynomialDegree` zu verändern. Falls trotz dieser Änderungen immer noch ein wenig plausibles Ergebnis geliefert wird, sollte das Sättigungsverhalten der Kamera überprüft werden, z.B. anhand des 2D-Grauwerthistogramms, und die gesättigten Bereiche wie oben beschrieben per Hand ausmaskiert werden.

Bei der Bestimmung der inversen Grauwert-Antwortfunktion der Kamera kann die absolute Energie, die auf die Kamera fällt, nicht bestimmt werden. Das heißt, dass `InverseResponse` nur bis auf einen Skalierungsfaktor bestimmt werden kann. Daher wird als Nebenbedingung verwendet, dass der maximale Grauwert, der auftreten kann, am maximalen Eingabegrauwert angenommen werden soll, also z.B. für Byte-Bilder `InverseResponse`$[255] = 255$. Diese Nebenbedingung liefert im Normalfall ein intuitives Ergebnis. Falls jedoch ein mehrkanaliges Bild (typischerweise ein RGB-Bild) radiometrisch kalibriert werden soll (hierzu muss jeder Kanal einzeln kalibriert werden), kann es vorkommen, dass durch die obige Nebenbedingung ein unterschiedlicher Skalierungsfaktor für jeden Kanal berechnet wird. Das kann dazu führen, dass Grautöne nach der Korrektur nicht mehr grau erscheinen. In diesem Fall ist ein manueller Weißabgleich durchzuführen, indem ein homogenes graues Gebiet im Originalbild identifiziert wird, und aus den Grauwerten der korrigierten Kanäle Skalierungsfaktoren für zwei der drei Antwortkurven (bzw. allgemein für $n-1$ der n Kanäle) hergeleitet werden. Dabei sollte die nicht zu ändernde Antwortkurve so gewählt werden, dass alle Skalierungsfaktoren < 1 sind. Mit den so berechneten Skalierungsfaktoren sollten neue Antwortfunktionen durch Multiplikation aller Werte einer Antwortfunktion mit dem jeweiligen Skalierungsfaktor berechnet werden.

Parameter

- ▷ **`Images`** (input_object) ..... singlechannelimage-array ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebilder.
- ▷ **`ExposureRatios`** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Verhältnis der Belichtungsenergien aufeinanderfolgender Bildpaare.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: `ExposureRatios` ∈ {0.25, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8}
  Restriktion: ExposureRatios > 0 && ExposureRatios < 1
- ▷ **`Features`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Merkmale, die zur Berechnung der inversen Antwortfunktion der Kamera verwendet werden.
  Default: '2d_histogram'
  Werteliste: `Features` ∈ {'2d_histogram', '1d_histograms'}
- ▷ **`FunctionType`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Typ der inversen Antwortfunktion der Kamera.
  Default: 'discrete'
  Werteliste: `FunctionType` ∈ {'discrete', 'polynomial', 'discrete_real', 'polynomial_real'}
- ▷ **`Smoothness`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Glattheit der inversen Antwortfunktion der Kamera.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `Smoothness` ∈ {0.3, 0.5, 0.7, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 3.0}
  Restriktion: Smoothness > 0
- ▷ **`PolynomialDegree`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Grad des Polynoms falls `FunctionType` = *'polynomial'*.
  Default: 5
  Wertevorschläge: `PolynomialDegree` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}
  Restriktion: PolynomialDegree >= 1 && PolynomialDegree <= 20
- ▷ **`InverseResponse`** (output_control) ..... number-array ⇝ *integer* / real
  Inverse Antwortfunktion der Kamera.

Beispiel

```
open_framegrabber ('1394IIDC', 1, 1, 0, 0, 0, 0, 'default', -1, \
                   'default', -1, 'default', 'default', 'default', \
```

```
                    -1, -1, AcqHandle)
* Define appropriate shutter times.
Shutters := [1000,750,500,250,125]
Num := |Shutters|
* Grab and accumulate images with the different exposures.  In this
* loop, it must be ensured that the scene remains static.
gen_empty_obj (Images)
for I := 0 to Num-1 by 1
    set_framegrabber_param (AcqHandle, 'shutter', Shutters[I])
    grab_image (Image, AcqHandle)
    concat_obj (Images, Image, Images)
endfor
* Compute the exposure ratios from the shutter times.
ExposureRatios := real(Shutters[1:Num-1])/real(Shutters[0:Num-2])
radiometric_self_calibration (Images, ExposureRatios, '2d_histogram', \
                              'discrete', 1, 5, InverseResponse)
* Note that if the frame grabber supports hardware LUTs, we could
* also call set_framegrabber_lut here instead of lut_trans below.
* This would be more efficient.
while (1)
    grab_image_async (Image, AcqHandle, -1)
    lut_trans (Image, ImageLinear, InverseResponse)
    * Process radiometrically correct image.
    * [...]
endwhile
close_framegrabber (AcqHandle)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `radiometric_self_calibration` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_image`, `grab_image`, `grab_image_async`, `set_framegrabber_param`, `concat_obj`, `proj_match_points_ransac`, `proj_match_points_ransac_guided`, `projective_trans_image`

Nachfolger

`lut_trans`

Siehe auch

`histo_2dim`, `gray_histo`, `gray_histo_abs`, `reduce_domain`

Modul

Calibration

stationary_camera_self_calibration (: : NumImages, ImageWidth, ImageHeight, ReferenceImage, MappingSource, MappingDest, HomMatrices2D, Rows1, Cols1, Rows2, Cols2, NumCorrespondences, EstimationMethod, CameraModel, FixedCameraParams : CameraMatrices, Kappa, RotationMatrices, X, Y, Z, Error)

Selbstkalibrierung einer stationären projektiven Kamera.

stationary_camera_self_calibration führt eine Selbstkalibrierung einer stationären projektiven Kamera durch. Stationär bedeutet hierbei, dass sich die Kamera nur um das optische Zentrum drehen und dabei zoomen darf. Das optische Zentrum darf also nicht verschoben werden. Projektive Kamera bedeutet hierbei, dass als Kameramodell eine Lochkamera verwendet wird, deren Abbildung durch eine projektive 3D-2D-Abbildung beschrieben werden kann. Insbesondere können radiale Verzeichnungen nur modelliert werden, wenn die Brennweite konstant bleibt. Falls die Kamera signifikante radiale Verzeichnungen aufweist, sollten diese mit change_radial_distortion_image zumindest näherungsweise beseitigt werden.

Das zugrundeliegende Kameramodell kann wie folgt beschrieben werden:

$$\mathbf{x} = \mathtt{P}\mathbf{X} \ .$$

Hierbei ist $\mathbf{x}$ ein homogener 2D-Vektor, $\mathbf{X}$ ein homogener 3D-Vektor und $\mathtt{P}$ eine homogene 3×4 Projektionsmatrix. Die Projektionsmatrix $\mathtt{P}$ lässt sich wie folgt zerlegen:

$$\mathtt{P} = \mathtt{K}(\mathtt{R}|\mathbf{t}) \ .$$

Hierbei ist $\mathtt{R}$ eine 3×3 Rotationsmatrix und $\mathbf{t}$ ein inhomogener 3D-Vektor. Diese beiden Daten beschreiben die Lage der Kamera im Raum. Diese Konvention ist analog zu der bei camera_calibration verwendeten Konvention, d.h. für $\mathtt{R} = \mathtt{I}$ und $\mathbf{t} = 0$ zeigt die x-Achse nach rechts, die y-Achse nach unten und die z-Achse nach vorne von der Bildebene weg. $\mathtt{K}$ ist die Kalibriermatrix der Kamera (die Kameramatrix), die sich wie folgt beschreiben lässt:

$$\mathtt{K} = \begin{pmatrix} af & sf & u \\ 0 & f & v \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \ .$$

Hierbei ist f die Brennweite der Kamera in Pixeln, a das Seitenverhältnis der Pixel, s ein Faktor, der die Schrägstellung der Bildachsen modelliert und (u, v) der Hauptpunkt der Kamera in Pixeln. In dieser Konvention entspricht die x-Achse der Spaltenachse und die y-Achse der Zeilenachse.

Da die Kamera stationär ist, kann man $\mathbf{t} = 0$ annehmen. Mit dieser Konvention sieht man leicht, dass die vierte Koordinate des homogenen 3D-Vektors $\mathbf{X}$ keinen Einfluss auf die Lage des projizierten 3D-Punktes hat. Somit kann man die vierte Koordinate auch auf 0 setzen und sieht, dass $\mathbf{X}$ als Punkt der unendlich fernen Ebene betrachtet werden kann, und somit eine Richtung im Raum repräsentiert. Mit dieser Konvention kann man die vierte Koordinate von $\mathbf{X}$ auch weglassen und $\mathbf{X}$ als inhomogenen 3D-Vektor betrachten, der als Richtungsvektor nur bis auf Skalierung bestimmt werden kann. Somit kann die obige Projektionsgleichung auch wie folgt geschrieben werden:

$$\mathbf{x} = \mathtt{KR}\mathbf{X} \ .$$

Wenn man zwei Bilder desselben Punktes mit einer stationären Kamera aufnimmt, gilt folglich

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_1 &= \mathtt{K}_1\mathtt{R}_1\mathbf{X} \\ \mathbf{x}_2 &= \mathtt{K}_2\mathtt{R}_2\mathbf{X} \end{aligned}$$

und somit

$$\mathbf{x}_2 = \mathtt{K}_2\mathtt{R}_2\mathtt{R}_1^{-1}\mathtt{K}_1^{-1}\mathbf{x}_1 = \mathtt{K}_2\mathtt{R}_{12}\mathtt{K}_1^{-1}\mathbf{x}_1 = \mathtt{H}_{12}\mathbf{x}_1 \ .$$

Wenn sich die Kameraparameter bei den zwei Aufnahmen nicht ändern, gilt $K_1 = K_2$. Die beiden Bilder desselben 3D-Punktes sind folglich über eine projektive 2D-Abbildung miteinander verknüpft. Diese Abbildung kann mit proj_match_points_ransac bestimmt werden. Es ist zu beachten, dass die Reihenfolge der Koordinaten in den projektive 2D-Abbildungen in HALCON umgekehrt ist als in der obigen Konvention. Außerdem ist zu beachten, dass proj_match_points_ransac ein Koordinatensystem verwendet, bei dem der Ursprung eines Pixels in seiner linken oberen Ecke liegt, während stationary_camera_self_calibration ein Koordinatensystem verwendet, dass dem Koordinatensystem von camera_calibration entspricht, bei dem der Ursprung eines Pixels in seiner Mitte liegt. Für die mit proj_match_points_ransac bestimmten projektive 2D-Abbildungen müssen noch die Zeilen und Spalten vertauscht werden und eine Verschiebung um $(0.5, 0.5)$ angewendet werden, so dass in HALCON statt $\mathtt{H}_{12} = \mathtt{K}_2\mathtt{R}_{12}\mathtt{K}_1^{-1}$ gilt

$$\mathtt{H}_{12} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0.5 \\ 1 & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \mathtt{K}_2\mathtt{R}_{12}\mathtt{K}_1^{-1} \begin{pmatrix} 0 & 1 & -0.5 \\ 1 & 0 & -0.5 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

bzw.

$$\mathtt{K}_2\mathtt{R}_{12}\mathtt{K}_1^{-1} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & -0.5 \\ 1 & 0 & -0.5 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \mathtt{H}_{12} \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0.5 \\ 1 & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} .$$

Aus der obigen Gleichung können Bedingungsgleichungen für die Kameraparameter auf zwei Arten hergeleitet werden. Zum einen kann durch Elimination der Rotation eine Gleichung hergeleitet werden, die die Kameramatrizen mit der projektive 2D-Abbildung zwischen zwei Bildern verknüpft. Sei $\mathtt{H}_{ij}$ die projektive Abbildung von Bild i nach Bild j. Dann gilt

$$\begin{aligned} \mathtt{K}_j\mathtt{K}_j^{\top} &= \mathtt{H}_{ij}\mathtt{K}_i\mathtt{K}_i^{\top}\mathtt{H}_{ij}^{\top} \\ \mathtt{K}_j^{-\top}\mathtt{K}_j^{-1} &= \mathtt{H}_{ij}^{-\top}\mathtt{K}_i^{-\top}\mathtt{K}_i^{-1}\mathtt{H}_{ij}^{-1} \end{aligned}$$

Aus der zweiten Gleichung können lineare Gleichungen zur Bestimmung der Kameraparameter gewonnen werden. Dieses Verfahren wird von `stationary_camera_self_calibration` für `EstimationMethod` = *'linear'* verwendet. Dabei werden für i alle in `MappingSource` verwendeten Bilder und für j alle in `MappingDest` verwendeten Bilder zur Aufstellung der Gleichungen benutzt. Nachdem die Kameraparameter bestimmt worden sind, kann die Rotation der Kamera in den einzelnen Bildern über die Gleichung $\mathtt{R}_{ij} = \mathtt{K}_j^{-1}\mathtt{H}_{ij}\mathtt{K}_i$ und Bildung der Abbildungskette vom Referenzbild `ReferenceImage` aus berechnet werden. Aus der ersten Gleichung kann ein nichtlineares Verfahren zur Bestimmung der Kameraparameter durch Minimierung des folgenden Fehlers hergeleitet werden:

$$E = \sum_{(i,j)\in\{(s,d)\}} \left\| \mathtt{K}_j\mathtt{K}_j^{\top} - \mathtt{H}_{ij}\mathtt{K}_i\mathtt{K}_i^{\top}\mathtt{H}_{ij}^{\top} \right\|_F^2$$

Hierbei ist $\{(s,d)\}$ wie beim linearen Verfahren die durch `MappingSource` und `MappingDest` gegebene Menge von überlappenden Bildern. Dieses Verfahren wird von `stationary_camera_self_calibration` für `EstimationMethod` = *'nonlinear'* verwendet. Dabei werden die Kameraparameter mit den Ergebnissen des linearen Verfahrens initialisiert. Diese beiden Verfahren sind sehr schnell und liefern akzeptable Ergebnisse, wenn die projektiven 2D-Abbildungen $\mathtt{H}_{ij}$ hinreichend genau sind. Dazu ist es unerlässlich, dass die Bilder keine radialen Verzeichnungen aufweisen. Man sieht aber auch, dass die Bestimmung der Kameraparameter unabhängig von der Bestimmung der Rotationen erfolgt, und somit die möglichen Bedingungsgleichungen nicht vollständig ausgeschöpft werden. Insbesondere kann man sehen, dass nicht erzwungen wird, dass die Projektionen desselben Punktes nahe beieinander liegen. Deswegen bietet `stationary_camera_self_calibration` als drittes Verfahren eine Bündelausgleichung an (`EstimationMethod` = *'gold_standard'*). Dabei werden sowohl die Kameraparameter und Rotationen, als auch Richtungen im 3D (die oben angeführten Vektoren $\mathbf{X}$), die zur Minimierung des folgenden Fehlers führen, in einer gemeinsamen Optimierung bestimmt:

$$E = \sum_{i=1}^{n} \left(\sum_{j=1}^{m} \left\| \mathbf{x}_{ij} - \mathtt{K}_i\mathtt{R}_i\mathbf{X}_j \right\|^2 + \frac{1}{\sigma^2}(u_i^2 + v_i^2) \right)$$

Hierbei werden nur Terme berücksichtigt, für die die rekonstruierte Richtung $\mathbf{X}_j$ im Bild i sichtbar ist. Als Startwerte für die Bündelausgleichung werden Parameter verwendet, die aus den Ergebnissen des nichtlinearen Verfahrens berechnet werden. Aufgrund der hohen Komplexität der Minimierung dauert die Bündelausgleichung erheblich länger als die beiden einfacheren Verfahren. Sie liefert aber auch signifikant bessere Ergebnisse, und sollte deshalb bevorzugt werden.

In jedem der drei Verfahren kann festgelegt werden, welche Kameraparameter bestimmt werden sollen. Die jeweils anderen Kameraparameter werden auf einem festen Wert gehalten. Die Festlegung erfolgt mit dem Parameter `CameraModel`, der ein Tupel von Werten enthält. `CameraModel` muss immer den Wert *'focus'* enthalten, der festlegt, dass die Brennweite f bestimmt wird. Wenn `CameraModel` den Wert *'principal_point'* enthält, wird der

Hauptpunkt (u, v) der Kamera bestimmt, ansonsten wird er auf den Wert (ImageWidth/2, ImageHeight/2) gesetzt. Wenn CameraModel den Wert *'aspect'* enthält, wird das Seitenverhältnis a der Pixel bestimmt, ansonsten wird es auf 1 gesetzt. Wenn CameraModel den Wert *'skew'* enthält, wird die Schrägstellung s der Bildachsen bestimmt, ansonsten wird sie auf 0 gesetzt. Es sind nur bestimmte Kombinationen dieser Parameter erlaubt: *'focus'*, *['focus', 'principal_point']*, *['focus', 'aspect']*, *['focus', 'principal_point', 'aspect']* und *['focus', 'principal_point', 'aspect', 'skew']*.

Zusätzlich zu den obigen Parametern ist es bei Verwendung von EstimationMethod = *'gold_standard'* möglich mit dem Parameter Kappa die Verzeichnung der Bilder zu schätzen. Hierfür kann in diesem Fall CameraModel um den Parameter *'kappa'* erweitert werden. Kappa entspricht dem Verzeichnungsparameter κ des Divisionsmodells für Verzeichnungen (siehe camera_calibration).

Bei der Verwendung von EstimationMethod = *'gold_standard'* zur Bestimmung des Hauptpunkts ist es möglich, weit vom Bildmittelpunkt entfernt liegende Schätzungen zu bestrafen. Hierzu kann ein Sigma an den Parameter *'principal_point:0.5'* angehängt werden. Wird kein Sigma angegeben, so entfällt der Strafterm in der obigen Fehlerformel.

Der Parameter FixedCameraParams legt fest, ob sich die Kameraparameter pro Bild ändern können oder ob sie für alle Bilder als konstant angenommen werden sollen. Um eine Kamera zu kalibrieren und später mit der kalibrierten Kamera zu messen, ist nur FixedCameraParams = *'true'* sinnvoll. Der Modus FixedCameraParams = *'false'* ist hauptsächlich zur Berechnung von Mosaiken mit gen_spherical_mosaic sinnvoll, falls die Kamera bei der Aufnahme des Mosaiks gezoomt hat oder sich die Scharfstellung signifikant geändert hat. Falls ein Mosaik mit konstanten Kameraparametern berechnet werden soll, sollte natürlich auch FixedCameraParams = *'true'* verwendet werden. Es ist zu beachten, dass für FixedCameraParams = *'false'* in praktischen Anwendungen das Problem, speziell für Aufnahmen mit langen Brennweiten, sehr schlecht bestimmt ist. In diesen Fällen kann oft nur die Brennweite bestimmt werden. Deswegen ist es hier unter Umständen erforderlich, CameraModel = *'focus'* zu wählen oder die Lage des Hauptpunktes einzuschränken, indem ein kleines Sigma für den Strafterm des Hauptpunktes gewählt wird.

Die Anzahl der Bilder, die zur Kalibrierung verwendet werden, wird in NumImages übergeben. Aus der Anzahl der Bilder ergeben sich Einschränkungen für das Kameramodell. So können bei der Verwendung von nur zwei Bildern selbst bei der Annahme von konstanten Kameraparametern nicht alle Parameter bestimmt werden. Hier sollte sinnvollerweise die Schrägstellung der Bildachsen auf 0 gesetzt werden, indem *'skew' nicht* in CameraModel aufgenommen wird. Falls FixedCameraParams = *'false'* verwendet wird, können in keinem Fall alle Kameraparameter bestimmt werden. Hier sollte ebenfalls mindestens die Schrägstellung der Bildachsen auf 0 gesetzt werden. Weiterhin ist zu beachten, dass das Seitenverhältnis der Pixel nur korrekt bestimmt werden kann, wenn mindestens ein Bild um die optische Achse (die z-Achse des Kamerakoordinatensystems) gegenüber den anderen Bildern verdreht aufgenommen worden ist. Falls dies nicht der Fall ist, sollte die Bestimmung des Seitenverhältnisses unterdrückt werden, indem der Wert *'aspect' nicht* in CameraModel aufgenommen wird.

Wie oben beschrieben, ist es zur Kalibrierung notwendig, dass mit proj_match_points_ransac für jedes überlappende Bildpaar die projektive Abbildung zwischen den zwei beteiligten Bildern bestimmt wird. So sind z.B. für einen 2×2 Block von Bildern in folgender Anordnung

1	2
3	4

unter der Annahme, dass sich alle Bilder gegenseitig überlappen, folgende projektive Abbildungen zu bestimmen: 1↦2, 1↦3, 1↦4, 2↦3, 2↦4 und 3↦4. Die Indizes der Bilder, die die jeweilige Abbildung bestimmen, werden in MappingSource und MappingDest übergeben. Die Indizes der Bilder beginnen ab 1. In obigem Beispiel ist also MappingSource = *[1,1,1,2,2,3]* und MappingDest = *[2,3,4,3,4,4]* zu verwenden. Die Gesamtanzahl von Bildern, die zur Kalibrierung verwendet wird, wird in NumImages übergeben. Sie wird verwendet, um zu überprüfen, ob jedes Bild über eine Kette von Abbildungen erreicht werden kann. Der Index des Referenzbildes wird in ReferenceImage übergeben. Dieses Bild erhält in der Ausgabe als Rotation die Einheitsmatrix.

Die zu den Bildpaaren gehörigen 3×3 projektiven Transformationsmatrizen werden in HomMatrices2D übergeben. Zusätzlich müssen in Rows1, Cols1, Rows2 und Cols2 die Koordinaten der zugeordneten Punktpaare in den einzelnen Bildpaaren übergeben werden. Sie können aus der Ausgabe von proj_match_points_ransac mit tuple_select oder mit der HDevelop-Funktion subset bestimmt werden. Damit stationary_camera_self_calibration bestimmen kann, zu welcher Abbildung ein Punktpaar gehört, muss in NumCorrespondences für jedes Bildpaar die Anzahl der gefundenen Zuordnungen übergeben werden.

Die berechneten Kameramatrizen K_i werden in CameraMatrices als 3×3 Matrizen zurückgegeben. Für FixedCameraParams = *'false'* werden NumImages Matrizen zurückgegeben. Da für FixedCameraParams = *'true'* alle Kameramatrizen identisch sind, wird in diesem Fall nur eine Kameramatrix zurückgegeben. Die berechneten Rotationen R_i werden in RotationMatrices als 3×3 Matrizen zurückgegeben. RotationMatrices enthält NumImages Matrizen.

Falls EstimationMethod = *'gold_standard'* verwendet wird, werden in (X, Y, Z) die rekonstruierten Richtungen $\mathbf{X}_j$ zurückgegeben. Zusätzlich wird in Error der mittlere Projektionsfehler der rekonstruierten Richtungen zurückgegeben. Dies kann verwendet werden, um zu überprüfen, ob die Optimierung zu sinnvollen Werten konvergiert ist.

Falls die berechneten Kameraparameter zur Projektion von 3D-Punkten oder 3D-Richtungen in das Bild i verwendet werden sollen, sollte die jeweilige Kameramatrix mit der Rotationsmatrix multipliziert werden (mit hom_mat2d_compose).

Parameter

- ▷ **NumImages** (input_control) . . . integer ⇝ *integer*
  Anzahl der verschiedenen Bilder, die zur Kalibrierung verwendet werden.
  Restriktion: NumImages >= 2
- ▷ **ImageWidth** (input_control) . . . extent.x ⇝ *integer*
  Breite der Bilder, aus denen die Punkte extrahiert wurden.
  Restriktion: ImageWidth > 0
- ▷ **ImageHeight** (input_control) . . . extent.y ⇝ *integer*
  Höhe der Bilder, aus denen die Punkte extrahiert wurden.
  Restriktion: ImageHeight > 0
- ▷ **ReferenceImage** (input_control) . . . integer ⇝ *integer*
  Index des Referenzbildes.
- ▷ **MappingSource** (input_control) . . . integer-array ⇝ *integer*
  Indizes der Ausgangsbilder der Transformationen.
- ▷ **MappingDest** (input_control) . . . integer-array ⇝ *integer*
  Indizes der Zielbilder der Transformationen.
- ▷ **HomMatrices2D** (input_control) . . . hom_mat2d-array ⇝ *real*
  Array von 3×3 projektiven Transformationsmatrizen.
- ▷ **Rows1** (input_control) . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinaten korrespondierender Punkte in den jeweiligen Ausgangsbildern.
- ▷ **Cols1** (input_control) . . . point.x-array ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinaten korrespondierender Punkte in den jeweiligen Ausgangsbildern.
- ▷ **Rows2** (input_control) . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinaten korrespondierender Punkte in den jeweiligen Zielbildern.
- ▷ **Cols2** (input_control) . . . point.x-array ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinaten korrespondierender Punkte in den jeweiligen Zielbildern.
- ▷ **NumCorrespondences** (input_control) . . . integer-array ⇝ *integer*
  Anzahl der Punktkorrespondenzen im jeweiligen Bildpaar.
- ▷ **EstimationMethod** (input_control) . . . string ⇝ *string*
  Schätzalgorithmus für die Kalibrierung.
  Default: 'gold_standard'
  Werteliste: EstimationMethod ∈ {'linear', 'nonlinear', 'gold_standard'}
- ▷ **CameraModel** (input_control) . . . string-array ⇝ *string*
  Verwendetes Kameramodell.
  Default: ['focus','principal_point']
  Werteliste: CameraModel ∈ {'focus', 'aspect', 'skew', 'principal_point', 'kappa'}
- ▷ **FixedCameraParams** (input_control) . . . string ⇝ *string*
  Sind die Kameraparameter für alle Bilder identisch?
  Default: 'true'
  Werteliste: FixedCameraParams ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **CameraMatrices** (output_control) . . . hom_mat2d-array ⇝ *real*
  (Array von) 3×3 projektiven Kameramatrizen, die die internen Kameraparameter bestimmen.
- ▷ **Kappa** (output_control) . . . real(-array) ⇝ *real*
  Radiale Verzeichnung der Kamera.

▷ **RotationMatrices** (output_control) ..... hom_mat2d-array ⇝ *real*
Array von 3×3 Transformationsmatrizen, die die Rotation der Kamera im jeweiligen Bild bestimmen.

▷ **X** (output_control) ..... point3d.x-array ⇝ *real*
Richtungsparameter in X-Richtung aller Punkte, wenn EstimationMethod = *'gold_standard'* verwendet wird.

▷ **Y** (output_control) ..... point3d.y-array ⇝ *real*
Richtungsparameter in Y-Richtung aller Punkte, wenn EstimationMethod = *'gold_standard'* verwendet wird.

▷ **Z** (output_control) ..... point3d.z-array ⇝ *real*
Richtungsparameter in Z-Richtung aller Punkte, wenn EstimationMethod = *'gold_standard'* verwendet wird.

▷ **Error** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Durchschnittlicher Fehler pro rekonstruiertem Punkt, wenn EstimationMethod = *'gold_standard'* verwendet wird.

Beispiel

```
* Assume that Images contains four images in the layout given in the
* above description.  Then the following example performs the camera
* self-calibration using these four images.
From := [1,1,1,2,2,3]
To := [2,3,4,3,4,4]
HomMatrices2D := []
Rows1 := []
Cols1 := []
Rows2 := []
Cols2 := []
NumMatches := []
for J := 0 to |From|-1 by 1
    select_obj (Images, ImageF, From[J])
    select_obj (Images, ImageT, To[J])
    points_foerstner (ImageF, 1, 2, 3, 100, 0.1, 'gauss', 'true', \
                      RowsF, ColsF, _, _, _, _, _, _, _, _)
    points_foerstner (ImageT, 1, 2, 3, 100, 0.1, 'gauss', 'true', \
                      RowsT, ColsT, _, _, _, _, _, _, _, _)
    proj_match_points_ransac (ImageF, ImageT, RowsF, ColsF, RowsT, ColsT, \
                               'ncc', 10, 0, 0, 480, 640, 0, 0.5, \
                               'gold_standard', 2, 42, HomMat2D, \
                               Points1, Points2)
    HomMatrices2D := [HomMatrices2D,HomMat2D]
    Rows1 := [Rows1,subset(RowsF,Points1)]
    Cols1 := [Cols1,subset(ColsF,Points1)]
    Rows2 := [Rows2,subset(RowsT,Points2)]
    Cols2 := [Cols2,subset(ColsT,Points2)]
    NumMatches := [NumMatches,|Points1|]
endfor
stationary_camera_self_calibration (4, 640, 480, 1, From, To, \
                                    HomMatrices2D, Rows1, Cols1, \
                                    Rows2, Cols2, NumMatches, \
                                    'gold_standard', \
                                    ['focus','principal_point'], \
                                    'true', CameraMatrix, Kappa, \
                                    RotationMatrices, X, Y, Z, Error)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert stationary_camera_self_calibration den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`proj_match_points_ransac`, `proj_match_points_ransac_guided`

Nachfolger

`gen_spherical_mosaic`

Siehe auch

`gen_projective_mosaic`

Literatur

Lourdes Agapito, E. Hayman, I. Reid: „Self-Calibration of Rotating and Zooming Cameras“; International Journal of Computer Vision; vol. 45, no. 2; pp. 107–127; 2001.

Modul

Calibration

Kapitel 16

Klassifikation

16.1 Gaußsches Mischverteilungsmodell

add_class_train_data_gmm (: : GMMHandle, ClassTrainDataHandle :)

Hinzufügen von Trainingsdaten zu einem Gaußschen Mischverteilungsmodell (GMM).

add_class_train_data_gmm fügt die Trainingsdaten ClassTrainDataHandle zu einem Gaußschen Mischverteilungsmodell (GMM), gegeben durch GMMHandle, hinzu.

Parameter

▷ **GMMHandle** (input_control) . . . . . class_gmm ⇝ *handle*
Handle eines GMMs.

▷ **ClassTrainDataHandle** (input_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
Handle der Trainingsdaten für den Klassifikator.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert add_class_train_data_gmm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- GMMHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_class_gmm, create_class_train_data

Nachfolger

get_sample_class_gmm

Alternativen

add_sample_class_gmm

Siehe auch

create_class_gmm

Modul

Foundation

add_sample_class_gmm (: : GMMHandle, Features, ClassID, Randomize :)

Hinzufügen eines Trainingsmusters zu den Trainingsdaten eines Gaußschen Mischverteilungsmodells.

add_sample_class_gmm fügt ein Trainingsmuster zu dem durch GMMHandle gegebenen Gaußsche Mischverteilungsmodell (GMM) hinzu. Das Trainingsmuster wird durch Features und ClassID beschrieben. Features ist der Merkmalsvektor des Musters und muss folglich die Länge NumDim besitzen, die in create_class_gmm angegeben worden ist. ClassID ist die Klasse des Musters, eine Zahl zwischen 0 und NumClasses-1 (ebenfalls festgelegt in create_class_gmm).

Im Spezialfall, in dem die Features-Vektoren vom Typ **Integer** sind, treten sie im Merkmalsraum in einem Gitter mit Schrittweite 1.0 auf. Wenn zum Beispiel RGB-Merkmale für Farbklassifikation verwendet werden, haben die Daten einen Integerwert von 0 bis 255 je Komponente. Normalerweise kann auch mehr als ein Merkmal denselben Punkt im Raum darstellen. Während des GMM-Trainings mit solchen Daten neigt der Algorithmus dazu, die modellierten Gaußschen Verteilungen zu linear abhängigen Linien oder Ebenen von Punkten, die parallel zu den Gitterrichtungen liegen, anzupassen. Falls die Anzahl von Zentren, die im Centers von train_class_gmm zurückgegeben wird, ungewöhnlich hoch ist, deutet das auf ein solches Verhalten des Algorithmus hin. Um dieses Problem umzugehen, kann der Parameter Randomize verwendet werden. Für Randomize > 0.0 wird Gaußsches Rauschen mit Mittelwert 0 und Standardabweichung Randomize zu jeder Komponente des Trainingsvektors addiert und die Trainingsdaten werden im GMM gespeichert. Randomize-Werte ≤ 1.0 verbessern die Situation nicht. Randomize-Werte $\gg 2.0$ beeinflussen die Form der Datenwolke zu viel. Für Integer-Merkmalsvektoren ist es empfehlenswert, Werte zwischen 1.5 und 2.0 zu verwenden. Falls die Daten durch Skalierung aus Integerdaten erzeugt wurden, kann dasselbe Problem auftreten. Hier muss Randomize entsprechend der Skalierung der Daten skaliert werden.

Bevor das GMM mit train_class_gmm trainiert werden kann, müssen *alle* Trainingsmuster mit add_sample_class_gmm zum GMM hinzugefügt werden.

Die Anzahl der abgespeicherten Trainingsmuster kann mit get_sample_num_class_gmm abgefragt werden. Einzelne Trainingsmuster können mit get_sample_class_gmm wieder ausgelesen werden.

Im Normalfall ist es günstig, die Trainingsmuster mit write_samples_class_gmm in eine Datei zu speichern, damit sie wiederverwendet werden können. Damit können bei Bedarf neue Trainingsmuster zum Datensatz hinzugefügt werden und ein *neu erzeugtes* GMM kann mit dem erweiterten Datensatz *neu* trainiert werden.

Parameter

▷ **GMMHandle** (input_control) ..... class_gmm ⇝ *handle*
Handle des GMM.

▷ **Features** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
Merkmalsvektor des zu speichernden Trainingsmusters.

▷ **ClassID** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
Klasse des zu speichernden Trainingsmusters.

▷ **Randomize** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Standardabweichung des Gaußschen Rauschens, das zu den Trainingsdaten hinzugefügt wird.
Default: 0.0
Wertevorschläge: Randomize ∈ {0.0, 1.5, 2.0}
Restriktion: Randomize >= 0.0

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert add_sample_class_gmm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- GMMHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_class_gmm`

Nachfolger

`train_class_gmm`, `write_samples_class_gmm`

Alternativen

`read_samples_class_gmm`, `add_samples_image_class_gmm`

Siehe auch

`clear_samples_class_gmm`, `get_sample_num_class_gmm`, `get_sample_class_gmm`

Modul

Foundation

classify_class_gmm (: : GMMHandle, Features, Num : ClassID, ClassProb, Density, KSigmaProb)

Berechnen der Klasse eines Merkmalsvektors durch ein Gaußsches Mischverteilungsmodell.

`classify_class_gmm` berechnet mit dem durch `GMMHandle` gegebenen Gaußsche Mischverteilungsmodell (GMM) die `Num` besten Klassen des Merkmalsvektors `Features` und gibt die Klassen in `ClassID` und die zugehörigen Wahrscheinlichkeiten der Klassen in `ClassProb` zurück. Das GMM muss vor der Verwendung von `classify_class_gmm` mit `train_class_gmm` trainiert werden.

`classify_class_gmm` entspricht dem Aufruf von `evaluate_class_gmm` und der zusätzlichen Bestimmung der besten `Num` Klassen. Wie bei `evaluate_class_gmm` beschrieben, können die Ausgabewerte `ClassProb` des GMM als Wahrscheinlichkeiten des Auftretens der jeweiligen Klasse interpretiert werden. Hier wird aber die a-posteriori-Wahrscheinlichkeit `ClassProb` weiter als `ClassProb` $= p(i|x)/p(x)$ normalisiert, wobei $p(i|x)$ und $p(x)$ wie bei `evaluate_class_gmm` definiert sind. Im Normalfall, sollte es ausreichend sein, `Num` $= 1$ zu verwenden, um zu entscheiden, ob die Wahrscheinlichkeit der besten Klasse des Merkmalsvektors hoch genug ist. In manchen Anwendungen kann es aber auch interessant sein, die zweitbeste Klasse zu betrachten (`Num` $= 2$), insbesondere, wenn zu erwarten ist, dass sich die Klassen signifikant überlappen.

Die Parameter `Density` und `KSigmaProb` sind bei `evaluate_class_gmm` beschrieben.

Parameter

- ▷ **GMMHandle** (input_control) . . . . . class_gmm ⇝ *handle*
  Handle des GMM.
- ▷ **Features** (input_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Merkmalsvektor.
- ▷ **Num** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Anzahl der zu bestimmenden besten Klassen.
  Default: 1
  Wertevorschläge: `Num` ∈ {1, 2, 3, 4, 5}
- ▷ **ClassID** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Ergebnis der Klassifikation des Merkmalsvektors durch das GMM.
- ▷ **ClassProb** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Die a-posteriori-Klassenwahrscheinlichkeit.
- ▷ **Density** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Wahrscheinlichkeitsdichte des Merkmalsvektors.
- ▷ **KSigmaProb** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Normalisierte k-Sigma-Wahrscheinlichkeit für den Merkmalsvektor.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `classify_class_gmm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

train_class_gmm, read_class_gmm

Alternativen

evaluate_class_gmm

Siehe auch

create_class_gmm

Literatur

Christopher M. Bishop: „Neural Networks for Pattern Recognition“; Oxford University Press, Oxford; 1995.

Mario A.T. Figueiredo: „Unsupervised Learning of Finite Mixture Models“; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 3; March 2002.

Modul

Foundation

clear_class_gmm (: : GMMHandle :)

Löschen eines Gaußschen Mischverteilungsmodells.

clear_class_gmm löscht das Gaußsche Mischverteilungsmodell (GMM), das durch GMMHandle angegeben wird, und gibt sämtlichen für das GMM benötigten Speicher frei. Das GMM kann nach dem Aufruf von clear_class_gmm nicht mehr verwendet werden. Der Handle GMMHandle ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **GMMHandle** (input_control) . . . . . class_gmm(-array) ⇝ *handle*
Handle des GMM.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert clear_class_gmm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- GMMHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

classify_class_gmm, evaluate_class_gmm

Siehe auch

create_class_gmm, read_class_gmm, write_class_gmm, train_class_gmm

Modul

Foundation

clear_samples_class_gmm (: : GMMHandle :)

Löschen aller Trainingsdaten eines Gaußschen Mischverteilungsmodells.

clear_samples_class_gmm löscht alle in dem Gaußschen Mischverteilungsmodell (GMM) GMMHandle abgespeicherten Trainingsmuster. Eine Verwendung von clear_samples_class_gmm ist nur dann sinnvoll, wenn das GMM in demselben Prozess trainiert wird, in dem das GMM auch zur Evaluierung mit evaluate_class_gmm oder zur Klassifikation mit classify_class_gmm verwendet wird. In diesem Fall kann der durch die Trainingsmuster belegte Speicher mit clear_samples_class_gmm wieder freigegeben werden, und somit Speicherplatz gespart werden. In der üblichen Verwendungsart, in der das GMM offline trainiert wird und mit write_class_gmm gespeichert wird, ist die Verwendung von clear_samples_class_gmm normalerweise überflüssig, da write_class_gmm die Trainingsmuster nicht abspeichert, und somit im Online-Prozess, der das GMM mit read_class_gmm einliest, auch kein Speicher für die Trainingsmuster benötigt wird.

Parameter

▷ **GMMHandle** (input_control) ..... class_gmm(-array) ⇝ *handle*
Handle des GMM.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert clear_samples_class_gmm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- GMMHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

train_class_gmm, write_samples_class_gmm

Siehe auch

create_class_gmm, clear_class_gmm, add_sample_class_gmm, read_samples_class_gmm

Modul

Foundation

create_class_gmm (: : NumDim, NumClasses, NumCenters, CovarType, Preprocessing, NumComponents, RandSeed : GMMHandle)

Erzeugen eines Gaußschen Mischverteilungsmodells zur Klassifikation

create_class_gmm erzeugt ein Gaußsches Mischverteilungsmodell (GMM), das zur Klassifikation verwendet werden kann. NumDim gibt die Anzahl der Dimensionen des Merkmalsraums an, NumClasses gibt die Anzahl der zu trainierenden Klassen an. Ein GMM besteht aus einer Anzahl NumCenters an *Gaußschen Zentren* je Klasse. NumCenters kann dabei nicht nur die exakt zu verwendende Anzahl an Zentren spezifizieren, sondern in Abhängigkeit der Anzahl der übergebenen Parameter auch eine Ober- und Untergrenze:

Genau ein Parameter: Der Parameter entspricht exakt der zu verwendenden Anzahl an Zentren für alle Klassen.

Genau zwei Parameter: Der erste Parameter entspricht der minimalen Anzahl an Zentren, der zweite der maximalen Anzahl für alle Klassen.

Genau $2 \cdot NumClasses$ **Parameter:** Abwechselnd jeder erste Parameter entspricht der minimalen Anzahl Zentren je Klasse und jeder zweite Parameter der maximalen Anzahl an Zentren je Klasse.

Werden Ober- und Untergrenzen für die Anzahl der Zentren spezifiziert, dann wird die optimale Anzahl an Zentren aus dem Minimale-Nachrichtenlänge-Kriterium (Minimum Message Length Criterion, MML) bestimmt. Im Allgemeinen ist es empfehlenswert, für das spätere Training mit (zu) vielen Zentren als Maximum und der erwarteten Anzahl Zentren als Minimum zu beginnen.

Ein Zentrum wird jeweils von den Parametern Mittelpunkt $\mathbf{m}_j$, Kovarianzmatrix $\mathbf{C}_j$ und Mischungskoeffizient (mixing coefficient) P_j beschrieben. Diese Parameter werden aus den Trainingsdaten mittels des Expectation-Maximization (EM) Algorithmus bestimmt. Ein GMM kann eine beliebige Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion annähern, vorausgesetzt es werden genügend Zentren verwendet. Die Kovarianzmatrizen $\mathbf{C}_j$ haben eine Größe von `NumDim` · `NumDim` (`NumComponents` · `NumComponents`, falls eine Vorverarbeitung verwendet wird) und sind symmetrisch. Weitere Bedingungen werden mit `CovarType` festgelegt:

Für `CovarType` = *'spherical'* ist $\mathbf{C}_j$ ein skalares Vielfaches der Einheitsmatrix $\mathbf{C}_j = s_j^2\mathbf{I}$. Die Zentrum-Dichtefunktion $p(\mathbf{x}|j)$ wird damit

$$p(\mathbf{x}|j) = \frac{1}{(2\pi s_j^2)^{d/2}} \exp(-\frac{\|\mathbf{x}-\mathbf{m}_j\|^2}{2s_j^2})$$

Für `CovarType` = *'diag'* ist $\mathbf{C}_j$ eine Diagonalmatrix

$\mathbf{C}_j = diag(s_{j,1}^2, ..., s_{j,d}^2)$. Die zugehörige Zentrum-Dichtefunktion $p(\mathbf{x}|j)$ ist

$$p(\mathbf{x}|j) = \frac{1}{(2\pi \prod_{i=1}^{d} s_{j,i}^2)^{d/2}} \exp(-\sum_{i=1}^{d} \frac{(x_i - m_{j,i})^2}{2s_{j,i}^2})$$

Für `CovarType` = *'full'* ist $\mathbf{C}_j$ eine positiv definite Matrix. Die zugehörige Zentrum-Dichtefunktion $p(\mathbf{x}|j)$ ist

$$p(\mathbf{x}|j) = \frac{1}{(2\pi)^{d/2}|\mathbf{C}_j|^{\frac{1}{2}}} \exp(-\frac{1}{2}(\mathbf{x}-\mathbf{m}_j)^T\mathbf{C}^{-1}(\mathbf{x}-\mathbf{m}_j))$$

Die Komplexität der Berechnungen steigt von `CovarType` = *'spherical'* über `CovarType` = *'diag'* bis `CovarType` = *'full'* an. Gleichzeitig nimmt jedoch die Flexibilität der Zentrum zu. *'spherical'* benötigt deshalb im Allgemeinen höhere Werte für `NumCenters` als *'full'*.

Die allgemeine Vorgehensweise, um GMM zu benutzen, ist wie folgt: Zuerst wird mit `create_class_gmm` ein GMM erzeugt. Anschließend werden mit `add_sample_class_gmm` Trainingsvektoren hinzugefügt, diese können anschließend mit `write_samples_class_gmm` in einer Datei gespeichert werden. Mit `train_class_gmm` werden die o.a. Zentrenparameter bestimmt. Die können weiterhin mit `write_class_gmm` für spätere Klassifikationen gespeichert werden.

Aus den Mischungskoeffizienten P_j und den Zentren-Dichtefunktionen $p(\mathbf{x}|j)$ wird die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion $p(\mathbf{x})$ berechnet:

$$p(x) = \sum_{j=1}^{n_{comp}} P(j)p(\mathbf{x}|j)$$

Eine Funktion der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion $p(\mathbf{x})$ kann mittels `evaluate_class_gmm` für einen Merkmalsvektor $\mathbf{x}$ bestimmt werden. `classify_class_gmm` hingegen sortiert die $p(\mathbf{x})$ und gibt damit die wahrscheinlichsten Klassen des Merkmalsvektors an.

Die Parameter `Preprocessing` und `NumComponents` verwendet man, um die Trainingsdaten vorzuverarbeiten. Dabei können die Dimensionen der Daten reduziert werden. Diese Parameter sind in `create_class_mlp` beschrieben.

`create_class_gmm` initialisiert die Koordinaten der Zentren mit Zufallszahlen. Damit die Ergebnisse des Trainierens des GMM mit `train_class_gmm` reproduzierbar werden, wird in `RandSeed` der Initialisierungswert des Zufallszahlengenerators angegeben.

Parameter

▷ **NumDim** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Dimensionen des Merkmalsraums.
Default: 3
Wertevorschläge: `NumDim` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100}
Restriktion: NumDim >= 1

▷ **NumClasses** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Klassen des GMM.
Default: 5
Wertevorschläge: NumClasses ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}
Restriktion: NumClasses >= 1

▷ **NumCenters** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der Zentren pro Klasse.
Default: 1
Wertevorschläge: NumCenters ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 15, 20, 30}
Restriktion: NumClasses >= 1

▷ **CovarType** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art der Kovarianzmatrizen.
Default: 'spherical'
Werteliste: CovarType ∈ {'spherical', 'diag', 'full'}

▷ **Preprocessing** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art der Vorverarbeitung (Transformation) der Merkmalsvektoren.
Default: 'normalization'
Werteliste: Preprocessing ∈ {'none', 'normalization', 'principal_components', 'canonical_variates'}

▷ **NumComponents** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Parameter der Vorverarbeitung: Anzahl der transformierten Merkmale (ignoriert bei Preprocessing = *'none'* und Preprocessing = *'normalization'*).
Default: 10
Wertevorschläge: NumComponents ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100}
Restriktion: NumComponents >= 1

▷ **RandSeed** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Initialisierungswert des Zufallszahlengenerators, der zur Initialisierung des GMM mit zufälligen Werten verwendet wird.
Default: 42

▷ **GMMHandle** (output_control) ..... class_gmm ⇝ *handle*
Handle des GMM.

Beispiel

```
* Classification with Gaussian Mixture Models
create_class_gmm (NumDim , NumClasses, [1,5], 'full', 'none',\
                  NumComponents, 42, GMMHandle)
* Add the training data
for J := 0 to NumData-1 by 1
    * Features := [...]
    * ClassID := [...]
    add_sample_class_gmm (GMMHandle, Features, ClassID, Randomize)
endfor
* Train the GMM
train_class_gmm (GMMHandle, 100, 0.001, 'training', 0.0001, Centers, Iter)
* Classify unknown data in 'Features'
classify_class_gmm (GMMHandle, Features, 1, ID, Prob, Density, KSigmaProb)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_class_gmm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`add_sample_class_gmm`, `add_samples_image_class_gmm`

Alternativen

`create_class_mlp`, `create_class_svm`

Siehe auch

`clear_class_gmm`, `train_class_gmm`, `classify_class_gmm`, `evaluate_class_gmm`, `classify_image_class_gmm`

Literatur

Christopher M. Bishop: „Neural Networks for Pattern Recognition“; Oxford University Press, Oxford; 1995.

Mario A.T. Figueiredo: „Unsupervised Learning of Finite Mixture Models“; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 3; March 2002.

Modul

Foundation

deserialize_class_gmm (: : SerializedItemHandle : GMMHandle)

Deserialisieren eines Gaußschen Mischverteilungsmodell (GMM).

`deserialize_class_gmm` deserialisiert ein Gaußsches Mischverteilungsmodell (GMM) (einschließlich eventuell abgespeicherter Trainingsmuster), welches mit `serialize_class_gmm` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte GMM wird in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten GMM mit dem Handle `GMMHandle` gespeichert.

Parameter

- ▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.
- ▷ **GMMHandle** (output_control) ..... class_gmm ⇝ *handle*
  Handle des GMM.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_class_gmm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_class_gmm`

Nachfolger

`classify_class_gmm`, `evaluate_class_gmm`, `create_class_lut_gmm`

Siehe auch

`create_class_gmm`, `write_class_gmm`, `serialize_class_gmm`

Modul

Foundation

evaluate_class_gmm (: : GMMHandle, Features : ClassProb, Density, KSigmaProb)

Berechnen der Bewertung eines Merkmalsvektors durch ein Gaußsches Mischverteilungsmodell.

evaluate_class_gmm berechnet drei verschiedene Wahrscheinlichkeitswerte für einen Merkmalsvektor Features durch das Gaußsche Mischverteilungsmodell (GMM) GMMHandle.

Die a-posteriori-Wahrscheinlichkeit einer Klasse i für ein Merkmal Features(x) wird über

$$p(i|\mathbf{x}) = \sum_{j=1}^{n_{comp}} P(j)p(\mathbf{x}|j)$$

berechnet und in ClassProb pro Klasse zurückgegeben. Die Berechnungsformeln für die Aktivitäten/Zentren-Dichtefunktion p(x|j) sind bei create_class_gmm angegeben.

Die Dichtefunktion von einem Features Vektor wird als Summe der Klassenwahrscheinlichkeiten berechnet

$$p(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^{n_{classes}} Pr(i)p(i|\mathbf{x})$$

und in Density zurückgegeben. Hierbei sind $Pr(i)$ die a-priori-Wahrscheinlichkeiten der Klassen, so wie sie von train_class_gmm berechnet werden. Density kann zur sog. Novelty-Detection verwendet werden, d.h. zur Rückweisung von Merkmalsvektoren, die keiner der trainierten Klassen entsprechen. Da Density jedoch von der Skalierung der Merkmalswerte abhängt und als Dichtewert auch nicht zwischen 0 und 1 liegen muss, kann die Novelty-Detection im Normalfall über KSigmaProb (s.u.) einfacher durchgeführt werden.

Ein *k-Sigma-Fehler-Ellipsoid* ist der geometrische Ort von Punkten $\mathbf{x}$, für die

$$(\mathbf{x} - \mu)^T C^{-1} (\mathbf{x} - \mu) = k^2$$

gilt. Im eindimensionalen Fall ist er das Intervall $[\mu - k\sigma, \mu + k\sigma]$. Für beliebige 1D-Normalverteilungen gilt, dass für $k = 1$ ca. 68% der Werte der Zufallsvariablen innerhalb dieses Intervalls auftreten, für $k = 2$ ca. 95%, für $k = 3$ ca. 99% usw. Diese Wahrscheinlichkeit wird k-Sigma-Wahrscheinlichkeit genannt. Sie wird mit $P[k]$ bezeichnet. $P[k]$ kann numerisch berechnet werden, wobei zu beachten ist, dass für gleiche Werte von k, $P^{(N)}[k] > P^{(N+1)}[k]$ (hier sind N und (N+1) die Dimensionen des Merkmalsvektors). Für die GMM wird die k-Sigma-Wahrscheinlichkeit wie folgt berechnet:

$$P_{GMM}[\mathbf{x}] = \sum_{j=1}^{n_{comp}} P(j)P_j[k_j]$$

wobei

$$k_j^2 = (\mathbf{x} - \mu_j)^T C_j^{-1} (\mathbf{x} - \mu_j)$$

. $P_{GMM}[k]$ wird schließlich noch mit den a-priori-Wahrscheinlichkeiten gewichtet und dann normalisiert. Der größte Wert aller Klassen wird in KSigmaProb zurückgegeben:

$$\text{KSigmaProb} = \frac{1}{\text{Pr}_{max}} \max\left(Pr(i)P_{GMM}[\mathbf{x}]\right)$$

KSigmaProb kann zur Novelty-Detection verwendet werden, da dieser Wert angibt, wie gut ein Merkmal in die Werteverteilung der Klasse passt, der es zugeordnet wurde. Normalerweise werden Merkmale, die einen KSigmaProb-Wert kleiner als 0.0001 haben, zurückgewiesen. Der Schwellenwert, der in classify_image_class_gmm über den Parameter RejectionThreshold definiert wird, bezieht sich auf die entsprechenden KSigmaProb-Werte.

Das GMM muss vor der Verwendung von evaluate_class_gmm mit train_class_gmm trainiert werden.

Die Position des Maximums von ClassProb wird typischerweise als die Klasse des Merkmalsvektors interpretiert und der zugehörige Wert als die Wahrscheinlichkeit der Klasse. In diesem Fall sollte statt evaluate_class_gmm classify_class_gmm verwendet werden, da classify_class_gmm direkt die Klasse und Wahrscheinlichkeit zurückliefert.

Parameter

▷ **GMMHandle** (input_control) . . . . . class_gmm ⇝ *handle*
Handle des GMM.

▷ **Features** (input_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Merkmalsvektor.

▷ **ClassProb** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Die a-posteriori-Klassenwahrscheinlichkeit.

▷ **Density** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
Wahrscheinlichkeitsdichte des Merkmalsvektors.

▷ **KSigmaProb** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
Normalisierte k-Sigma-Wahrscheinlichkeit für den Merkmalsvektor.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `evaluate_class_gmm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`train_class_gmm`, `read_class_gmm`

Alternativen

`classify_class_gmm`

Siehe auch

`create_class_gmm`

Literatur

Christopher M. Bishop: „Neural Networks for Pattern Recognition“; Oxford University Press, Oxford; 1995.

Mario A.T. Figueiredo: „Unsupervised Learning of Finite Mixture Models“; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 3; March 2002.

Modul

Foundation

`get_class_train_data_gmm ( : : GMMHandle : ClassTrainDataHandle )`

Liest die Trainingsdaten eines Gaußschen Mischverteilungsmodell (GMM) aus.

`get_class_train_data_gmm` liest die Trainingsdaten eines Gaußschen Mischverteilungsmodell (GMM) aus und liefert diese als Handle in `ClassTrainDataHandle` zurück.

Parameter

▷ **GMMHandle** (input_control) . . . . . class_gmm ⇝ *handle*
Handle eines GMMs.

▷ **ClassTrainDataHandle** (output_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
Handle der Trainingsdaten des GMMs.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_class_train_data_gmm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

add_sample_class_gmm, read_samples_class_gmm

Nachfolger

add_class_train_data_svm, add_class_train_data_svm, add_class_train_data_knn

Siehe auch

create_class_train_data

Modul

Foundation

get_params_class_gmm (: : GMMHandle : NumDim, NumClasses, MinCenters, MaxCenters, CovarType)

Auslesen der Parameter eines Gaußschen Mischverteilungsmodells.

get_params_class_gmm gibt die Parameter des durch GMMHandle angegebenen Gaußschen Mischverteilungsmodells (GMM) zurück, die bei der Erzeugung mit create_class_gmm verwendet wurden. Dies ist insbesondere nützlich, wenn das GMM mit read_class_gmm eingelesen wurde. Die Ausgabedaten von get_params_class_gmm können z.B. verwendet werden, um zu überprüfen, ob die Merkmalsvektoren und ggf. die Zieldaten, die verwendet werden sollen, zu dem GMM passen. Zur Beschreibung der Parameter siehe create_class_gmm.

Parameter

- ▷ **GMMHandle** (input_control) ..... class_gmm ⇝ *handle*
  Handle des GMM.
- ▷ **NumDim** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Dimensionen des Merkmalsraums.
- ▷ **NumClasses** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Klassen des GMM.
- ▷ **MinCenters** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Minimale Anzahl von Zentren pro GMM-Klasse.
- ▷ **MaxCenters** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Maximale Anzahl von Zentren pro GMM-Klasse.
- ▷ **CovarType** (output_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der Kovarianzmatrizen.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_params_class_gmm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_class_gmm, read_class_gmm

Nachfolger

add_sample_class_gmm, train_class_gmm

Siehe auch

evaluate_class_gmm, classify_class_gmm

Modul

Foundation

get_prep_info_class_gmm (: : GMMHandle, Preprocessing : InformationCont, CumInformationCont)

Berechnen des Informationsgehaltes der vorverarbeiteten Merkmalsvektoren eines GMM.

get_prep_info_class_gmm berechnet den Informationsgehalt der mit der durch Preprocessing gegebenen Vorverarbeitung transformierten Komponenten der Trainingsvektoren. Preprocessing kann auf *'principal_components'* oder *'canonical_variates'* gesetzt werden. Die zugrundeliegenden Vorverarbeitungen sind bei create_class_gmm beschrieben. Der Informationsgehalt wird aus die Variation der transformierten Komponenten der Trainingsvektoren berechnet, d.h. er wird rein aufgrund der Trainingsdaten unabhängig von einer Fehlerrate bei einer Klassifikation der Trainingsdaten berechnet. Der Informationsgehalt wird für alle relevanten Komponenten der transformierten Merkmalsvektoren (NumComponents für *'principal_components'* und *'canonical_variates'*, siehe create_class_gmm) in InformationCont zurückgegeben. Der Informationsgehalt wird als eine Zahl zwischen 0 und 1 dargestellt. Ein prozentualer Informationsgehalt kann leicht durch Multiplikation mit 100 berechnet werden. Der kumulierte Informationsgehalt der ersten n Komponenten wird in der n-ten Komponente von CumInformationCont zurückgegeben, d.h. CumInformationCont enthält die Summen der ersten n Elemente von InformationCont. Um get_prep_info_class_gmm verwenden zu können, müssen mit add_sample_class_gmm oder read_samples_class_gmm genügend viele Trainingsmuster zu dem durch GMMHandle gegebenen GMM hinzugefügt werden.

InformationCont und CumInformationCont können dazu verwendet werden, um zu entscheiden, wie viele Komponenten der transformierten Merkmalsvektoren relevante Information enthalten. Ein oft verwendetes Kriterium ist z.B. zu verlangen, dass die transformierten Daten x% (z.B. 90%) der Daten enthalten sollten. Dies kann leicht anhand des ersten Wertes von CumInformationCont, der über x% liegt, bestimmt werden. Der so erhaltene Wert kann bei einem neuerlichen Aufruf von create_class_gmm als NumComponents verwendet werden. Da zum Aufruf von get_prep_info_class_gmm schon ein GMM mit create_class_gmm erzeugt werden muss, also auch ein initialer Wert von NumComponents bei create_class_gmm angegeben werden muss, aber bei Verwendung von get_prep_info_class_gmm typischerweise noch nicht bekannt ist, wie viele Komponenten relevant sind, empfiehlt sich folgendes zweistufiges Vorgehen, um NumComponents zu bestimmen: In einem ersten Schritt wird ein GMM mit der maximalen Anzahl von NumComponents (NumComponents für *'principal_components'* und *'canonical_variates'*) erzeugt. Dann werden die Trainingsmuster zu dem GMM hinzugefügt und mit write_samples_class_gmm in Datei gespeichert. Anschließend wird mit get_prep_info_class_gmm der Informationsgehalt der Komponenten und somit NumComponents bestimmt. Danach wird ein neues GMM mit der gewünschten Anzahl Komponenten erzeugt, und die abgespeicherten Trainingsdaten mit read_samples_class_gmm wieder eingelesen. Hierauf wird das GMM mit train_class_gmm trainiert.

Parameter

- ▷ **GMMHandle** (input_control) ..... class_gmm ⇝ *handle*
  Handle des GMM.
- ▷ **Preprocessing** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der Vorverarbeitung (Transformation) der Merkmalsvektoren.
  Default: 'principal_components'
  Werteliste: Preprocessing ∈ {'principal_components', 'canonical_variates'}
- ▷ **InformationCont** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Relativer Informationsgehalt der transformierten Merkmalsvektoren.
- ▷ **CumInformationCont** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Kumulierter Informationsgehalt der transformierten Merkmalsvektoren.

Beispiel

```
* Create the initial GMM
create_class_gmm (NumDim, NumClasses, NumCenters, 'full',\
                  'principal_components', NumComponents, 42, GMMHandle)
* Generate and add the training data
for J := 0 to NumData-1 by 1
    * Generate training features and classes
    * Data = [...]
    * ClassID = [...]
    add_sample_class_gmm (GMMHandle, Data, ClassID, Randomize)
```

```
endfor
write_samples_class_gmm (GMMHandle, 'samples.gtf')
* Compute the information content of the transformed features
get_prep_info_class_gmm (GMMHandle, 'principal_components',\
                         InformationCont, CumInformationCont)
* Determine Comp by inspecting InformationCont and CumInformationCont
* NumComponents = [...]
* Create the actual GMM
create_class_gmm (NumDim, NumClasses, NumCenters, 'full',\
                  'principal_components', NumComponents, 42, GMMHandle)
* Train the GMM
read_samples_class_gmm (GMMHandle, 'samples.gtf')
train_class_gmm (GMMHandle, 200, 0.0001, 0.0001, Regularize, Centers, Iter)
write_class_gmm (GMMHandle, 'classifier.gmm')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_prep_info_class_gmm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Falls `get_prep_info_class_gmm` den Fehler 9211 (Matrix ist nicht positiv definit) bei `Preprocessing` = *'canonical_variates'* zurückliefert, bedeutet dies typischerweise, dass für die verschiedenen Klassen zu wenige Trainingsmuster gespeichert worden sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`add_sample_class_gmm`, `read_samples_class_gmm`

Nachfolger

`clear_class_gmm`, `create_class_gmm`

Literatur

Christopher M. Bishop: „Neural Networks for Pattern Recognition“; Oxford University Press, Oxford; 1995.

Andrew Webb: „Statistical Pattern Recognition“; Arnold, London; 1999.

Modul

Foundation

get_sample_class_gmm (: : GMMHandle, NumSample : Features, ClassID)

Auslesen eines Trainingsmusters aus den Trainingsdaten eines Gaußschen Mischverteilungsmodells (GMM).

`get_sample_class_gmm` liest ein Trainingsmuster, das mit `add_sample_class_gmm` oder `add_samples_image_class_gmm` abgespeichert wurde, aus dem Gaußschen Mischverteilungsmodell (GMM) `GMMHandle` aus. Der Index des auszulesenden Musters wird mit `NumSample` festgelegt. Er wird ab 0 gezählt, d.h. `NumSample` muss zwischen 0 und `NumSamples` − 1 liegen, wobei `NumSamples` mit `get_sample_num_class_gmm` bestimmt werden kann. Das Trainingsmuster wird in `Features` und `ClassID` zurückgegeben. Dabei ist `Features` ein Merkmalsvektor der Länge `NumDim` und `ClassID` dessen Klasse (siehe `add_sample_class_gmm` und `create_class_gmm`).

`get_sample_class_gmm` kann z.B. dazu verwendet werden, die Trainingsdaten mit `classify_class_gmm` zu reklassifizieren, um festzustellen, welche der Trainingsmuster eventuell falsch klassifiziert werden.

Parameter

- ▷ **GMMHandle** (input_control) . . . . . class_gmm ⇝ *handle*
  Handle des GMM.
- ▷ **NumSample** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Nummer des gespeicherten Trainingsmusters.
- ▷ **Features** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Merkmalsvektor des Trainingsmusters.
- ▷ **ClassID** (output_control) . . . . . number ⇝ *integer*
  Klasse des Trainingsmusters.

Beispiel

```
create_class_gmm (2, 2, [1,10], 'spherical', 'none', 2, 42, GMMHandle)
read_samples_class_gmm (GMMHandle, 'samples.gsf')
train_class_gmm (GMMHandle, 100, 1e-4, 'training', 1e-4, Centers, Iter)
* Reclassify the training samples
get_sample_num_class_gmm (GMMHandle, NumSamples)
for I := 0 to NumSamples-1 by 1
  get_sample_class_gmm (GMMHandle, I, Features, Class)
  classify_class_gmm (GMMHandle, Features, 2, ClassID, ClassProb,\
                      Density, KSigmaProb)
  if (not (Class == ClassProb[0]))
    * classified incorrectly
  endif
endfor
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_sample_class_gmm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`add_sample_class_gmm`, `add_samples_image_class_gmm`, `read_samples_class_gmm`, `get_sample_num_class_gmm`

Nachfolger

`classify_class_gmm`, `evaluate_class_gmm`

Siehe auch

`create_class_gmm`

Modul

Foundation

get_sample_num_class_gmm (: : GMMHandle : NumSamples)

Auslesen der Anzahl der Trainingsmuster in den Trainingsdaten eines Gaußschen Mischverteilungsmodell (GMM).

`get_sample_num_class_gmm` liefert in `NumSamples` die Anzahl der in dem durch `GMMHandle` gegebenen Gaußsche Mischverteilungsmodell (GMM) abgespeicherten Trainingsmuster zurück. `get_sample_num_class_gmm` sollte aufgerufen werden, bevor mit `get_sample_class_gmm` die einzelnen Trainingsmuster ausgelesen werden, z.B. um eine Reklassifikation der Trainingsdaten durchzuführen (siehe `get_sample_class_gmm`).

Parameter

▷ **GMMHandle** (input_control) ..... class_gmm ⇝ *handle*
Handle des GMM.

▷ **NumSamples** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der gespeicherten Trainingsmuster.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_sample_num_class_gmm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`add_sample_class_gmm`, `add_samples_image_class_gmm`, `read_samples_class_gmm`

Nachfolger

`get_sample_class_gmm`

Siehe auch

`create_class_gmm`

Modul

Foundation

read_class_gmm (: : FileName : GMMHandle)

Lesen eines Gaußschen Mischverteilungsmodells aus einer Datei.

`read_class_gmm` liest ein mit `write_class_gmm` abgespeichertes Gaußsche Mischverteilungsmodell (GMM) ein. Da das Trainieren eines GMM relativ lange dauern kann, wird das GMM typischerweise in einem Offline-Prozess trainiert und mit `write_class_gmm` gespeichert. Im Online-Prozess wird das GMM mit `read_class_gmm` gelesen und danach zur Evaluierung mit `evaluate_class_gmm` oder zur Klassifikation mit `classify_class_gmm` verwendet. Die Dateiendung für den GMM-Klassifikator ist in HALCON 'ggc'.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.ggc`

▷ **GMMHandle** (output_control) ..... class_gmm ⇝ *handle*
Handle des GMM.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_class_gmm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`classify_class_gmm`, `evaluate_class_gmm`, `create_class_lut_gmm`

Siehe auch

create_class_gmm, write_class_gmm

Modul

Foundation

read_samples_class_gmm (: : GMMHandle, FileName :)

Lesen von Trainingsdaten eines Gaußschen Mischverteilungsmodells aus einer Datei.

read_samples_class_gmm liest Trainingsmuster aus der durch FileName gegebenen Datei aus und fügt sie zu den schon in dem Gaußschen Mischverteilungsmodell (GMM) GMMHandle vorhandenen Trainingsmustern hinzu. Das GMM muss zuvor mit create_class_gmm erzeugt werden. Wie bei train_class_gmm und write_samples_class_gmm beschrieben, können read_samples_class_gmm, add_sample_class_gmm und write_samples_class_gmm dazu verwendet werden, eine Datenbank aus Trainingsmustern aufzubauen, um somit die Leistung des GMM durch erneutes Trainieren zu verbessern.

Es ist zu beachten, dass die Trainingsdaten die korrekte Dimensionalität aufweisen. Die in FileName gespeicherten Merkmalsvektoren müssen die Längen NumDim besitzen, die bei create_class_gmm angegeben worden ist, ebenso müssen in create_class_gmm genügend Klassen angelegt worden sein. Falls dies nicht der Fall ist, wird eine Fehlermeldung zurückgegeben.

Es können Dateien von Trainingsdaten gelesen werden die mit write_samples_class_svm oder write_samples_class_mlp erstellt wurden..

Parameter

- ▷ **GMMHandle** (input_control) ..... class_gmm ⇝ *handle*
  Handle des GMM.
- ▷ **FileName** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
  Name der Datei.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert read_samples_class_gmm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- GMMHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_class_gmm

Nachfolger

train_class_gmm

Alternativen

add_sample_class_gmm

Siehe auch

write_samples_class_gmm, write_samples_class_mlp, clear_samples_class_gmm

Modul

Foundation

select_feature_set_gmm (: : ClassTrainDataHandle, SelectionMethod, GenParamName, GenParamValue : GMMHandle, SelectedFeatureIndices, Score)

Wählt aus einer Liste an Merkmalen eine optimale Untermenge für ein bestimmtes Klassifikationsproblem aus.

select_feature_set_gmm wählt die optimalen Merkmale für ein bestimmtes Klassifikationsproblem aus. Die Daten für das Klassifikationsproblem werden mit ClassTrainDataHandle angegeben. Als Klassifikator wird ein Gaußsches Mischverteilungsmodell (GMM) verwendet. Eine nähere Beschreibung des GMMs kann bei create_class_gmm gefunden werden.

In GMMHandle wird ein Klassifikator zurückgegeben, der mit der resultierenden Merkmalsauswahl parametrisiert und trainiert wurde. Die Merkmalsauswahl wird in SelectedFeatureIndices zurückgegeben.

Der Operator kann für folgende Probleme nützlich sein: Es gibt eine Liste von Merkmalen von denen einige wenige für die Lösung eines Problems ausreichen. So kann mit Hilfe dieses Operators eine fundierte Entscheidung getroffen werden welche dieser Merkmale relevant für das gegebene Problem sind. Außerdem können für bestimmte Verfahren der Merkmalsextraktion verschiedene Parametersätze verglichen werden.

Um das Klassifikationsproblem zu definieren, werden dem Handle ClassTrainDataHandle Merkmalsvektoren hinzugefügt, die aus einzelnen Untergruppen bestehen. Diese Untergruppen müssen mit Hilfe des Operators set_feature_lengths_class_train_data festgelegt werden. Diese Untergruppen werden dann von dem in select_feature_set_gmm ausgeführten Selektionsprozess entweder ausgewählt oder abgelehnt, je nachdem ob sie zur Lösung des Klassifikationsproblems beitragen.

Die so definierten Merkmale werden dann in SelectedFeatureIndices mit ihrem Index referenziert, außer es wurden zusätzlich Namen beim Aufruf von set_feature_lengths_class_train_data gesetzt. Ist das der Fall, werden statt der Indizes die Namen der ausgewählten Merkmale zurückgegeben. Wurde set_feature_lengths_class_train_data zuvor nicht aufgerufen, werden die einzelnen Spalten als Merkmale interpretiert.

Für den Selektionsprozess können in SelectionMethod zwei verschiedene Methoden ausgewählt werden: entweder die Greedy-Variante *'greedy'* (das momentan erfolgversprechendste Merkmal wird zur Auswahl hinzugefügt) oder die dynamisch oszillierende Suche *'greedy_oscillating'* (Das momentan erfolgversprechendste Merkmal wird zur Auswahl hinzugefügt. Danach wird getestet ob eines der hinzugefügten Merkmale entbehrlich ist.). Während *'greedy'* schneller terminiert, kann *'greedy_oscillating'* bessere Ergebnisse erzielen wenn die Dimensionen der Merkmale sehr klein ist oder redundante Daten vorliegen.

Als Optimierungskriterium dient die Klassifikationsrate, die mit einem zweifachen Kreuzvalidierungsverfahren ermittelt wird. Die beste erreichte Klassifikationsrate wird in Score zurückgegeben.

Es gibt folgende generischen Parameter die über GenParamName und GenParamValue gesetzt werden können, deren genaue Bedeutung in create_class_gmm und train_class_gmm nachgelesen werden kann:

'min_centers': Minimale Anzahl an Cluster die in den Daten gebildet werden um sie zu repräsentieren. Mehr Cluster können die Klassifikation verbessern, gegeben die Anzahl der Trainingsdaten ist ausreichend hoch und aussagekräftig.
Wertevorschläge: *'1'*, *'2'*
Default: *'1'*

'max_center': Maximale Anzahl an Cluster die in den Daten gebildet werden um sie zu repräsentieren. Mehr Cluster können die Klassifikation verbessern, gegeben die Anzahl der Trainingsdaten ist ausreichend hoch und aussagekräftig.
Wertevorschläge: *'1'*, *'5'*, *'10'*
Default: *'1'*

'covar_type': Art der Kovarianz, die zur Repräsentation der Größe eines Clusters eingesetzt wird.
Werteliste: *'spherical'*, *'diag'*, *'full'*
Default: *'spherical'*

'random_seed': Anfangswert für den Zufallsgenerator.
Default: *'42'*

'threshold': Schwellenwert für das Abbruchkriterium des Trainings.
Default: *'0.001'*

'regularize': Regularisierende Komponente.

Default: *'0.0001'*

'randomize': Randomisierung der Eingabevektoren.

Default: *'0'*

'class_priors': Modus zur Bestimmung der a-priori-Wahrscheinlichkeiten der Klassen.

Werteliste: *'training'*, *'uniform'*

Default: *'training'*

Achtung

Die Laufzeit dieses Operators kann mit größeren Datensätzen und einer längeren Merkmalsliste unter Umständen sehr lange sein.

Es ist zu beachten, dass dieser Operator nicht aufgerufen werden sollte, wenn für das Training nur ein kleiner Datensatz verfügbar ist. Auf Grund des Risikos der Überanpassung kann der Operator `select_feature_set_gmm` zwar einerseits einen Klassifikator mit sehr hohem Score liefern. Andererseits weist der Klassifikator jedoch eine schlechte Erkennungsrate auf, wenn dieser getestet wird.

Parameter

- ▷ **ClassTrainDataHandle** (input_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
  Handle der Trainingsdaten. Sollte zuvor in Untermerkmale aufgeteilt worden sein.
- ▷ **SelectionMethod** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Methode zur Auswahl der besten Merkmale.
  Default: 'greedy'
  Werteliste: `SelectionMethod` ∈ {'greedy', 'greedy_oscillating'}
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter zum Steuern des Klassifikators.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'min_centers', 'max_center', 'covar_type', 'random_seed', 'threshold', 'regularize', 'randomize', 'class_priors'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Werte der generischen Parameter zum Steuern des Klassifikators.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {1, 2, 3, 'spherical', 'diag', 'full', 42, 0.001, 0.0001, 0}
- ▷ **GMMHandle** (output_control) . . . . . class_gmm ⇝ *handle*
  Handle des trainierten Klassifikators.
- ▷ **SelectedFeatureIndices** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Die Indizes oder Namen der ausgewählten Merkmale.
- ▷ **Score** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Die Klassifikationsrate die mit dem ausgewählten Merkmalssatz erreicht wurde.

Beispiel

```
* Find out which of the two features distinguishes two Classes
NameFeature1 := 'Good Feature'
NameFeature2 := 'Bad Feature'
LengthFeature1 := 3
LengthFeature2 := 2
* Create training data
create_class_train_data (LengthFeature1+LengthFeature2,\
  ClassTrainDataHandle)
* Define the features which are in the training data
set_feature_lengths_class_train_data (ClassTrainDataHandle, [LengthFeature1,\
  LengthFeature2], [NameFeature1, NameFeature2])
* Add training data
*                                                    |Feat1| |Feat2|
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [1,1,1,  2,1  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,2,2,  2,1  ], 1)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [1,1,1,  3,4  ], 0)
```

```
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,2,2,  3,4  ], 1)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [0,0,1,  5,6  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,3,2,  5,6  ], 1)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [0,0,1,  5,6  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,3,2,  5,6  ], 1)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [0,0,1,  5,6  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,3,2,  5,6  ], 1)
* Add more data
* ...
* Select the better feature with a GMM
select_feature_set_gmm (ClassTrainDataHandle, 'greedy', [], [], GMMHandle,\
  SelectedFeatureGMM, Score)
* Use the classifier
* ...
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `select_feature_set_gmm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`create_class_train_data`, `add_sample_class_train_data`, `set_feature_lengths_class_train_data`

Nachfolger

`classify_class_gmm`

Alternativen

`select_feature_set_mlp`, `select_feature_set_knn`, `select_feature_set_svm`

Siehe auch

`create_class_gmm`, `gray_features`, `region_features`

Modul

Foundation

`serialize_class_gmm` (: : GMMHandle : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines Gaußschen Mischverteilungsmodell (GMM).

`serialize_class_svm` serialisiert ein Gaußsches Mischverteilungsmodell (GMM) einschließlich eventuell abgespeicherter Trainingsmuster (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von `write_class_gmm` und `write_samples_class_gmm` in eine Datei geschrieben werden. Das GMM wird in dem Handle `GMMHandle` übergeben. Das serialisierte GMM wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und kann mit `deserialize_class_gmm` wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **`GMMHandle`** (input_control) ..... class_gmm ⇝ *handle*
Handle des GMM.

▷ **`SerializedItemHandle`** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_class_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`train_class_gmm`

Nachfolger

`clear_class_gmm`, `fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_class_gmm`

Siehe auch

`create_class_gmm`, `read_class_gmm`, `write_samples_class_gmm`, `deserialize_class_gmm`

Modul

Foundation

train_class_gmm (: : GMMHandle, MaxIter, Threshold, ClassPriors, Regularize : Centers, Iter)

Trainieren eines Gaußschen Mischverteilungsmodells.

`train_class_gmm` trainiert das durch `GMMHandle` angegebene Gaußsche Mischverteilungsmodell (GMM). Bevor das GMM trainiert werden kann, müssen mit `add_sample_class_gmm`, `add_samples_image_class_gmm` oder `read_samples_class_gmm` alle im Training zu verwendenden Trainingsmuster in dem GMM abgespeichert werden. Es können auch nach dem Training noch neue zusätzliche Trainingsmuster hinzugefügt und trainiert werden.

Beim Training wird der Fehler, den das GMM auf den gespeicherten Trainingsdaten erzielt, durch das expectation maximization (EM) Verfahren minimiert.

`MaxIter` spezifiziert die maximale Anzahl von Iterationen pro Klasse für den EM-Algorithmus. In der Praxis sollten Werte zwischen *20* und *200* ausreichend für die meisten Probleme sein. `Threshold` spezifiziert eine Schwelle für die relative Änderung des Fehlers. Sollte bis zum Erreichen von `MaxIter` Iterationen die relative Änderung des Fehlers nicht unter `Threshold` liegen, so wird der Algorithmus für diese Klasse abgebrochen. Da der Algorithmus mit der maximal spezifizierten Anzahl Zentren (Parameter `NumCenters` in `create_class_gmm`) begonnen wird ist im Falle des vorzeitigen Abbruchs von einer nicht optimalen Anzahl Zentren und einem nicht optimalen Fehler für diese Klasse auszugehen. In diesem Fall kann ein neues Training mit veränderten Parametern (z.B. einem anderen Wert für `RandSeed` in `create_class_gmm`) versucht werden.

`ClassPriors` bestimmt die Berechnungsweise von a-priori-Wahrscheinlichkeiten der Klassen. Falls *'training'* eingegeben ist, wird die Wahrscheinlichkeit einer Klasse von dem Anteil der entsprechenden Trainingsmuster im Vergleich zu der gesamten Anzahl von Mustern berechnet. Falls *'uniform'* eingegeben ist, werden alle a-priori-Wahrscheinlichkeiten zu $1/$`NumClasses` gesetzt.

`Regularize` regularisiert (beinahe) *singuläre* Kovarianzmatrizen während des Trainings. Singuläre Kovarianzmatrizen treten nur bei ausschließlich linear abhängigen Trainingsvektoren auf. In diesem Fall wird `Regularize` wird zur Hauptdiagonale der Matrix addiert, so dass die Matrix nicht singulär wird. Es ist empfehlenswert einen Wert von *0.0001* zu übergeben. Wenn `Regularize` auf *0.0* gesetzt wird, wird keine Regularisierung der Matrix durchgeführt.

Die Mittelpunkte der Zentren werden anfangs auf zufällige Werte gesetzt. In Einzelfällen kann es dazu kommen, dass mit den durch `RandSeed` in `create_class_gmm` festgelegten Werten ein relativ hoher Fehler als optimaler Wert bestimmt wird, d.h., dass die Optimierung in einem lokalen Minimum steckenbleibt. Falls vermutet werden kann, dass dies passiert ist, sollte ein neues GMM mit einem anderen Wert für `RandSeed` erzeugt werden, um zu überprüfen, ob ein signifikant kleinerer Fehler erzeugt werden kann.

Es ist zu beachten, dass je nach Anzahl der Zentren, des Typs der Kovarianzmatrizen und der Anzahl der Trainingsmuster das Trainieren zwischen wenigen Sekunden und einigen Stunden dauern kann.

Als Ausgabe liefert `train_class_gmm` in `Centers` die Anzahl Zentren pro Klasse zurück, die von dem EM-Algorithmus als am besten geeignet festgestellt wurde. Diese Rückgabe kann als Referenz für zukünftig zu erstellende GMMs in `NumCenters` (in `create_class_gmm`) dienen. Wenn die Anzahl der gefundenen Zentren beim GMM-Training mit Integer-Daten unerwartet hoch ist, kann dass durch Anpassung des `Randomize`-Parameters in `add_sample_class_gmm` korrigiert werden. In `Iter` wird die Anzahl der durchgeführten Iterationen pro Klasse zurückgeliefert. Sollte ein Wert gleich `MaxIter` sein, so wurde der Algorithmus abgebrochen (s.o.).

Parameter

- ▷ **`GMMHandle`** (input_control) . . . . . class_gmm ⇝ *handle*
  Handle des GMM.
- ▷ **`MaxIter`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Maximale Anzahl von Iterationen des Expectation Maximization Algorithmus
  Default: 100
  Wertevorschläge: `MaxIter` ∈ {10, 20, 30, 50, 100, 200}
- ▷ **`Threshold`** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Schwellenwert für die relative Änderung des Fehlers damit der expectation maximization Algorithmus endet.
  Default: 0.001
  Wertevorschläge: `Threshold` ∈ {0.001, 0.0001}
  Restriktion: Threshold >= 0.0 && Threshold <= 1.0
- ▷ **`ClassPriors`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Modus zur Bestimmung der a-priori-Wahrscheinlichkeiten der Klassen
  Default: 'training'
  Werteliste: `ClassPriors` ∈ {'training', 'uniform'}
- ▷ **`Regularize`** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Regularisierungswert zur Vermeidung der Singularität der Kovarianzmatrizen.
  Default: 0.0001
  Restriktion: Regularize >= 0.0 && Regularize < 1.0
- ▷ **`Centers`** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Anzahl der gefundenen Zentren pro Klasse
- ▷ **`Iter`** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Anzahl der durchgeführten Iterationen pro Klasse

Beispiel

```
create_class_gmm (NumDim, NumClasses, [1,5], 'full', 'none', 0, 42,\
                  GMMHandle)
* Add the training data
read_samples_class_gmm (GMMHandle, 'samples.gsf')
* Train the GMM
train_class_gmm (GMMHandle, 100, 1e-4, 'training', 1e-4, Centers, Iter)
* Write the Gaussian Mixture Model to file
write_class_gmm (GMMHandle, 'gmmclassifier.gmm')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `train_class_gmm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- GMMHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

add_sample_class_gmm, read_samples_class_gmm

Nachfolger

evaluate_class_gmm, classify_class_gmm, write_class_gmm, create_class_lut_gmm

Alternativen

read_class_gmm

Siehe auch

create_class_gmm

Literatur

Christopher M. Bishop: „Neural Networks for Pattern Recognition“; Oxford University Press, Oxford; 1995.

Mario A.T. Figueiredo: „Unsupervised Learning of Finite Mixture Models“; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 3; March 2002.

Modul

Foundation

write_class_gmm (: : GMMHandle, FileName :)

Abspeichern eines Gaußschen Mischverteilungsmodells in einer Datei.

write_class_gmm speichert das Gaußsche Mischverteilungsmodell (GMM) GMMHandle in der Datei FileName ab. Die Dateiendung für für den GMM-Klassifikator ist in HALCON 'ggc'. write_class_gmm wird typischerweise aufgerufen, nachdem das GMM mit train_class_gmm trainiert wurde. Das GMM kann mit read_class_gmm wieder eingelesen werden. write_class_gmm speichert *nicht* die im GMM eventuell abgespeicherten Trainingsmuster ab. Dazu ist write_samples_class_gmm zu verwenden.

Parameter

- ▷ **GMMHandle** (input_control) ..... class_gmm ⇝ *handle*
  Handle des GMM.
- ▷ **FileName** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
  Name der Datei.
  Dateiendung: .ggc

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert write_class_gmm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

train_class_gmm

Nachfolger

clear_class_gmm

Siehe auch

create_class_gmm, read_class_gmm, write_samples_class_gmm

Modul

Foundation

write_samples_class_gmm (: : GMMHandle, FileName :)

Abspeichern der Trainingsdaten eines Gaußschen Mischverteilungsmodells in einer Datei.

write_samples_class_gmm speichert die in dem Gaußschen Mischverteilungsmodell GMM) GMMHandle abgespeicherten Trainingsmuster in der Datei FileName ab. write_samples_class_gmm kann dazu verwendet werden, eine Datenbank mit Trainingsmustern aufzubauen, und somit durch erneutes Trainieren mit einer erweiterten Datenbank die Leistung des GMM zu verbessern (siehe train_class_gmm).

Die Datei FileName wird von write_samples_class_gmm überschrieben. Eine Erweiterung der Datenbank der Trainingsmuster ist aber einfach möglich, da read_samples_class_gmm und add_sample_class_gmm die Trainingsmuster zu den bereits im Speicher des GMM gehaltenen Trainingsmustern hinzufügen.

Die erstellte Datei kann mit read_samples_class_mlp ausgelesen werden falls später der Klassifikator eines mehrschichtigen Perzeptrons (MLP) verwendet werden soll. Die Klasse eines Trainingsmusters im GMM entspricht beim MLP einer Komponente des Zielvektors mit Wert 1.0.

Parameter

▷ **GMMHandle** (input_control) . . . . . class_gmm ⇝ *handle*
Handle des GMM.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert write_samples_class_gmm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

add_sample_class_gmm

Nachfolger

clear_samples_class_gmm

Siehe auch

create_class_gmm, read_samples_class_gmm, read_samples_class_mlp, write_samples_class_mlp

Modul

Foundation

16.2 K-Nächste-Nachbarn

add_class_train_data_knn (: : KNNHandle, ClassTrainDataHandle :)

Hinzufügen von Trainingsdaten zu einem k-Nearest-Neighbor-Klassifikator (k-NN).

add_class_train_data_knn fügt die Trainingsdaten ClassTrainDataHandle zu einem k-Nearest-Neighbor-Klassifikator (k-NN), gegeben durch KNNHandle, hinzu.

Parameter

▷ **KNNHandle** (input_control) . . . . . class_knn ⇝ *handle*
Handle des k-NN-Klassifikators.

▷ **ClassTrainDataHandle** (input_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
Handle der Trainingsdaten für den Klassifikator.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `add_class_train_data_knn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- KNNHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_class_knn`, `create_class_train_data`

Nachfolger

`get_sample_class_knn`

Alternativen

`add_sample_class_knn`

Siehe auch

`create_class_knn`

Modul

Foundation

`add_sample_class_knn` (: : KNNHandle, Features, ClassID :)

Fügt ein Trainingsmuster zu einem k-NN-Klassifikator hinzu.

`add_sample_class_knn` fügt ein Trainingsmuster zu dem durch `KNNHandle` gegebenen k-Nearest-Neighbor-Klassifikators (k-NN) hinzu. Die Länge des angegebenen Trainingsmusters muss mit der in `create_class_knn` angegebenen Dimension `NumDim` übereinstimmen.

Das Trainingsmuster wird durch `Features` und `ClassID` beschrieben. `Features` ist ein Merkmalsvektor des Musters und muss folglich die Länge `NumDim` besitzen, die in `create_class_knn` angegeben worden ist. `ClassID` ist die Klasse des Musters, eine ganze Zahl, größer oder gleich 0. Bei der Verwendung von nur einer Klasse muss die Zahl 0 verwendet werden. Ebenso sollte bei der geplanten Verwendung des Operators `classify_image_class_knn` darauf geachtet werden, dass alle Klassenlabel von 0 bis zur Anzahl der verwendeten Klassen vergeben werden, da sonst für nicht benutzte Label leere Regionen erzeugt werden.

Es ist erlaubt weitere Trainingsdaten nach einem bereits erfolgten Training hinzuzufügen. Die Veränderungen werden erst wirksam, wenn `train_class_knn` erneut aufgerufen wird.

Falls der k-NN Klassifikator mit automatischer Merkmals-Normalisierung trainiert wurde interpretiert `add_sample_class_knn` das übergebene Muster als nicht normalisiert und intern wird eine Normalisierung durchgeführt, die durch den letzten Aufruf von `train_class_knn` definiert ist. Die Referenz-Dokumentation des `train_class_knn` Operators enthält weitere Informationen zur automatischen Merkmals-Normalisierung.

Parameter

▷ **`KNNHandle`** (input_control) . . . . . class_knn ⇝ *handle*
Handle des k-NN-Klassifikators.

▷ **`Features`** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Liste der hinzuzufügenden Merkmalsvektoren.

▷ **`ClassID`** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Klassenlabel der Merkmalsvektoren.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `add_sample_class_knn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- KNNHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`train_class_knn`, `read_class_knn`

Siehe auch

`create_class_knn`, `read_class_knn`

Literatur

Marius Muja, David G. Lowe: „Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration“; International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 09); 2009.

Modul

Foundation

`classify_class_knn` (: : KNNHandle, Features : Result, Rating)

Sucht nach den nächsten Nachbarn eines gegebenen Merkmalsvektors.

`classify_class_knn` sucht die nächsten *'k'* Nachbarn zu dem gegebenen Merkmalsvektor in `Features`. Die Nachbarschaft wird mit Hilfe der L2-Norm zwischen dem gegebenen Merkmalsvektors und den Trainingsbeispielen ermittelt.

Mithilfe von `set_params_class_knn` können sowohl die Anzahl *'k'* der verwendeten Nachbarn, als auch weitere Parameter, die das Verhalten von `classify_class_knn` steuern, eingestellt werden. Mit der Auswahl der Methode *'method'* und *'max_num_classes'* in `set_params_class_knn` können verschiedene Ergebnistypen für `classify_class_knn` ausgewählt werden:

'classes_distance': Ist diese Option gewählt, werden die Klassen der nächsten *'k'* Vektoren in `Result` zurückgegeben und deren Distanz zum Merkmalsvektor in `Rating`. Es wird allerdings nur das nächste Beispiel für eine Klasse verwendet, und es werden maximal *'max_num_classes'* Werte zurückgegeben. In einem k-NN besteht keine effiziente Möglichkeit exakt *'max_num_classes'* zu finden.

'classes_frequency': Ist diese Option gewählt, werden die häufigsten Klassen unter den nächsten *'k'* Vektoren zurückgegeben. Die relative Häufigkeit wird in `Rating` zurückgegeben. Es werden maximal *'max_num_classes'* Werte zurückgegeben.

'classes_weighted_frequencies': Ist diese Option gewählt, werden die häufigsten Klassen unter den nächsten *'k'* Vektoren zurückgegeben allerdings sortiert nach der Häufigkeit gewichtet mit der jeweiligen Distanz zum Merkmalsvektor. Die gewichtete Häufigkeit wird in `Rating` zurückgegeben als Zahl zwischen 0.0 und 1.0. Es werden maximal *'max_num_classes'* Werte zurückgegeben.

'neighbors_distance': Ist diese Option gewählt, werden die nächsten *'k'* Nachbarn in `Result` und deren Distanzen in `Rating` zurückgegeben. Der Wert von *'max_num_classes'* wird hierbei ignoriert.

Im Standardfall gibt `classify_class_knn` die Klasse und Distanz des nächsten Beispiels zurück (entspricht *'classes_distance'*).

Parameter

▷ **KNNHandle** (input_control) . . . . . class_knn ⇝ *handle*
Handle des k-NN-Klassifikators.

▷ **Features** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Merkmalsvektor der klassifiziert werden soll.

▷ **Result** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *integer*
Ergebnisse der Klassifikation, entweder als Klassen oder Indizes.

▷ **Rating** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Bewertung der Ergebnisse, entweder als Distanzen oder als relative oder gewichtete Häufigkeiten.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `classify_class_knn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`train_class_knn`, `read_class_knn`, `set_params_class_knn`

Nachfolger

`clear_class_knn`

Siehe auch

`create_class_knn`, `read_class_knn`

Literatur

Marius Muja, David G. Lowe: „Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration“; International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 09); 2009.

Modul

Foundation

clear_class_knn (: : KNNHandle :)

Löscht einen k-NN-Klassifikator.

`clear_class_knn` löscht den k-Nearest-Neighbor-Klassifikator (k-NN) gegeben durch `KNNHandle`. Das Handle ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **KNNHandle** (input_control) . . . . . class_knn ⇝ *handle*
Handle des k-NN-Klassifikator.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `clear_class_knn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- KNNHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

train_class_knn, read_class_knn

Siehe auch

create_class_knn

Literatur

Marius Muja, David G. Lowe: „Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration“; International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 09); 2009.

Modul

Foundation

create_class_knn (: : NumDim : KNNHandle)

Erzeugen eines neuen k-Nearest-Neighbor-Klassifikators (k-NN).

create_class_knn erzeugt einen neuen k-Nearest-Neighbor-Klassifikator (k-NN). Der k-NN dient entweder zur Klassifikation oder um direkt nächste Nachbarn in einem Satz von Vektoren der Dimension NumDim zu finden.

Die meisten der im Kapitel Klassifikation/K-Nearest-Neighbor beschriebenen Operatoren beziehen sich auf einen derart initialisierten Klassifikator, der in KNNHandle zurückgegeben wird.

Der k-Nearest-Neighbor-Klassifikator ermittelt eine Klasse indem er die Klasse der k nächstgelegene Trainingsbeispiele ermittelt. Die Suche nach dem nächstgelegene Trainingsbeispiel wird approximiert durchgeführt, wodurch das Verfahren in logarithmischer Zeit zu der Anzahl an Trainingsbeispielen und deren Dimension ablaufen kann.

Die Dimension des Merkmalsvektors in NumDim ist der einzige Parameter der vorab festgelegt werden muss.

Parameter

▷ **NumDim** (input_control) ..... number-array ⇝ *integer*
Dimensionen des verwendeten Merkmalsvektors.
Default: 10

▷ **KNNHandle** (output_control) ..... class_knn ⇝ *handle*
Handle des k-NN-Klassifikators.

Ergebnis

create_class_knn liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls der Parameter korrekt ist.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

add_sample_class_knn, train_class_knn

Alternativen

create_class_svm, create_class_mlp

Siehe auch

select_feature_set_knn, read_class_knn

Literatur

Marius Muja, David G. Lowe: „Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration“; International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 09); 2009.

Modul

Foundation

deserialize_class_knn (: : SerializedItemHandle : KNNHandle)

Deserialisieren eines serialisierten k-NN-Klassifikators.

deserialize_class_knn deserialisiert einen k-Nearest-Neighbor-Klassifikator (k-NN) (einschließlich eventuell abgespeicherter Trainingsmuster), welcher mit serialize_class_knn serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Der serialisierte k-NN-Klassifikator wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten k-NN-Klassifikator mit dem Handle KNNHandle gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **KNNHandle** (output_control) . . . . . class_knn ⇝ *handle*
Handle eines k-NN-Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_class_knn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

fread_serialized_item, receive_serialized_item, serialize_class_knn

Nachfolger

classify_class_knn

Alternativen

serialize_class_knn

Siehe auch

create_class_knn

Literatur

Marius Muja, David G. Lowe: „Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration“; International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 09); 2009.

Modul

Foundation

get_class_train_data_knn (: : KNNHandle : ClassTrainDataHandle)

Liest die Trainingsdaten eines k-NN-Klassifikators aus.

get_class_train_data_knn liest die Trainingsdaten eines k-NN Klassifikators aus und liefert diese als Handle in ClassTrainDataHandle zurück.

Parameter

▷ **KNNHandle** (input_control) . . . . . class_knn ⇝ *handle*
Handle eines k-NN-Klassifikators.

▷ **ClassTrainDataHandle** (output_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
Handle der Trainingsdaten des k-NN-Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_class_train_data_knn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`add_sample_class_knn`

Nachfolger

`add_class_train_data_svm`, `add_class_train_data_gmm`, `add_class_train_data_knn`

Siehe auch

`create_class_train_data`

Modul

Foundation

`get_params_class_knn` (: : KNNHandle, GenParamName : GenParamValue)

Liest die Parameter eines k-NN-Klassifikators aus.

`get_params_class_knn` liest die Parameter des k-NN Klassifikators `KNNHandle` aus. Mögliche Werte für `GenParamName` sind die folgenden:

'method': Gibt die momentan gewählte Methode zur Ergebnisermittlung bei `classify_class_knn` zurück. Mögliche Rückgabewerte sind *'classes_distance'*, *'classes_frequency'*, *'classes_weighted_frequencies'* und *'neighbors_distance'*.

'k': Die Anzahl an Nachbarn die verwendet wird um das das Ergebnis von `classify_class_knn` zu bestimmen.

'max_num_classes': Die maximale Anzahl an Klassen die von `classify_class_knn` zurückgegeben werden soll. Dieser Wert wird bei der Auswahl der Methode *'neighbors_distance'* ignoriert.

'num_checks': Limitiert die Anzahl an Versuchen ein vorläufiges Ergebnis der k-NN-Suche zu verbessern.

'epsilon': Ein Parameter um die Genauigkeit der Suche zu verringern.

Parameter

▷ **KNNHandle** (input_control) . . . . . class_knn ⇝ *handle*
Handle eines k-NN-Klassifikators.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter des k-NN-Klassifikators.
Default: ['method','k']
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'method', 'num_checks', 'epsilon', 'k'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *integer* / real / string
Werte der selektierten Parameter.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_params_class_knn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

train_class_knn, read_class_knn

Nachfolger

classify_class_knn

Siehe auch

create_class_knn, read_class_knn

Literatur

Marius Muja, David G. Lowe: „Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration“; International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 09); 2009.

Modul

Foundation

get_sample_class_knn (: : KNNHandle, IndexSample : Features, ClassID)

Auslesen eines Trainingsmusters aus den Trainingsdaten eines k-NN-Klassifikators.

get_sample_class_knn liest ein Trainingsmuster, das mit add_sample_class_knn hinzugefügt wurde, aus dem k-Nearest-Neighbor-Klassifikator (k-NN) KNNHandle aus. Der Index des auszulesenden Musters wird mit IndexSample festgelegt. Er wird ab 0 gezählt, d.h. IndexSample muss zwischen 0 und NumSamples −1 liegen, wobei NumSamples mit get_sample_num_class_knn bestimmt werden kann. Das Trainingsmuster wird in Features und ClassID zurückgegeben. Dabei ist Features ein Merkmalsvektor der Länge NumDim (siehe create_class_knn) und ClassID die Klasse des Merkmalsvektors.

Parameter

- ▷ **KNNHandle** (input_control) ..... class_knn ⇝ *handle*
  Handle eines k-NN-Klassifikators.
- ▷ **IndexSample** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Index des Trainingsmusters.
- ▷ **Features** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Merkmalsvektor des Trainingsmusters.
- ▷ **ClassID** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Klasse des Trainingsmusters.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_sample_class_knn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

add_sample_class_train_data

Siehe auch

create_class_knn

Modul

Foundation

get_sample_num_class_knn (: : KNNHandle : NumSamples)

Auslesen der Anzahl der Trainingsmuster in den Trainingsdaten eines k-NN-Klassifikators.

get_sample_num_class_knn liefert in NumSamples die Anzahl der verfügbaren Trainingsmuster in dem durch KNNHandle gegebenen k-Nearest-Neighbor-Klassifikators (k-NN) zurück. get_sample_num_class_knn sollte aufgerufen werden, bevor mit get_sample_class_knn die einzelnen Trainingsmuster ausgelesen werden, z.B. um eine Reklassifikation der Trainingsdaten durchzuführen.

Parameter

▷ **KNNHandle** (input_control) . . . . . class_knn ⇝ *handle*
Handle eines k-NN-Klassifikators.

▷ **NumSamples** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der gespeicherten Trainingsmuster.

Ergebnis

Falls KNNHandle korrekt ist, liefert get_sample_num_class_knn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

add_sample_class_knn

Nachfolger

get_sample_class_knn

Siehe auch

create_class_knn

Modul

Foundation

read_class_knn (: : FileName : KNNHandle)

Liest einen k-NN-Klassifikator aus einer Datei.

read_class_knn liest einen k-Nearest-Neighbor-Klassifikator (k-NN) aus der Datei FileName und gibt ein Handle des k-NN-Klassifikators in KNNHandle zurück. Die Dateiendung für den k-NN-Klassifikator ist in HALCON 'gnc'.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: .gnc

▷ **KNNHandle** (output_control) . . . . . class_knn ⇝ *handle*
Handle eines k-NN-Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert read_class_knn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

classify_class_knn

Siehe auch

create_class_knn

Literatur

Marius Muja, David G. Lowe: „Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration“; International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 09); 2009.

Modul

Foundation

select_feature_set_knn (: : ClassTrainDataHandle, SelectionMethod, GenParamName, GenParamValue : KNNHandle, SelectedFeatureIndices, Score)

Wählt aus einer Liste an Merkmalen eine optimale Untermenge für ein bestimmtes Klassifikationsproblem aus.

select_feature_set_knn wählt die optimalen Merkmale für ein bestimmtes Klassifikationsproblem aus. Die Trainingsdaten für das Klassifikationsproblem werden mit ClassTrainDataHandle angegeben. Als Klassifikator wird ein k-Nearest-Neighbor-Klassifikator (k-NN) verwendet. Einige Details über den k-NN-Klassifikator können in der Beschreibung von create_class_knn nachgelesen werden.

In KNNHandle wird ein Klassifikator zurückgegeben, der mit der resultierenden Merkmalsauswahl parametrisiert und trainiert wurde. Die Merkmalsauswahl wird in SelectedFeatureIndices zurückgegeben.

Der Operator kann für folgende Probleme nützlich sein: Es gibt eine Liste von Merkmalen von denen einige wenige für die Lösung eines Problems ausreichen. So kann mit Hilfe dieses Operators eine fundierte Entscheidung getroffen werden welche dieser Merkmale relevant für das gegebene Problem sind. Außerdem können für bestimmte Verfahren der Merkmalsextraktion verschiedene Parametersätze verglichen werden.

Um das Klassifikationsproblem zu definieren, werden dem Handle ClassTrainDataHandle Merkmalsvektoren hinzugefügt, die aus einzelnen Untergruppen bestehen. Diese Untergruppen müssen mit Hilfe des Operators set_feature_lengths_class_train_data festgelegt werden. Diese Untergruppen werden dann von dem in select_feature_set_knn ausgeführten Selektionsprozess entweder ausgewählt oder abgelehnt, je nachdem ob sie zur Lösung des Klassifikationsproblems beitragen.

Die so definierten Merkmale werden dann in SelectedFeatureIndices mit ihrem Index referenziert, außer es wurden zusätzlich Namen beim Aufruf von set_feature_lengths_class_train_data gesetzt. Ist das der Fall, werden statt der Indizes die Namen der ausgewählten Merkmale zurückgegeben. Wurde set_feature_lengths_class_train_data zuvor nicht aufgerufen, werden die einzelnen Spalten als Merkmale interpretiert.

Für den Selektionsprozess können in SelectionMethod zwei verschiedene Methoden ausgewählt werden: entweder die Greedy-Variante *'greedy'* (das momentan erfolgversprechendste Merkmal wird zur Auswahl hinzugefügt) oder die dynamisch oszillierende Suche *'greedy_oscillating'* (Das momentan erfolgversprechendste Merkmal wird zur Auswahl hinzugefügt. Danach wird getestet ob eines der hinzugefügten Merkmale entbehrlich ist.). Während *'greedy'* schneller terminiert, kann *'greedy_oscillating'* bessere Ergebnisse erzielen wenn die Dimensionen der Merkmale sehr klein ist oder redundante Daten vorliegen.

Als Optimierungskriterium dient die Klassifikationsrate, die mit einem zweifachen Kreuzvalidierungsverfahren ermittelt wird. Die beste erreichte Klassifikationsrate wird in Score zurückgegeben.

Für diesen Klassifikator können noch folgenden Parameter mit GenParamName und GenParamValue eingestellt werden:

'num_neighbors': Anzahl an Nachbarn die mindestens exakt ermittelt werden um den nächsten Nachbarn zu finden. Dieser Parameter sollte für hochdimensionale Eingaberäume erhöht werden.

Wertevorschläge: *'1'*, *'2'*, *'5'*, *'10'*

Default: *'1'*

'num_trees': Anzahl an Suchbäumen im k-NN-Klassifikator

Wertevorschläge: *'1'*, *'4'*, *'10'*

Default: *'4'*

Achtung

Die Laufzeit dieses Operators kann mit größeren Datensätzen und einer längeren Merkmalsliste unter Umständen sehr lange sein.

Es ist zu beachten, dass dieser Operator nicht aufgerufen werden sollte, wenn für das Training nur ein kleiner Datensatz verfügbar ist. Auf Grund des Risikos der Überanpassung kann der Operator `select_feature_set_knn` zwar einerseits einen Klassifikator mit sehr hohem Score liefern. Andererseits weist der Klassifikator jedoch eine schlechte Erkennungsrate auf, wenn dieser getestet wird.

Parameter

- ▷ **`ClassTrainDataHandle`** (input_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
  Handle der Trainingsdaten. Sollte zuvor in Untermerkmale aufgeteilt worden sein.
- ▷ **`SelectionMethod`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Methode zur Auswahl der besten Merkmale.
  Default: 'greedy'
  Werteliste: `SelectionMethod` ∈ {'greedy', 'greedy_oscillating'}
- ▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter zum Steuern des Klassifikators und der Merkmalsauswahl.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'num_neighbors', 'num_trees'}
- ▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Werte der generischen Parameter zum Steuern des Klassifikators und der Merkmalsauswahl.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {1, 2, 3}
- ▷ **`KNNHandle`** (output_control) . . . . . class_knn ⇝ *handle*
  Ein trainierter k-NN-Klassifikator.
- ▷ **`SelectedFeatureIndices`** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Die Indizes oder Namen der ausgewählten Merkmale.
- ▷ **`Score`** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Die Klassifikationsrate, die mit dem ausgewählten Merkmalssatz erreicht wurde.

Beispiel

```
* Find out which of the two features distinguishes two Classes
NameFeature1 := 'Good Feature'
NameFeature2 := 'Bad Feature'
LengthFeature1 := 3
LengthFeature2 := 2
* Create training data
create_class_train_data (LengthFeature1+LengthFeature2,\
  ClassTrainDataHandle)
* Define the features which are in the training data
set_feature_lengths_class_train_data (ClassTrainDataHandle, [LengthFeature1,\
  LengthFeature2], [NameFeature1, NameFeature2])
* Add training data
*                                                        |Feat1| |Feat2|
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [1,1,1,  2,1  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,2,2,  2,1  ], 1)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [1,1,1,  3,4  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,2,2,  3,4  ], 1)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [0,0,1,  5,6  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,3,2,  5,6  ], 1)
* Add more data
* ...
* Select the better feature with the k-NN classifier
select_feature_set_knn (ClassTrainDataHandle, 'greedy', [], [], KNNHandle,\
  SelectedFeatureKNN, Score)
* Use the classifier
* ...
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `select_feature_set_knn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`create_class_train_data`, `add_sample_class_train_data`, `set_feature_lengths_class_train_data`

Nachfolger

`classify_class_knn`

Alternativen

`select_feature_set_mlp`, `select_feature_set_svm`, `select_feature_set_gmm`

Siehe auch

`select_feature_set_trainf_knn`, `gray_features`, `region_features`

Modul

Foundation

serialize_class_knn (: : KNNHandle : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines k-NN-Klassifikators.

`serialize_class_knn` serialisiert einen k-Nearest-Neighbor-Klassifikator (k-NN) einschließlich abgespeicherter Trainingsmuster (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von `write_class_knn` in eine Datei geschrieben werden. Der k-NN-Klassifikator wird in dem Handle `KNNHandle` übergeben. Der serialisierte k-NN-Klassifikator wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und kann mit `deserialize_class_knn` wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **KNNHandle** (input_control) ..... class_knn ⇝ *handle*
Handle eines k-NN-Klassifikators.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_class_knn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`train_class_knn`, `read_class_knn`

Nachfolger

`fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_class_knn`

Siehe auch

`create_class_knn`, `read_class_knn`, `deserialize_class_knn`

Literatur

Marius Muja, David G. Lowe: „Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration“; International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 09); 2009.

Modul

Foundation

set_params_class_knn (: : KNNHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Setzt die Klassifikationsparameter eines k-NN-Klassifikators.

`set_params_class_knn` setzt die Parameter der Klassifikation für den k-NN-Klassifikators `KNNHandle`. Das Setzen der Parameter beeinflusst die Ergebnisse und Verhalten von `classify_class_knn`.

Mithilfe von `set_params_class_knn` können sowohl die Anzahl *'k'* der verwendeten Nachbarn, als auch weitere Parameter, mit Hilfe von `GenParamName` und `GenParamValue` eingestellt werden. Das Erhöhen des Wertes für *'k'* erhöht die Genauigkeit der Ergebnisse, führt allerdings zu längeren Laufzeiten. Mit der Auswahl der Methode *'method'* und *'max_num_classes'* können verschiedene Ergebnistypen für `classify_class_knn` ausgewählt werden:

'classes_distance': Ist diese Option gewählt, werden die Klassen der nächsten *'k'* Vektoren zurückgegeben und deren Distanz zum Merkmalsvektor. Es wird allerdings nur das nächste Beispiel für eine Klasse verwendet, und es werden maximal *'max_num_classes'* Werte zurückgegeben. In einem k-NN besteht keine effiziente Möglichkeit exakt *'max_num_classes'* Klassen zu finden.

'classes_frequency': Ist diese Option gewählt, werden die häufigsten Klassen unter den nächsten *'k'* Vektoren zurückgegeben. Die jeweilige relative Häufigkeit der Klassen wird als Bewertung mit zurückgegeben. Die Anzahl der Rückgabewerte ist maximal *'max_num_classes'*.

'classes_weighted_frequencies': Ist diese Option gewählt, werden die häufigsten Klassen unter den nächsten *'k'* Vektoren zurückgegeben allerdings sortiert nach der Häufigkeit gewichtet mit der jeweiligen Distanz zum Merkmalsvektor. Die jeweilige gewichtete Häufigkeit wird als Bewertung als Zahl zwischen 0.0 und 1.0 mit zurückgegeben. Die Anzahl der Rückgabewerte ist maximal *'max_num_classes'*.

'neighbors_distance': Ist diese Option gewählt, werden die nächsten *'k'* Nachbarn und deren Distanzen zurückgegeben. Der Wert von *'max_num_classes'* wird hierbei ignoriert.

Der Standardrückgabemethode ist *'classes_distance'*.

Zusätzlich können noch die Anzahl an Versuchen das Ergebnis zu verbessern mit *'num_checks'* eingestellt werden: Der Parameter muss positiv sein und der Standardwert ist 32. Eine Erhöhung führt zu genaueren Ergebnissen bei höherer Laufzeit. Das Setzen des Wertes auf 0 führt zu einer exakten Suche.

Zusätzlich kann noch mit *'epsilon'* ein Abbruchkriterium aktiviert werden, indem der Wert über den Standardwert 0.0 angehoben wird. Das führt unter Umständen zu schnelleren Ergebnissen, bei höherem Risiko, nicht den exakten nächsten Nachbarn zu finden.

Parameter

- ▷ **KNNHandle** (input_control) . . . . . class_knn ⇝ *handle*
  Handle eines k-NN-Klassifikators.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter des k-NN-Klassifikators.
  Default: ['method','k','max_num_classes']
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'method', 'num_checks', 'epsilon', 'k', 'max_num_classes'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *integer* / real / string
  Werte der generischen Parameter des k-NN-Klassifikators.
  Default: ['classes_distance',5,1]
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'classes_distance', 'classes_frequency', 'classes_weighted_frequencies', 'neighbors_distance', 32, 0.0, 0.02, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_params_class_knn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- KNNHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`train_class_knn`, `read_class_knn`

Nachfolger

`classify_class_knn`

Siehe auch

`create_class_knn`, `read_class_knn`, `get_params_class_knn`

Literatur

Marius Muja, David G. Lowe: „Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration“; International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 09); 2009.

Modul

Foundation

`train_class_knn ( : : KNNHandle, GenParamName, GenParamValue : )`

Erstellt die Suchbäume eines k-NN-Klassifikators.

`train_class_knn` erstellt die Suchbäume eines k-Nearest-Neighbor-Klassifikators.

Die Anzahl der Suchbäume kann in den generischen Parametern `GenParamName` und `GenParamValue` über *'num_trees'* festgelegt werden. Der Standardwert ist hierbei 4, welcher üblicherweise zu ausreichend guten Ergebnissen führt. Eine höhere Anzahl der Bäume führt zu längeren Laufzeiten und zu höherem Speicherverbrauch, aber zu tendenziell genaueren Ergebnissen, speziell bei höheren Dimensionen der Merkmalsvektoren.

Nach einem erfolgten Training können weitere Daten mit dem Operator `add_sample_class_knn` hinzugefügt werden. Die neu hinzugefügten Daten beeinflussen die Klassifikation erst, wenn `train_class_knn` erneut aufgerufen wurde.

Die automatische Merkmals-Normalisierung kann aktiviert werden, indem der Eingabeparameter `GenParamName` den Wert *'normalization'* und `GenParamValue` an gleicher Stelle *'true'* enthält. Die Merkmalsvektoren werden in jeder Dimension einzeln normalisiert. Für jede Dimension wird der Mittelwert und die Standardabweichung anhand der übermittelten Trainingsdaten ermittelt. Alle Merkmalsvektoren werden dann dadurch normalisiert, dass in jeder Dimension der Mittelwert abgezogen und durch die Standardabweichung geteilt wird. Solch eine Normalisierung bewirkt, dass die Merkmalsvektoren einen Mittelwert von Null und eine Varianz von 1 nach der Normalisierung besitzen. Falls die Standardabweichung in einer Dimension den Wert Null aufweisen sollte, so wird nur der Mittelwert abgezogen und nicht durch Null dividiert. Man beachte, dass eine Standardabweichung von Null in einer Dimension bedeutet, dass diese Dimension zu dem Klassifikator keine relevante Information beisteuert und man diese Dimension weglassen könnte. Die Automatische Merkmals-Normalisierung bewirkt, dass die gespeicherten Trainingsdaten verändert werden. Diese Veränderungen lassen sich aber ohne Verluste rückgängig machen, indem der Operator `train_class_knn` erneut aufgerufen wird, wobei 'normalization' auf 'false' gesetzt werden muss. Falls Normalisierung eingesetzt wird, interpretiert der Operator `classify_class_knn` die ihm übergebenen Merkmalsvektoren als nicht normalisiert und es wird intern eine Normalisierung durchgeführt, die durch den letzten Aufruf von `train_class_knn` definiert ist.

Parameter

▷ **KNNHandle** (input_control) . . . . . class_knn ⇝ *handle*
Handle des k-NN-Klassifikators.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die für das Training des k-NN-Klassifikators angepasst werden können.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'num_trees', 'normalization'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *integer* / string / real
Werte der generischen Parameter, die für das Training des k-NN-Klassifikators angepasst werden können.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {4, 'false', 'true'}

Ergebnis

Sind die Eingabeparameter korrekt, dann liefert `train_class_knn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- KNNHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`add_sample_class_knn`, `read_class_knn`

Alternativen

`select_feature_set_knn`

Siehe auch

`create_class_knn`, `read_class_knn`

Literatur

Marius Muja, David G. Lowe: „Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration“; International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 09); 2009.

Modul

Foundation

write_class_knn (: : KNNHandle, FileName :)

Schreibt einen trainierten k-NN-Klassifikator in eine Datei.

`write_class_knn` schreibt den k-Nearest-Neighbor-Klassifikator (k-NN) gegeben durch `KNNHandle` in die Datei `FileName`. Der Klassifikator kann mit `read_class_knn` wieder gelesen werden. Da die Samples inhärenter Bestandteil eines k-NN-Klassifikators sind, werden sie durch den Operator `write_class_knn` mit abgespeichert. Im Gegensatz zu anderen Klassifikatoren wie z.B. SVM gibt es daher keinen Operator, um die Samples separat zu speichern. Die Samples können mit dem Operator `get_sample_class_knn` aus dem k-NN-Klassifikator extrahiert werden. Die Dateiendung für den k-NN-Klassifikator ist in HALCON 'gnc'.

Parameter

▷ **KNNHandle** (input_control) . . . . . class_knn ⇝ *handle*
Handle eines k-NN-Klassifikators.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name einer Datei.
Dateiendung: `.gnc`

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `write_class_knn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`train_class_knn`, `read_class_knn`

Siehe auch

`create_class_knn`, `read_class_knn`

Literatur

Marius Muja, David G. Lowe: „Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration“; International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 09); 2009.

Modul

Foundation

16.3 Look-Up-Tabelle

`clear_class_lut` `( : : ClassLUTHandle : )`

Löschen eines Look-Up-Table Klassifikators.

`clear_class_lut` löscht die Look-Up-Table (LUT), die durch `ClassLUTHandle` angegeben wird, und gibt sämtlichen für die LUT benötigten Speicher frei. Der LUT Klassifikator kann nach dem Aufruf von `clear_class_lut` nicht mehr verwendet werden. Der Handle `ClassLUTHandle` ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **`ClassLUTHandle`** (input_control) ..... class_lut(-array) ⇝ *handle*
Handle des LUT Klassifikators.

Ergebnis

Falls `ClassLUTHandle` korrekt ist, dann liefert `clear_class_lut` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`classify_image_class_lut`

Siehe auch

`create_class_lut_mlp`, `create_class_lut_svm`, `create_class_lut_gmm`

Modul

Foundation

`create_class_lut_gmm` `( : : GMMHandle, GenParamName, GenParamValue : ClassLUTHandle )`

Erzeugen einer Look-Up-Table anhand eines Gaußschen Mischverteilungsmodells zur Klassifizierung von Byte-Bildern.

create_class_lut_gmm erzeugt eine Look-Up Table (LUT) ClassLUTHandle anhand eines trainierten Gaußschen Mischverteilungsmodells (GMM) GMMHandle zur Klassifizierung von mehrkanaligen Byte-Bildern. Mit diesem GMM-basierten LUT Klassifikator kann der Operator classify_image_class_gmm, der für die spätere Klassifikation benötigt wird, durch den Operator classify_image_class_lut ersetzt werden. Die Klassifikation wird dadurch deutlich beschleunigt, weil die entsprechende Klasse nicht in jedem Bildpunkt extra berechnet werden muss, da alle möglichen Antworten des GMM in der LUT gespeichert sind. Für die Erzeugung der LUT sind die im zuvor aufgerufenen Operator create_class_gmm definierten Parameter NumDim, Preprocessing und NumComponents von Bedeutung. In NumDim ist festgelegt, wie viele Kanäle die zu klassifizierenden Bilder haben dürfen. Über das Preprocessing (siehe create_class_gmm) kann diese Anzahl auf NumComponents transformiert werden. NumComponents beschreibt schließlich die Größe des Merkmalsvektors, der vom Klassifikator classify_class_gmm intern verarbeitet wird. Aufgrund von Performance und Speicherverwaltung ist die LUT auf maximal *3* Dimensionen beschränkt. Da sie den Operator classify_class_gmm ersetzt, muss NumComponents $\leq$ *3* gelten. Findet keine Transformation mit Reduktion in den Bildkanälen statt (NumDim = NumComponents) werden beim Erzeugen der LUT alle möglichen Pixelwerte, die in einem Byte-Bild vorkommen können, mit classify_class_gmm klassifiziert und die resultierenden Klassen in der LUT gespeichert. Findet eine Transformation mit Reduktion der Bildkanäle statt (NumDim >NumComponents) werden die Vorverarbeitungsparameter des GMM in einer separaten Struktur der LUT gespeichert. Beim Erzeugen der LUT werden alle transformierten Pixelwerte mit classify_class_gmm klassifiziert und die resultierenden Klassen in der LUT gespeichert. Aufgrund der diskreten Struktur der LUT kann es dabei zu einem Genauigkeitsverlust gegenüber der Klassifizierung mit classify_image_class_gmm kommen. Über die Parameter *'bit_depth'* und *'class_selection'* kann die Klassifizierungsgenauigkeit, der Speicherbedarf und die Laufzeit zur Erzeugung der LUT angepasst werden.

Die folgenden Parameter des GMM-basierten LUT Klassifikators können mit GenParamName und GenParamValue gesetzt werden:

'bit_depth': Anzahl der verwendeten Bits der Bildpixel. *'bit_depth'* steuert den Speicherbedarf der LUT und ist durch die Bittiefe des Bildes beschränkt (*'bit_depth'* $\leq$ *8*). Ist die Bittiefe der LUT kleiner (*'bit_depth'* $<$ *8*), werden die Klassen von mehreren Pixelkombinationen auf den selben Eintrag der LUT abgebildet, was die Klassifizierungsgenauigkeit verringern kann. Einer dieser Cluster enthält $2^{NumComponents \cdot (8-bit_depth)}$ Pixelkombinationen, wobei NumComponents die in create_class_gmm spezifizierte Dimension der LUT beschreibt. Für *'bit_depth'* $=$ *7*, NumComponents $=$ *3* werden beispielsweise die Klassen von 8 Pixelkombinationen auf den selben Eintrag der LUT abgebildet. Die LUT benötigt maximal $2^{NumComponents \cdot bit_depth+2}$ Bytes vom Speicher. Für NumComponents $=$ *3*, *'bit_depth'* $=$ *8* und NumClasses $<$ *16* (angegeben in create_class_gmm) werden beispielsweise durch eine interne Speicheroptimierung nur 8 MB Speicher für die LUT benötigt. Gilt NumClasses $=$ *1*, benötigt die LUT bei voller Bittiefe nur 2 MB Speicher. Die Laufzeit der Klassifizierung in classify_image_class_lut wird minimal, falls die LUT in den Cache passt.

Wertevorschläge: *6*,*7*,*8*

Default: *8*

Restriktion: *'bit_depth'* $\geq$ *1*, *'bit_depth'* $\leq$ *8*.

'class_selection': Methode zur Klassenauswahl für die LUT. Kann angepasst werden um die spätere Klassifizierungsgenauigkeit und die Laufzeit zur Erzeugung der LUT zu steuern. Der Wert für *'class_selection'* wird ignoriert, falls die Bittiefe der LUT maximal ist, also *'bit_depth'* $=$ *8* gilt. Ist die Bittiefe der LUT kleiner (*'bit_depth'* $<$ *8*), werden die Klassen von mehreren Pixelkombinationen auf den selben Eintrag der LUT abgebildet. Einer dieser Cluster enthält $2^{NumComponents \cdot (8-bit_depth)}$ Pixelkombinationen, wobei NumComponents die in create_class_gmm spezifizierte Dimension der LUT beschreibt. Gilt *'class_selection'* $=$ *'best'*, wird die Klasse gespeichert, die am häufigsten im Cluster vorkommt. Für *'class_selection'* $=$ *'fast'* wird nur der Pixel im Cluster klassifiziert, der den kleinsten Wert (komponentenweise) hat, was jedoch die Genauigkeit bei der späteren Klassifizierung über die LUT verringern kann. Allerdings lässt sich dadurch die Laufzeit zur Erzeugung der LUT reduzieren. Sie verhält sich proportional zum maximal benötigten Speicherplatz der LUT, der mit $2^{NumComponents \cdot bit_depth+2}$ definiert ist.

Werteliste: *'fast'*, *'best'*

Default: *'fast'*

'rejection_threshold': Schwellenwert zur Zurückweisung unsicher klassifizierter Punkte des GMM. Der Parameter stellt einen Schwellenwert auf dem von der Klassifikation zurückgelieferten K-Sigma-Wahrscheinlichkeitsmaß dar (siehe classify_class_gmm und evaluate_class_gmm). Alle Pixel mit einer Wahrscheinlichkeit unterhalb von *'rejection_threshold'* werden keiner Klasse zugeordnet.

Default: *0.0001*

Restriktion: *'rejection_threshold'* ≥ 0, *'rejection_threshold'* ≤ 1.

Parameter

▷ **GMMHandle** (input_control) . . . . . class_gmm ⇝ *handle*
Handle des GMM.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die für die Erzeugung des LUT Klassifikators angepasst werden können.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'bit_depth', 'class_selection', 'rejection_threshold'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Parameter, die für die Erzeugung des LUT Klassifikators angepasst werden können.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {8, 7, 6, 'fast', 'best'}

▷ **ClassLUTHandle** (output_control) . . . . . class_lut ⇝ *handle*
Handle des LUT Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_class_lut_gmm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`train_class_gmm`, `read_class_gmm`

Nachfolger

`classify_image_class_lut`

Alternativen

`create_class_lut_knn`, `create_class_lut_mlp`, `create_class_lut_svm`

Siehe auch

`classify_image_class_lut`, `clear_class_lut`

Modul

Foundation

create_class_lut_knn (: : KNNHandle, GenParamName, GenParamValue : ClassLUTHandle)

Erzeugen einer Look-Up Tabelle anhand eines k-Nearest-Neighbor-Klassifikators zur Klassifizierung von Byte-Bildern.

`create_class_lut_knn` erzeugt eine Look-Up Tabelle (LUT) `ClassLUTHandle` anhand eines trainierten k-Nearest-Neighbor-Klassifikators (k-NN) `KNNHandle` zur Klassifizierung von mehrkanaligen Byte-Bildern. Mit diesem k-NN-basierten LUT Klassifikator kann der Operator `classify_image_class_knn`, der für die spätere Klassifikation benötigt wird, durch den Operator `classify_image_class_lut` ersetzt werden. Die Klassifikation wird dadurch deutlich beschleunigt, weil die entsprechende Klasse nicht in jedem Bildpunkt extra berechnet werden muss, da alle möglichen Antworten des k-NN in der LUT gespeichert sind. Für die Erzeugung der LUT sind der im zuvor aufgerufenen Operator `create_class_knn` definierte Parameter `NumDim`, von Bedeutung. In `NumDim` ist festgelegt, wie viele Kanäle die zu klassifizierenden Bilder haben dürfen. Beim Erzeugen der LUT werden alle Pixelwerte mit `classify_class_knn` klassifiziert und die resultierenden Klassen in der

LUT gespeichert. Aufgrund der diskreten Struktur der LUT kann es dabei zu einem Genauigkeitsverlust gegenüber der Klassifizierung mit classify_image_class_knn kommen. Über den Parameter *'bit_depth'* kann die Klassifizierungsgenauigkeit, der Speicherbedarf und die Laufzeit zur Erzeugung der LUT angepasst werden.

Die folgenden Parameter des k-NN-basierten LUT Klassifikators können mit GenParamName und GenParamValue gesetzt werden:

'bit_depth': Anzahl der verwendeten Bits der Bildpixel. *'bit_depth'* steuert den Speicherbedarf der LUT und ist durch die Bittiefe des Bildes beschränkt (*'bit_depth'* ≤ 8). Ist die Bittiefe der LUT kleiner (*'bit_depth'* < 8), werden die Klassen von mehreren Pixelkombinationen auf den selben Eintrag der LUT abgebildet, was die Klassifizierungsgenauigkeit verringern kann. Einer dieser Cluster enthält $2^{NumDim \cdot (8-bit_depth)}$ Pixelkombinationen, wobei NumDim die in create_class_knn spezifizierte Dimension der LUT beschreibt. Für *'bit_depth'* $= 7$, NumDim $= 3$ werden beispielsweise die Klassen von 8 Pixelkombinationen auf den selben Eintrag der LUT abgebildet. Die LUT benötigt maximal $2^{NumDim \cdot bit_depth+2}$ Bytes vom Speicher. Für NumDim $= 3$, *'bit_depth'* $= 8$ werden beispielsweise durch eine interne Speicheroptimierung ca. 8 MB Speicher für die LUT benötigt. Die Laufzeit der Klassifizierung in classify_image_class_lut wird minimal, falls die LUT in den Cache passt.

Wertevorschläge: *6*,*7*,*8*

Default: *8*

Restriktion: *'bit_depth'* ≥ 1, *'bit_depth'* ≤ 8.

'rejection_threshold': Schwellenwert zur Zurückweisung unsicher klassifizierter Punkte des kNN. Der Parameter stellt einen Schwellenwert auf dem von der Klassifikation zurückgelieferten Distanzwert dar (siehe classify_class_knn). Alle Pixel mit einer Distanz oberhalb von *'rejection_threshold'* werden keiner Klasse zugeordnet.

Default: *5*

Restriktion: *'rejection_threshold'* ≥ 0.

Parameter

▷ **KNNHandle** (input_control) . . . . . class_knn ⇝ *handle*
Handle des k-NN-Klassifikators.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die für die Erzeugung des LUT Klassifikators angepasst werden können.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamName ∈ {'bit_depth', 'rejection_threshold'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Parameter, die für die Erzeugung des LUT Klassifikators angepasst werden können.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {8, 7, 6, 0.5, 5, 10, 50}

▷ **ClassLUTHandle** (output_control) . . . . . class_lut ⇝ *handle*
Handle des LUT Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_class_lut_knn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

train_class_knn, read_class_knn

Nachfolger

classify_image_class_lut

Alternativen

create_class_lut_svm, create_class_lut_gmm, create_class_lut_mlp

Siehe auch

classify_image_class_lut, clear_class_lut

Modul

Foundation

create_class_lut_mlp (: : MLPHandle, GenParamName, GenParamValue : ClassLUTHandle)

Erzeugen einer Look-Up-Table anhand eines mehrschichtigen Perzeptrons zur Klassifizierung von Byte-Bildern.

create_class_lut_mlp erzeugt eine Look-Up Table (LUT) ClassLUTHandle anhand eines trainierten mehrschichtigen Perzeptrons (MLP) MLPHandle zur Klassifizierung von mehrkanaligen Byte-Bildern. Mit diesem MLP-basierten LUT Klassifikator kann der Operator classify_image_class_mlp, der für die spätere Klassifikation benötigt wird, durch den Operator classify_image_class_lut ersetzt werden. Die Klassifikation wird dadurch deutlich beschleunigt, weil die entsprechende Klasse nicht in jedem Bildpunkt extra berechnet werden muss, da alle möglichen Antworten des MLP in der LUT gespeichert sind. Für die Erzeugung der LUT sind die im zuvor aufgerufenen Operator create_class_mlp definierten Parameter NumInput, Preprocessing und NumComponents von Bedeutung. In NumInput ist festgelegt, wie viele Kanäle die zu klassifizierenden Bilder haben dürfen. Über das Preprocessing (siehe create_class_mlp) kann diese Anzahl auf NumComponents transformiert werden. NumComponents beschreibt schließlich die Größe des Merkmalsvektors, der vom Klassifikator classify_class_mlp intern verarbeitet wird. Aufgrund von Performance und Speicherverwaltung ist die LUT auf maximal *3* Dimensionen beschränkt. Da sie den Operator classify_class_mlp ersetzt, muss NumComponents $\leq$ *3* gelten. Findet keine Transformation mit Reduktion in den Bildkanälen statt (NumInput = NumComponents) werden beim Erzeugen der LUT alle möglichen Pixelwerte, die in einem Byte-Bild vorkommen können, mit classify_class_mlp klassifiziert und die resultierenden Klassen in der LUT gespeichert. Findet eine Transformation mit Reduktion der Bildkanäle statt (NumInput >NumComponents) werden die Vorverarbeitungsparameter des MLP in einer separaten Struktur der LUT gespeichert. Beim Erzeugen der LUT werden alle transformierten Pixelwerte mit classify_class_mlp klassifiziert und die resultierenden Klassen in der LUT gespeichert. Aufgrund der diskreten Struktur der LUT kann es dabei zu einem Genauigkeitsverlust gegenüber der Klassifizierung mit classify_image_class_mlp kommen. Über die Parameter *'bit_depth'* und *'class_selection'* kann die Klassifizierungsgenauigkeit, der Speicherbedarf und die Laufzeit zur Erzeugung der LUT angepasst werden.

Die folgenden Parameter des MLP-basierten LUT Klassifikators können mit GenParamName und GenParamValue gesetzt werden:

'bit_depth': Anzahl der verwendeten Bits der Bildpixel. *'bit_depth'* steuert den Speicherbedarf der LUT und ist durch die Bittiefe des Bildes beschränkt (*'bit_depth'* $\leq$ *8*). Ist die Bittiefe der LUT kleiner (*'bit_depth'* $<$ *8*), werden die Klassen von mehreren Pixelkombinationen auf den selben Eintrag der LUT abgebildet, was die Klassifizierungsgenauigkeit verringern kann. Einer dieser Cluster enthält $2^{NumComponents \cdot (8-bit_depth)}$ Pixelkombinationen, wobei NumComponents die in create_class_mlp spezifizierte Dimension der LUT beschreibt. Für *'bit_depth'* = *7*, NumComponents = *3* werden beispielsweise die Klassen von 8 Pixelkombinationen auf denselben Eintrag der LUT abgebildet. Die LUT benötigt maximal $2^{NumComponents \cdot bit_depth+2}$ Bytes vom Speicher. Für NumComponents = *3*, *'bit_depth'* = *8* und NumOutput $<$ *16* (angegeben in create_class_mlp) werden beispielsweise durch eine interne Speicheroptimierung nur 8 MB Speicher für die LUT benötigt. Gilt NumOutput = *1*, benötigt die LUT bei voller Bittiefe nur 2 MB Speicher. Die Laufzeit der Klassifizierung in classify_image_class_lut wird minimal, falls die LUT in den Cache passt.

Wertevorschläge: *6*,*7*,*8*

Default: *8*

Restriktion: *'bit_depth'* $\geq$ *1*, *'bit_depth'* $\leq$ *8*

'class_selection': Methode zur Klassenauswahl für die LUT. Kann angepasst werden um die spätere Klassifizierungsgenauigkeit und die Laufzeit zur Erzeugung der LUT zu steuern. Der Wert für *'class_selection'* wird ignoriert, falls die Bittiefe der LUT maximal ist, also *'bit_depth'* = *8* gilt. Ist die Bittiefe der LUT kleiner (*'bit_depth'* $<$ *8*), werden die Klassen von mehreren Pixelkombinationen auf den selben Eintrag

der LUT abgebildet. Einer dieser Cluster enthält $2^{NumComponents \cdot (8-bit_depth)}$ Pixelkombinationen, wobei NumComponents die in create_class_mlp spezifizierte Dimension der LUT beschreibt. Gilt *'class_selection'* = *'best'*, wird die Klasse gespeichert, die am häufigsten im Cluster vorkommt. Für *'class_selection'* = *'fast'* wird nur der Pixel im Cluster klassifiziert, der den kleinsten Wert (komponentenweise) hat, was jedoch die Genauigkeit bei der späteren Klassifizierung über die LUT verringern kann. Allerdings lässt sich dadurch die Laufzeit zur Erzeugung der LUT reduzieren. Sie verhält sich proportional zum maximal benötigten Speicherplatz der LUT, der mit $2^{NumComponents \cdot bit_depth+2}$ definiert ist.

Werteliste: *'fast'*, *'best'*

Default: *'fast'*

'rejection_threshold': Schwellenwert zur Zurückweisung unsicher klassifizierter Punkte des MLP. Der Parameter stellt einen Schwellenwert auf dem von der Klassifikation zurückgelieferten Wahrscheinlichkeitsmaß dar (siehe classify_class_mlp und evaluate_class_mlp). Alle Pixel mit einer Wahrscheinlichkeit unterhalb von *'rejection_threshold'* werden keiner Klasse zugeordnet.

Default: *0.5*

Restriktion: *'rejection_threshold'* $\geq$ *0*, *'rejection_threshold'* $\leq$ *1*

Parameter

- ▷ **MLPHandle** (input_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
  Handle des MLP.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter, die für die Erzeugung des LUT Klassifikators angepasst werden können.
  Default: []
  Wertevorschläge: GenParamName ∈ {'bit_depth', 'class_selection', 'rejection_threshold'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / integer / real
  Werte der generischen Parameter, die für die Erzeugung des LUT Klassifikators angepasst werden können.
  Default: []
  Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {8, 7, 6, 'fast', 'best'}
- ▷ **ClassLUTHandle** (output_control) . . . . . class_lut ⇝ *handle*
  Handle des LUT Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_class_lut_mlp den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

train_class_mlp, read_class_mlp

Nachfolger

classify_image_class_lut

Alternativen

create_class_lut_gmm, create_class_lut_knn, create_class_lut_svm

Siehe auch

classify_image_class_lut, clear_class_lut

Modul

Foundation

create_class_lut_svm (: : SVMHandle, GenParamName, GenParamValue : ClassLUTHandle)

Erzeugen einer Look-Up-Table anhand einer Support-Vektor-Maschine zur Klassifizierung von Byte-Bildern.

create_class_lut_svm erzeugt eine Look-Up Table (LUT) ClassLUTHandle anhand einer trainierten Support-Vector-Maschine (SVM) SVMHandle zur Klassifizierung von mehrkanaligen Byte-Bildern. Mit diesem SVM-basierten LUT Klassifikator kann der Operator classify_image_class_svm, der für die spätere Klassifikation benötigt wird, durch den Operator classify_image_class_lut ersetzt werden. Die Klassifikation wird dadurch deutlich beschleunigt, weil die entsprechende Klasse nicht in jedem Bildpunkt extra berechnet werden muss, da alle möglichen Antworten der SVM in der LUT gespeichert sind. Für die Erzeugung der LUT sind die im zuvor aufgerufenen Operator create_class_svm definierten Parameter NumFeatures, Preprocessing und NumComponents von Bedeutung. In NumFeatures ist festgelegt, wie viele Kanäle die zu klassifizierenden Bilder haben dürfen. Über das Preprocessing (siehe create_class_svm) kann diese Anzahl auf NumComponents transformiert werden. NumComponents beschreibt schließlich die Größe des Merkmalsvektors, der vom Klassifikator classify_class_svm intern verarbeitet wird. Aufgrund von Performance und Speicherverwaltung ist die LUT auf maximal *3* Dimensionen beschränkt. Da sie den Operator classify_class_svm ersetzt, muss NumComponents $\leq$ *3* gelten. Findet keine Transformation mit Reduktion in den Bildkanälen statt (NumFeatures = NumComponents) werden beim Erzeugen der LUT alle möglichen Pixelwerte, die in einem Byte-Bild vorkommen können, mit classify_class_svm klassifiziert und die resultierenden Klassen in der LUT gespeichert. Findet eine Transformation mit Reduktion der Bildkanäle statt (NumFeatures >NumComponents) werden die Vorverarbeitungsparameter der SVM in einer separaten Struktur der LUT gespeichert. Beim Erzeugen der LUT werden alle transformierten Pixelwerte mit classify_class_svm klassifiziert und die resultierenden Klassen in der LUT gespeichert. Aufgrund der diskreten Struktur der LUT kann es dabei zu einem Genauigkeitsverlust gegenüber der Klassifizierung mit classify_image_class_svm kommen. Über die Parameter *'bit_depth'* und *'class_selection'* kann die Klassifizierungsgenauigkeit, der Speicherbedarf und die Laufzeit zur Erzeugung der LUT angepasst werden.

Die folgenden Parameter des SVM-basierten LUT Klassifikators können mit GenParamName und GenParamValue gesetzt werden:

'bit_depth': Anzahl der verwendeten Bits der Bildpixel. *'bit_depth'* steuert den Speicherbedarf der LUT und ist durch die Bittiefe des Bildes beschränkt (*'bit_depth'* $\leq$ *8*). Ist die Bittiefe der LUT kleiner (*'bit_depth'* $<$ *8*), werden die Klassen von mehreren Pixelkombinationen auf den selben Eintrag der LUT abgebildet, was die Klassifizierungsgenauigkeit verringern kann. Einer dieser Cluster enthält $2^{NumComponents \cdot (8-bit_depth)}$ Pixelkombinationen, wobei NumComponents die in create_class_svm spezifizierte Dimension der LUT beschreibt. Für *'bit_depth'* = *7*, NumComponents = *3* werden beispielsweise die Klassen von 8 Pixelkombinationen auf den selben Eintrag der LUT abgebildet. Die LUT benötigt maximal $2^{NumComponents \cdot bit_depth+2}$ Bytes vom Speicher. Für NumComponents = *3*, *'bit_depth'* = *8* und NumClasses $<$ *16* (angegeben in create_class_svm) werden beispielsweise durch eine interne Speicheroptimierung nur 8 MB Speicher für die LUT benötigt. Gilt NumClasses = *1*, benötigt die LUT bei voller Bittiefe nur 2 MB Speicher. Die Laufzeit der Klassifizierung in classify_image_class_lut wird minimal, falls die LUT in den Cache passt.

Wertevorschläge: *6*,*7*,*8*

Default: *8*

Restriktion: *'bit_depth'* $\geq$ *1*, *'bit_depth'* $\leq$ *8*.

'class_selection': Methode zur Klassenauswahl für die LUT. Kann angepasst werden um die spätere Klassifizierungsgenauigkeit und die Laufzeit zur Erzeugung der LUT zu steuern. Der Wert für *'class_selection'* wird ignoriert, falls die Bittiefe der LUT maximal ist, also *'bit_depth'* = *8* gilt. Ist die Bittiefe der LUT kleiner (*'bit_depth'* $<$ *8*), werden die Klassen von mehreren Pixelkombinationen auf den selben Eintrag der LUT abgebildet. Einer dieser Cluster enthält $2^{NumComponents \cdot (8-bit_depth)}$ Pixelkombinationen, wobei NumComponents die in create_class_gmm spezifizierte Dimension der LUT beschreibt. Gilt *'class_selection'* = *'best'*, wird die Klasse gespeichert, die am häufigsten im Cluster vorkommt. Für *'class_selection'* = *'fast'* wird nur der Pixel im Cluster klassifiziert, der den kleinsten Wert (komponentenweise) hat, was jedoch die Genauigkeit bei der späteren Klassifizierung über die LUT verringern kann. Allerdings lässt sich dadurch die Laufzeit zur Erzeugung der LUT reduzieren. Sie verhält sich proportional zum maximal benötigten Speicherplatz der LUT, der mit $2^{NumComponents \cdot bit_depth+2}$ definiert ist.

Werteliste: *'fast'*, *'best'*

Default: *'fast'*

Parameter

- ▷ **SVMHandle** (input_control) . . . . . class_svm ⇝ *handle*
  Handle der SVM.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter, die für die Erzeugung des LUT Klassifikators angepasst werden können.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'bit_depth', 'class_selection'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / integer
  Werte der generischen Parameter, die für die Erzeugung des LUT Klassifikators angepasst werden können.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {8, 7, 6, 'fast', 'best'}
- ▷ **ClassLUTHandle** (output_control) . . . . . class_lut ⇝ *handle*
  Handle des LUT Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_class_lut_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`train_class_svm`, `read_class_svm`

Nachfolger

`classify_image_class_lut`

Alternativen

`create_class_lut_gmm`, `create_class_lut_knn`, `create_class_lut_mlp`

Siehe auch

`classify_image_class_lut`, `clear_class_lut`

Modul

Foundation

16.4 Neuronale Netze

add_class_train_data_mlp (: : MLPHandle, ClassTrainDataHandle :)

Hinzufügen von Trainingsdaten zu einem mehrschichtigen Perzeptron (MLP).

`add_class_train_data_mlp` fügt die Trainingsdaten `ClassTrainDataHandle` zu einem mehrschichtigen Perzeptron (MLP), gegeben durch `MLPHandle`, hinzu.

Parameter

- ▷ **MLPHandle** (input_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
  Handle eines MLPs.
- ▷ **ClassTrainDataHandle** (input_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
  Handle der Trainingsdaten für den Klassifikator.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `add_class_train_data_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MLPHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_class_mlp`, `create_class_train_data`

Nachfolger

`get_sample_class_mlp`

Alternativen

`add_sample_class_mlp`

Siehe auch

`create_class_mlp`

Modul

Foundation

`add_sample_class_mlp` (: : MLPHandle, Features, Target :)

Hinzufügen eines Trainingsmusters zu den Trainingsdaten eines mehrschichtigen Perzeptrons.

`add_sample_class_mlp` fügt ein Trainingsmuster zu dem durch `MLPHandle` gegebenen mehrschichtigen Perzeptron (MLP) hinzu. Das Trainingsmuster wird durch `Features` und `Target` beschrieben. `Features` ist der Merkmalsvektor des Musters und muss folglich die Länge `NumInput` besitzen, die in `create_class_mlp` angegeben worden ist. `Target` ist der Zielvektor des Musters, der für alle drei Aktivierungsfunktionen in der Ausgabeschicht des MLP (siehe `create_class_mlp`) die Länge `NumOutput` besitzen muss und aus reellen Zahlen bestehen muss (Ausnahme: s.u.). Falls das MLP zur Regression (Funktionsapproximation) verwendet wird (`OutputFunction` = *'linear'*), ist `Target` der Funktionswert der Funktion an der Koordinate `Features`. In diesem Fall kann `Target` beliebige reelle Zahlen beinhalten. Für `OutputFunction` = *'logistic'* können in `Target` nur die Werte *0.0* und *1.0* angegeben werden. Ein Wert von *1.0* spezifiziert das Vorhandensein des jeweiligen Attributes, während *0.0* die Abwesenheit des Attributes spezifiziert. Da in diesem Fall die Attribute unabhängig voneinander anwesend oder abwesend sein können, können beliebige Kombinationen von *0.0* und *1.0* übergeben werden. Für `OutputFunction` = *'softmax'* dürfen die Werte von `Target` auch nur *0.0* und *1.0* enthalten. Im Gegensatz zu `OutputFunction` = *'logistic'* muss der Wert *1.0* an genau einer Stelle des Tupels `Target` vorkommen. Die Stelle des Tupels bezeichnet die Klasse des Musters. Zur Vereinfachung kann für `OutputFunction` = *'softmax'* auch ein einzelner ganzzahliger Wert übergeben werden, der direkt die Klasse des Musters bezeichnet. Hierbei werden die Klassen von 0 ab gezählt, d.h. die Klasse muss ein Wert zwischen 0 und `NumOutput` − 1 sein. Intern wird die Klasse in einen Zielvektor der Länge `NumOutput` konvertiert.

Bevor das MLP mit `train_class_mlp` trainiert werden kann, müssen *alle* Trainingsmuster mit `add_sample_class_mlp` zum MLP hinzugefügt werden.

Die Anzahl der abgespeicherten Trainingsmuster kann mit `get_sample_num_class_mlp` abgefragt werden. Einzelne Trainingsmuster können mit `get_sample_class_mlp` wieder ausgelesen werden.

Im Normalfall ist es günstig, die Trainingsmuster mit `write_samples_class_mlp` in eine Datei zu speichern, damit sie wiederverwendet werden können, und damit bei Bedarf neue Trainingsmuster zum Datensatz hinzugefügt werden können, und ein *neu erzeugtes* MLP mit dem erweiterten Datensatz *neu* trainiert werden kann.

Parameter

▷ **`MLPHandle`** (input_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
Handle des MLP.

▷ **`Features`** (input_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Merkmalsvektor des zu speichernden Trainingsmusters.

▷ **Target** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer / real*
Klasse oder Zielvektor des zu speichernden Trainingsmusters.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `add_sample_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MLPHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_class_mlp`

Nachfolger

`train_class_mlp`, `write_samples_class_mlp`

Alternativen

`read_samples_class_mlp`

Siehe auch

`clear_samples_class_mlp`, `get_sample_num_class_mlp`, `get_sample_class_mlp`

Modul

Foundation

classify_class_mlp (: : MLPHandle, Features, Num : Class, Confidence)

Berechnen der Klasse eines Merkmalsvektors durch ein mehrschichtiges Perzeptron.

`classify_class_mlp` berechnet mit dem durch `MLPHandle` gegebenen mehrschichtigen Perzeptron (MLP) die `Num` besten Klassen des Merkmalsvektors `Features` und gibt die Klassen in `Class` und die zugehörigen Konfidenzen (Wahrscheinlichkeiten) der Klassen in `Confidence` zurück. Das MLP muss vor der Verwendung von `classify_class_mlp` mit `train_class_mlp` trainiert werden.

`classify_class_mlp` kann nur aufgerufen werden, falls das MLP als Klassifikator mit `OutputFunction` = *'softmax'* verwendet wird (siehe `create_class_mlp`). Ansonsten wird eine Fehlermeldung zurückgeliefert. `classify_class_mlp` entspricht dem Aufruf von `evaluate_class_mlp` und der zusätzlichen Bestimmung der besten `Num` Klassen. Wie bei `evaluate_class_mlp` beschrieben, können die Ausgabewerte des MLP als Wahrscheinlichkeiten des Auftretens der jeweiligen Klasse interpretiert werden. Im Normalfall, sollte es ausreichend sein, `Num` = *1* zu verwenden, um zu entscheiden, ob die Wahrscheinlichkeit der besten Klasse des Merkmalsvektors hoch genug ist. In manchen Anwendungen kann es aber auch interessant sein, die zweitbeste Klasse zu betrachten (`Num` = *2*), insbesondere, wenn zu erwarten ist, dass sich die Klassen signifikant überlappen.

Parameter

▷ **MLPHandle** (input_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
Handle des MLP.

▷ **Features** (input_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Merkmalsvektor.

▷ **Num** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Anzahl der zu bestimmenden besten Klassen.
Default: 1
Wertevorschläge: `Num` ∈ {1, 2, 3, 4, 5}

▷ **Class** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Ergebnis der Klassifikation des Merkmalsvektors durch das MLP.

▷ **Confidence** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Konfidenz(en) der Klasse(n) des Merkmalsvektors.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `classify_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`train_class_mlp`, `read_class_mlp`

Alternativen

`apply_dl_model`, `evaluate_class_mlp`

Siehe auch

`create_class_mlp`

Literatur

Christopher M. Bishop: „Neural Networks for Pattern Recognition“; Oxford University Press, Oxford; 1995.

Andrew Webb: „Statistical Pattern Recognition“; Arnold, London; 1999.

Modul

Foundation

clear_class_mlp (: : MLPHandle :)

Löschen eines mehrschichtigen Perzeptrons.

`clear_class_mlp` löscht das mehrschichtige Perzeptron (MLP), das durch `MLPHandle` angegeben wird, und gibt sämtlichen für das MLP benötigten Speicher frei. Das MLP kann nach dem Aufruf von `clear_class_mlp` nicht mehr verwendet werden. Der Handle `MLPHandle` ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **MLPHandle** (input_control) . . . . . class_mlp(-array) ⇝ *handle*
Handle des MLP.

Ergebnis

Falls `MLPHandle` korrekt ist, dann liefert `clear_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MLPHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`classify_class_mlp`, `evaluate_class_mlp`

Siehe auch

create_class_mlp, read_class_mlp, write_class_mlp, train_class_mlp

Modul

Foundation

clear_samples_class_mlp (: : MLPHandle :)

Löschen aller Trainingsdaten eines mehrschichtigen Perzeptrons.

clear_samples_class_mlp löscht alle mit add_sample_class_mlp oder read_samples_class_mlp zu dem mehrschichtigen Perzeptron (MLP) MLPHandle hinzugefügten Trainingsmuster. Eine Verwendung von clear_samples_class_mlp ist nur dann sinnvoll, wenn das MLP in demselben Prozess trainiert wird, in dem das MLP auch zur Evaluierung mit evaluate_class_mlp oder zur Klassifikation mit classify_class_mlp verwendet wird. In diesem Fall kann der durch die Trainingsmuster belegte Speicher mit clear_samples_class_mlp wieder freigegeben werden, und somit Speicherplatz gespart werden. In der üblichen Verwendungsart, in der das MLP offline trainiert wird und mit write_class_mlp gespeichert wird, ist die Verwendung von clear_samples_class_mlp normalerweise überflüssig, da write_class_mlp die Trainingsmuster nicht abspeichert, und somit im Online-Prozess, der das MLP mit read_class_mlp einliest, auch kein Speicher für die Trainingsmuster benötigt wird.

Parameter

▷ **MLPHandle** (input_control) ..... class_mlp(-array) ⇝ *handle*
Handle des MLP.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert clear_samples_class_mlp den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MLPHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

train_class_mlp, write_samples_class_mlp

Siehe auch

create_class_mlp, clear_class_mlp, add_sample_class_mlp, read_samples_class_mlp

Modul

Foundation

create_class_mlp (: : NumInput, NumHidden, NumOutput, OutputFunction, Preprocessing, NumComponents, RandSeed : MLPHandle)

Erzeugen eines mehrschichtigen Perzeptrons zur Klassifikation oder Regression.

create_class_mlp erzeugt ein neuronales Netz in Form eines mehrschichtigen Perzeptrons (engl.: multilayer perceptron, MLP), welches zur Klassifikation oder Regression (Funktionsapproximation) verwendet werden kann, je nachdem, wie OutputFunction gesetzt wird. Das MLP besitzt drei Schichten: eine Eingabeschicht mit NumInput Eingabevariablen (Einheiten, Neuronen), eine versteckte Schicht mit NumHidden Einheiten und

eine Ausgabeschicht mit NumOutput Ausgabevariablen. Das MLP führt mit den Eingabedaten x_i, dem so genannten Merkmalsvektor, folgende Berechnungsschritte aus, um die Aktivierungen z_j der versteckten Schicht zu berechnen:

$$\begin{aligned} a_j^{(1)} &= \sum_{i=1}^{n_i} w_{ji}^{(1)} x_i + b_j^{(1)}, \qquad j = 1, \ldots, n_h \\ z_j &= \tanh\left(a_j^{(1)}\right), \qquad j = 1, \ldots, n_h \end{aligned}$$

Die Matrix $w_{ji}^{(1)}$ und der Vektor $b_j^{(1)}$ sind dabei die Gewichte der Eingabeschicht (ersten Schicht) des MLP. Die Aktivierungen z_j der ersten Schicht werden in der versteckten Schicht (zweiten Schicht) zunächst genauso durch Linearkombinationen transformiert, wie in der ersten Schicht:

$$a_k^{(2)} = \sum_{j=1}^{n_h} w_{kj}^{(2)} z_j + b_k^{(2)}, \qquad k = 1, \ldots, n_o$$

Dabei sind die Matrix $w_{kj}^{(2)}$ und der Vektor $b_k^{(2)}$ die Gewichte der zweiten Schicht des MLP.

Durch Setzen von OutputFunction kann die Aktivierungsfunktion der Ausgabeschicht festgelegt werden. Für OutputFunction = *'linear'* werden die Daten einfach kopiert:

$$y_k = a_k^{(2)}, \qquad k = 1, \ldots, n_o$$

Diese Art der Aktivierungsfunktion sollte bei Regressionsaufgaben (Funktionsapproximation) verwendet werden. Diese Aktivierungsfunktion eignet sich nicht für Klassifikationsaufgaben.

Für OutputFunction = *'logistic'* werden die Aktivierungen wie folgt berechnet:

$$y_k = \frac{1}{1 + \exp\left(-a_k^{(2)}\right)}, \qquad k = 1, \ldots, n_o$$

Diese Art der Aktivierungsfunktion sollte bei Klassifikationsaufgaben verwendet werden, bei denen mehrere (NumOutput) unabhängige logische Attribute als Ausgabe auftreten können. Dies kommt nur bei sehr wenigen Klassifikationsaufgaben vor.

Für OutputFunction = *'softmax'* werden die Aktivierungen wie folgt berechnet:

$$y_k = \frac{\exp\left(a_k^{(2)}\right)}{\sum_{l=1}^{n_o} \exp\left(a_l^{(2)}\right)}, \qquad k = 1, \ldots, n_o$$

Diese Art der Aktivierungsfunktion sollte bei üblichen Klassifikationsaufgaben verwendet werden, bei denen mehrere (NumOutput), sich gegenseitig ausschließende Klassen auftreten. Insbesondere muss OutputFunction = *'softmax'* bei der Klassifikation von Pixeldaten mit classify_image_class_mlp verwendet werden.

Mit den Parametern Preprocessing und NumComponents kann eine Vorverarbeitung der Merkmalsvektoren festgelegt werden. Für Preprocessing = *'none'* werden die Merkmalsvektoren ohne Änderung an das MLP übergeben. NumComponents wird hier ignoriert.

Für alle anderen Werte von Preprocessing wird aus dem Trainingsdatensatz eine Transformation der Merkmale berechnet, die sowohl beim Training als auch bei der späteren Klassifikation oder Auswertung dazu verwendet wird, die Merkmalsvektoren zu transformieren.

Für Preprocessing = *'normalization'* werden die Merkmalsvektoren normalisiert, indem der Mittelwert der Trainingsvektoren von den Merkmalsvektoren abgezogen wird und die dadurch entstehenden Merkmalsvektoren durch die Standardabweichung der jeweiligen Komponente der Trainingsvektoren geteilt wird. Die transformierten Merkmalsvektoren haben also einen Mittelwert von 0 und eine Standardabweichung von 1 in jeder Komponente.

Die Normalisierung ändert die Länge des Merkmalsvektors nicht. NumComponents wird hier ignoriert. Diese Transformation empfiehlt sich bei allen Daten, in denen die Mittelwerte und Standardabweichungen der Merkmalsvektoren sich stark von 0 bzw. 1 unterscheiden oder bei denen die Komponenten der Daten nicht in denselben Einheiten gemessen werden (z.B., falls einige der Daten Grauwertmerkmale und andere Regionenmerkmale sind, oder falls z.B. Regionenmerkmale wie 'circularity' (Einheit: Skalar) und 'area' (Einheit: Quadratpixel) gemischt werden). In diesem Fall benötigt das Trainieren des MLP typischerweise weniger Iterationen als ohne Normalisierung.

Für Preprocessing = *'principal_components'* werden die Merkmalsvektoren einer Hauptachsentransformation (principal component analysis) unterzogen. Die Hauptachsentransformation normalisiert zunächst die Merkmalsvektoren (s.o.). Danach wird eine orthogonale Transformation (eine Rotation im Merkmalsraum) berechnet, die die Trainingsvektoren dekorreliert. Nach der Transformation ist der Mittelwert der Trainingsvektoren 0 und die Kovarianzmatrix der Trainingsvektoren ist eine Diagonalmatrix. Die Transformation wird so bestimmt, dass die transformierten Merkmale, die die größte Variationsbreite aufweisen, als erstes in dem transformierten Merkmalsvektor stehen. Dadurch kann erreicht werden, dass die letzten Komponenten des Merkmalsvektors, die typischerweise stark vom Rauschen beeinflusst werden, ohne großen Informationsverlust weggelassen werden können. Mit NumComponents wird festgelegt, wie viele der transformierten Komponenten verwendet werden sollen. Es können bis zu NumInput Komponenten selektiert werden. Mit Hilfe von get_prep_info_class_mlp kann der Informationsgehalt der einzelnen transformierten Komponenten bestimmt werden, und somit NumComponents einfacher bestimmt werden. Wie die Normalisierung empfiehlt sich diese Transformation, wenn die Merkmalsvektoren Mittelwerte und Standardabweichungen haben, die sich stark von 0 bzw. 1 unterscheiden oder bei denen die Komponenten der Merkmalsvektoren nicht in denselben Einheiten gemessen werden, und wenn zusätzlich zu erwarten ist, dass die Merkmale stark korreliert sind.

Im Gegensatz zu den obigen drei Transformationen, welche für beliebige Typen des MLP verwendet werden können, kann die durch Preprocessing = *'canonical_variates'* (kanonische Merkmale) spezifizierte Transformation nur verwendet werden, falls das MLP als Klassifikator mit OutputFunction = *'softmax'* verwendet wird. In diesem Fall wird eine Transformation bestimmt, die die Trainingsvektoren zuerst normalisiert und dann im Mittel über alle Klassen dekorreliert. Gleichzeitig werden in den transformierten Trainingsvektoren die Mittelwerte der einzelnen Klassen möglichst weit separiert. Wie bei Preprocessing = *'principal_components'* werden die transformierten Komponenten nach Informationsgehalt sortiert, so dass transformierte Merkmale mit wenig Informationsgehalt weggelassen werden können. Bei kanonischen Merkmalen können höchstens $\min(\texttt{NumOutput} - 1, \texttt{NumInput})$ Merkmale selektiert werden. Auch hier kann mit get_prep_info_class_mlp der Informationsgehalt der einzelnen transformierten Komponenten bestimmt werden. Wie die Hauptachsentransformation können die kanonischen Merkmale dazu verwendet werden, die Datenmenge ohne großen Informationsverlust zu verringern, wobei zusätzlich noch die Trennbarkeit der Daten nach der Datenreduktion optimiert wird.

Für die letzten zwei Transformationsarten (*'principal_components'* und *'canonical_variates'*) bestimmt NumComponents die Anzahl der Einheiten in der Eingabeschicht, während NumInput die Dimensionalität der Eingabedaten (Länge des untransformierten Merkmalsvektors) bestimmt. Dadurch wird die Anzahl der Eingabevariablen des MLP geringer, und daher kann typischerweise auch die Anzahl der versteckten Einheiten des MLP geringer gewählt werden, wodurch sich normalerweise die Trainingszeit und die Evaluierungs- und Klassifikationszeit verringert.

Normalerweise sollte NumHidden in der Größenordnung von NumInput und NumOutput gewählt werden. In vielen Fällen führen auch viel kleinere Werte von NumHidden schon zu sehr guten Klassifikationsergebnissen. Wenn NumHidden zu groß gewählt wird, besteht die Gefahr, dass das MLP sich an die Trainingsdaten überanpasst, was zu schlechten Generalisierungseigenschaften führt, d.h. das MLP lernt die Trainingsdaten sehr gut, liefert aber auf unbekannten Daten keine besonders guten Ergebnisse.

create_class_mlp initialisiert die oben beschriebenen Gewichte mit Zufallszahlen. Damit die Ergebnisse des Trainierens des MLP mit train_class_mlp reproduzierbar werden, wird in RandSeed der Initialisierungswert des Zufallszahlengenerators angegeben. Falls das Training einen relativ hohen Fehler zurückliefert, kann eventuell durch eine andere Wahl von RandSeed und durch erneutes Trainieren ein kleinerer Trainingsfehler erreicht werden.

Nachdem das MLP erzeugt wurde, werden typischerweise mit add_sample_class_mlp oder read_samples_class_mlp Trainingsdaten zum Netz hinzugefügt und das MLP mit train_class_mlp trainiert. Daraufhin kann das MLP mit write_class_mlp abgespeichert werden. Alternativ können auch sofort nach dem Training Daten mit evaluate_class_mlp bewertet werden oder (für OutputFunction = *'softmax'*) mit classify_class_mlp klassifiziert werden.

Das Training des MLPs führt im Normalfall zu relativ scharfen Grenzen zwischen den unterschiedlichen Klassen, d.h. die Konfidenz für eine Klasse fällt von nahe 1 (innerhalb der Region einer Klasse) auf nahe 0 (innerhalb

der Region einer anderen Klasse) innerhalb eines schmalen „Bandes“ im Merkmalsraum. Falls die Klassen sich nicht überlappen, erfolgt dieser Übergang an einem geeigneten Ort zwischen den Klassen; falls sich die Klassen überlappen, erfolgt dieser Übergang an einem geeigneten Ort im Überlappungsbereich der Klassen. Dieser scharfe Übergang ist in vielen Anwendungen erwünscht. In einigen Anwendungen ist hingegen ein glatterer Übergang zwischen verschiedenen Klassen wünschenswert (d.h. ein Übergang in einem breiteren „Band“ im Merkmalsraum), um ein gewisses Niveau an Unsicherheit in der Region zwischen den Klassen auszudrücken. Weiterhin kann es, wie oben beschrieben, wünschenswert sein, eine Überanpassung des MLPs an die Trainingsdaten zu verhindern. Zu diesem Zweck kann das MLP mit `set_regularization_params_class_mlp` regularisiert werden.

Ein wie oben definiertes MLP besitzt keine inhärente Fähigkeit zur Neuheitserkennung, d.h. es klassifiziert zufällige Merkmalsvektoren in eine der Klassen mit einer Konfidenz nahe 1 (außer der zufällige Merkmalsvektor liegt zufälligerweise ein einer Region des Merkmalsraums, in dem sich die Trainingsdaten von zwei Klassen überlappen). In einigen Anwendungen ist es jedoch wünschenswert, Merkmalsvektoren zurückzuweisen, die nicht nahe an irgendeiner Klasse liegen, wobei „Nähe“ über die Distanz des Merkmalsvektors zu der Menge der Merkmalsvektoren in den Trainingsdaten definiert ist. Um das MLP mit der Fähigkeit zur Neuheitserkennung auszustatten, d.h. um Merkmalsvektoren zurückweisen zu können, die zu keiner Klasse gehören, kann eine explizite Rückweisungsklasse erzeugt werden, indem `NumOutput` auf die Anzahl der tatsächlichen Klassen plus 1 gesetzt wird. Danach kann `set_rejection_params_class_mlp` verwendet werden, um `train_class_mlp` so zu konfigurieren, dass automatisch Trainingsdaten für diese Rückweisungsklasse erzeugt werden.

Die Kombination der Regularisierung mit der automatischen Erzeugung einer Rückweisungsklasse ist in vielen Anwendungen nützlich, da sie einen glatten Übergang zwischen den tatsächlichen Klassen sowie von den tatsächlichen Klassen zur Rückweisungsklasse erzeugt. Dies spiegelt die Anforderungen dieser Anwendungen wieder, dass nur Merkmalsvektoren innerhalb des Bereichs des Merkmalsraums, der den Trainingsdaten entspricht, eine Konfidenz nahe 1 erhalten sollen, während zufällige Merkmalsvektoren, die zu keiner Klasse gehören, eine Konfidenz nahe 0 erhalten sollen, und dass Übergänge zwischen den Klassen glatt sein sollen, was eine zunehmende Unsicherheit widerspiegelt, je weiter ein Merkmalsvektor von der jeweiligen Klasse entfernt liegt. Insbesondere haben OCR-Anwendungen manchmal diese Anforderung (siehe `create_ocr_class_mlp`).

Ein Vergleich zwischen MLP und Support-Vektor-Maschinen (SVM) (siehe `create_class_svm`) zeigt typischerweise, dass SVMs generell schneller trainiert werden, insbesondere bei großen Trainingsdatensätzen, und eine leicht verbesserte Erkennungsrate haben. Das MLP weist schnellere Klassifikationszeiten auf und sollte daher in zeitkritischen Anwendungen verwendet werden. Es ist zu beachten, dass der Vergleich von optimal abgestimmten Parametern ausgeht.

Parameter

▷ **`NumInput`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Eingabevariablen (Merkmale) des MLP.
Default: 20
Wertevorschläge: `NumInput` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100}
Restriktion: NumInput >= 1

▷ **`NumHidden`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der versteckten Einheiten des MLP.
Default: 10
Wertevorschläge: `NumHidden` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 150}
Restriktion: NumHidden >= 1

▷ **`NumOutput`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Ausgabevariablen (Klassen) des MLP.
Default: 5
Wertevorschläge: `NumOutput` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 150}
Restriktion: NumOutput >= 1

▷ **`OutputFunction`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Aktivierungsfunktion in der Ausgabeschicht des MLP.
Default: 'softmax'
Werteliste: `OutputFunction` ∈ {'linear', 'logistic', 'softmax'}

▷ **`Preprocessing`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Vorverarbeitung (Transformation) der Merkmalsvektoren.
Default: 'normalization'
Werteliste: `Preprocessing` ∈ {'none', 'normalization', 'principal_components', 'canonical_variates'}

▷ **`NumComponents`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Parameter der Vorverarbeitung: Anzahl der transformierten Merkmale (ignoriert bei `Preprocessing` =

'none' und `Preprocessing` = *'normalization'*).
Default: 10
Wertevorschläge: `NumComponents` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100}
Restriktion: NumComponents >= 1

▷ **`RandSeed`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Initialisierungswert des Zufallszahlengenerators, der zur Initialisierung des MLP mit zufälligen Werten verwendet wird.
Default: 42

▷ **`MLPHandle`** (output_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
Handle des MLP.

Beispiel

```
* Use the MLP for regression (function approximation)
create_class_mlp (1, NumHidden, 1, 'linear', 'none', 1, 42, MLPHandle)
* Generate the training data
* D = [...]
* T = [...]
* Add the training data
for J := 0 to NumData-1 by 1
    add_sample_class_mlp (MLPHandle, D[J], T[J])
endfor
* Train the MLP
train_class_mlp (MLPHandle, 200, 0.001, 0.001, Error, ErrorLog)
* Generate test data
* X = [...]
* Compute the output of the MLP on the test data
for J := 0 to N-1 by 1
    evaluate_class_mlp (MLPHandle, X[J], Y)
endfor

* Use the MLP for classification
create_class_mlp (NumIn, NumHidden, NumOut, 'softmax', \
                  'normalization', NumIn, 42, MLPHandle)
* Generate and add the training data
for J := 0 to NumData-1 by 1
    * Generate training features and classes
    * Data = [...]
    * Class = [...]
    add_sample_class_mlp (MLPHandle, Data, Class)
endfor
* Train the MLP
train_class_mlp (MLPHandle, 100, 1, 0.01, Error, ErrorLog)
* Use the MLP to classify unknown data
for J := 0 to N-1 by 1
    * Extract features
    * Features = [...]
    classify_class_mlp (MLPHandle, Features, 1, Class, Confidence)
endfor
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`add_sample_class_mlp`, `set_regularization_params_class_mlp`, `set_rejection_params_class_mlp`

Alternativen

`read_dl_model`, `create_class_svm`, `create_class_gmm`

Siehe auch

`clear_class_mlp`, `train_class_mlp`, `classify_class_mlp`, `evaluate_class_mlp`

Literatur

Christopher M. Bishop: „Neural Networks for Pattern Recognition“; Oxford University Press, Oxford; 1995.

Andrew Webb: „Statistical Pattern Recognition“; Arnold, London; 1999.

Modul

Foundation

deserialize_class_mlp (: : SerializedItemHandle : MLPHandle)

Deserialisieren eines serialisierten mehrschichtigen Perzeptrons (MLP).

`deserialize_class_mlp` deserialisiert ein mehrschichtiges Perzeptron (MLP) (einschließlich eventuell abgespeicherter Trainingsmuster), welches mit `serialize_class_mlp` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte MLP wird in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten MLP mit dem Handle `MLPHandle` gespeichert.

Parameter

- ▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.
- ▷ **MLPHandle** (output_control) ..... class_mlp ⇝ *handle*
  Handle des MLP.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_class_mlp`

Nachfolger

`classify_class_mlp`, `evaluate_class_mlp`, `create_class_lut_mlp`

Siehe auch

`create_class_mlp`, `write_class_mlp`, `serialize_class_mlp`

Modul

Foundation

evaluate_class_mlp (: : MLPHandle, Features : Result)

Berechnen der Bewertung eines Merkmalsvektors durch ein mehrschichtiges Perzeptron.

evaluate_class_mlp berechnet das Ergebnis Result der Evaluierung des Merkmalsvektors Features durch das mehrschichtige Perzeptron (MLP) MLPHandle. Die Berechnungsformeln sind bei create_class_mlp angegeben. Das MLP muss vor der Verwendung von evaluate_class_mlp mit train_class_mlp trainiert werden.

Falls das MLP zur Regression (Funktionsapproximation) verwendet wird (OutputFunction = *'linear'*), ist Result der Funktionswert der Funktion an der Koordinate Features. Für OutputFunction = *'logistic'* und *'softmax'* können die Werte in Result als Wahrscheinlichkeiten interpretiert werden. Für OutputFunction = *'logistic'* geben die Elemente von Result somit für jedes der unabhängigen Attribute die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins des jeweiligen Attributes an. Typischerweise wird hier ein Schwellenwert von 0.5 verwendet, um zu entscheiden, ob das Attribut vorhanden ist. Je nach Anwendung können aber auch andere Schwellenwerte in Betracht kommen. Für OutputFunction = *'softmax'* wird typischerweise die Position des Maximums von Result als die Klasse des Merkmalsvektors interpretiert und der zugehörige Wert als die Wahrscheinlichkeit der Klasse. In diesem Fall sollte statt evaluate_class_mlp classify_class_mlp verwendet werden, da classify_class_mlp direkt die Klasse und Wahrscheinlichkeit zurückliefert.

Parameter

- ▷ **MLPHandle** (input_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
  Handle des MLP.
- ▷ **Features** (input_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Merkmalsvektor.
- ▷ **Result** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Ergebnis der Auswertung des Merkmalsvektors durch das MLP.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert evaluate_class_mlp den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

train_class_mlp, read_class_mlp

Alternativen

classify_class_mlp

Siehe auch

create_class_mlp

Literatur

Christopher M. Bishop: „Neural Networks for Pattern Recognition“; Oxford University Press, Oxford; 1995.

Andrew Webb: „Statistical Pattern Recognition“; Arnold, London; 1999.

Modul

Foundation

get_class_train_data_mlp (: : MLPHandle : ClassTrainDataHandle)

Liest die Trainingsdaten eines MLP aus.

get_class_train_data_mlp liest die Trainingsdaten eines MLP aus und liefert diese als Handle in ClassTrainDataHandle zurück.

Parameter

▷ **MLPHandle** (input_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
Handle eines MLP.

▷ **ClassTrainDataHandle** (output_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
Handle der Trainingsdaten des MLP.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_class_train_data_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`add_sample_class_mlp`, `read_samples_class_mlp`

Nachfolger

`add_class_train_data_svm`, `add_class_train_data_gmm`, `add_class_train_data_knn`

Siehe auch

`create_class_train_data`

Modul

Foundation

get_params_class_mlp (: : MLPHandle : NumInput, NumHidden, NumOutput, OutputFunction, Preprocessing, NumComponents)

Auslesen der Parameter eines mehrschichtigen Perzeptrons.

`get_params_class_mlp` gibt die Parameter des durch `MLPHandle` angegebenen mehrschichtigen Perzeptrons (MLP), die bei der Erzeugung mit `create_class_mlp` verwendet wurden, zurück. Dies ist insbesondere nützlich, wenn das MLP mit `read_class_mlp` von Datei eingelesen wurde. Die Ausgabedaten von `get_params_class_mlp` können z.B. verwendet werden, um zu überprüfen, ob die Merkmalsvektoren und ggf. die Zieldaten, die verwendet werden sollen, zu dem MLP passen. Zur Beschreibung der Parameter siehe `create_class_mlp`.

Parameter

▷ **MLPHandle** (input_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
Handle des MLP.

▷ **NumInput** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Eingabevariablen (Merkmale) des MLP.

▷ **NumHidden** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der versteckten Einheiten des MLP.

▷ **NumOutput** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Ausgabevariablen (Klassen) des MLP.

▷ **OutputFunction** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Aktivierungsfunktion in der Ausgabeschicht des MLP.

▷ **Preprocessing** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Vorverarbeitung (Transformation) der Merkmalsvektoren.

▷ **NumComponents** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Parameter der Vorverarbeitung: Anzahl der transformierten Merkmale.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_params_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_class_mlp`, `read_class_mlp`

Nachfolger

`add_sample_class_mlp`, `train_class_mlp`

Siehe auch

`evaluate_class_mlp`, `classify_class_mlp`

Modul

Foundation

get_prep_info_class_mlp (: : MLPHandle,
Preprocessing : InformationCont, CumInformationCont)

Berechnen des Informationsgehalts der vorverarbeiteten Merkmalsvektoren eines mehrschichtigen Perzeptrons.

`get_prep_info_class_mlp` berechnet den Informationsgehalt der mit der durch `Preprocessing` gegebenen Vorverarbeitung transformierten Komponenten der Trainingsvektoren. `Preprocessing` kann auf *'principal_components'* oder *'canonical_variates'* gesetzt werden. Die zugrundeliegenden Vorverarbeitungen sind bei `create_class_mlp` beschrieben. Der Informationsgehalt wird aus die Variation der transformierten Komponenten der Trainingsvektoren berechnet, d.h. er wird rein aufgrund der Trainingsdaten unabhängig von einer Fehlerrate bei einer Klassifikation der Trainingsdaten berechnet. Der Informationsgehalt wird für alle relevanten Komponenten der transformierten Merkmalsvektoren (`NumInput` für *'principal_components'* und $\min(\texttt{NumOutput} - 1, \texttt{NumInput})$ für *'canonical_variates'*, siehe `create_class_mlp`) in `InformationCont` zurückgegeben. Der Informationsgehalt wird als eine Zahl zwischen 0 und 1 dargestellt. Ein prozentualer Informationsgehalt kann leicht durch Multiplikation mit 100 berechnet werden. Der kumulierte Informationsgehalt der ersten n Komponenten wird in der n-ten Komponente von `CumInformationCont` zurückgegeben, d.h. `CumInformationCont` enthält die Summen der ersten n Elemente von `InformationCont`. Um `get_prep_info_class_mlp` verwenden zu können, müssen mit `add_sample_class_mlp` oder `read_samples_class_mlp` genügend viele Trainingsmuster zu dem durch `MLPHandle` gegebenen mehrschichtigen Perzeptron (MLP) hinzugefügt werden.

`InformationCont` und `CumInformationCont` können dazu verwendet werden, um zu entscheiden, wie viele Komponenten der transformierten Merkmalsvektoren relevante Information enthalten. Ein oft verwendetes Kriterium ist z.B. zu verlangen, dass die transformierten Daten x% (z.B. 90%) der Daten enthalten sollten. Dies kann leicht anhand des ersten Wertes von `CumInformationCont`, der über x% liegt, bestimmt werden. Der so erhaltene Wert kann bei einem neuerlichen Aufruf von `create_class_mlp` als `NumComponents` verwendet werden. Da zum Aufruf von `get_prep_info_class_mlp` schon ein MLP mit `create_class_mlp` erzeugt werden muss, also auch ein initialer Wert von `NumComponents` bei `create_class_mlp` angegeben werden muss, aber bei Verwendung von `get_prep_info_class_mlp` typischerweise noch nicht bekannt ist, wie viele Komponenten relevant sind, empfiehlt sich folgendes zweistufiges Vorgehen, um `NumComponents` zu bestimmen: In einem ersten Schritt wird ein MLP mit der maximalen Anzahl von `NumComponents` (`NumInput` für *'principal_components'* und $\min(\texttt{NumOutput} - 1, \texttt{NumInput})$ für *'canonical_variates'*) erzeugt. Dann werden die Trainingsmuster zu dem MLP hinzugefügt und mit `write_samples_class_mlp` in Datei gespeichert. Anschließend wird mit `get_prep_info_class_mlp` der Informationsgehalt der Komponenten und somit `NumComponents` bestimmt. Danach wird ein neues MLP mit der gewünschten Anzahl Komponenten erzeugt, und die abgespeicherten Trainingsdaten mit `read_samples_class_mlp` wieder eingelesen. Hierauf wird das MLP mit `train_class_mlp` trainiert.

Parameter

▷ **MLPHandle** (input_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
Handle des MLP.

▷ **Preprocessing** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Vorverarbeitung (Transformation) der Merkmalsvektoren.
Default: 'principal_components'
Werteliste: `Preprocessing` ∈ {'principal_components', 'canonical_variates'}

▷ **InformationCont** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Relativer Informationsgehalt der transformierten Merkmalsvektoren.

▷ **CumInformationCont** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Kumulierter Informationsgehalt der transformierten Merkmalsvektoren.

Beispiel

```
* Create the initial MLP
create_class_mlp (NumIn, NumHidden, NumOut, 'softmax', \
                  'principal_components', NumIn, 42, MLPHandle)
* Generate and add the training data
for J := 0 to NumData-1 by 1
    * Generate training features and classes
    * Data = [...]
    * Class = [...]
    add_sample_class_mlp (MLPHandle, Data, Class)
endfor
write_samples_class_mlp (MLPHandle, 'samples.mtf')
* Compute the information content of the transformed features
get_prep_info_class_mlp (MLPHandle, 'principal_components',\
                         InformationCont, CumInformationCont)
* Determine NumComp by inspecting InformationCont and CumInformationCont
* NumComp = [...]
* Create the actual MLP
create_class_mlp (NumIn, NumHidden, NumOut, 'softmax', \
                  'principal_components', NumComp, 42, MLPHandle)
* Train the MLP
read_samples_class_mlp (MLPHandle, 'samples.mtf')
train_class_mlp (MLPHandle, 100, 1, 0.01, Error, ErrorLog)
write_class_mlp (MLPHandle, 'classifier.mlp')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_prep_info_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Falls `get_prep_info_class_mlp` den Fehler 9211 (Matrix ist nicht positiv definit) bei `Preprocessing` = *'canonical_variates'* zurückliefert, bedeutet dies typischerweise, dass für die verschiedenen Klassen zu wenige Trainingsmuster gespeichert worden sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`add_sample_class_mlp`, `read_samples_class_mlp`

Nachfolger

`clear_class_mlp`, `create_class_mlp`

Literatur

Christopher M. Bishop: „Neural Networks for Pattern Recognition“; Oxford University Press, Oxford; 1995.

Andrew Webb: „Statistical Pattern Recognition“; Arnold, London; 1999.

Modul

Foundation

get_regularization_params_class_mlp (: : MLPHandle, GenParamName : GenParamValue)

Auslesen der Regularisierungsparameter eines mehrschichtigen Perzeptrons.

get_regularization_params_class_mlp gibt die Regularisierungsparameter eines mehrschichtigen Perzeptrons (MLP), die mit set_regularization_params_class_mlp spezifiziert wurden, zurück. Weiterhin gibt get_regularization_params_class_mlp die Parameter zurück, die durch die automatische Bestimmung der Regularisierungsparameter bestimmt wurden. Zur Beschreibung der Parameter siehe set_regularization_params_class_mlp.

Parameter

- ▷ **MLPHandle** (input_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
  Handle des MLP.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Name des auszulesenden Regularisierungsparameters.
  Default: 'weight_prior'
  Werteliste: GenParamName ∈ {'weight_prior', 'noise_prior', 'num_well_determined_params', 'fraction_well_determined_params', 'num_outer_iterations', 'num_inner_iterations'}
- ▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real / integer*
  Wert des Regularisierungsparameters.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_regularization_params_class_mlp den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

set_regularization_params_class_mlp, read_class_mlp

Nachfolger

train_class_mlp

Modul

Foundation

get_rejection_params_class_mlp (: : MLPHandle, GenParamName : GenParamValue)

Auslesen der Parameter der Rückweisungsklasse eines mehrschichtigen Perzeptrons.

get_rejection_params_class_mlp gibt die Parameter der Rückweisungsklasse eines mehrschichtigen Perzeptrons (MLP), die mit set_rejection_params_class_mlp spezifiziert wurden, zurück. Zur Beschreibung der Parameter siehe set_rejection_params_class_mlp.

Parameter

- ▷ **MLPHandle** (input_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
  MLP handle.

▷ **GenParamName** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Names of the generic parameters to return.
Default: 'sampling_strategy'
Werteliste: GenParamName ∈ {'sampling_strategy', 'hyperbox_tolerance', 'rejection_sample_factor', 'random_seed', 'rejection_class_index'}

▷ **GenParamValue** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / real / integer
Values of the generic parameters.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_rejection_params_class_mlp den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_class_mlp

Nachfolger

train_class_mlp

Modul

Foundation

get_sample_class_mlp (: : MLPHandle, IndexSample : Features, Target)

Auslesen eines Trainingsmusters aus den Trainingsdaten eines mehrschichtigen Perzeptrons.

get_sample_class_mlp liest ein Trainingsmuster, das mit add_sample_class_mlp oder read_samples_class_mlp hinzugefügt wurde, aus dem mehrschichtigen Perzeptron (MLP) MLPHandle aus. Der Index des auszulesenden Musters wird mit IndexSample festgelegt. Er wird ab 0 gezählt, d.h. IndexSample muss zwischen 0 und NumSamples − 1 liegen, wobei NumSamples mit get_sample_num_class_mlp bestimmt werden kann. Das Trainingsmuster wird in Features und Target zurückgegeben. Dabei ist Features ein Merkmalsvektor der Länge NumInput und Target ein Zielvektor der Länge NumOutput (siehe add_sample_class_mlp und create_class_mlp).

get_sample_class_mlp kann z.B. dazu verwendet werden, die Trainingsdaten mit classify_class_mlp zu reklassifizieren, um festzustellen, welche der Trainingsmuster eventuell falsch klassifiziert werden.

Parameter

▷ **MLPHandle** (input_control) ..... class_mlp ⇝ *handle*
Handle des MLP.

▷ **IndexSample** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Nummer des gespeicherten Trainingsmusters.

▷ **Features** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Merkmalsvektor des Trainingsmusters.

▷ **Target** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Zielvektor des Trainingsmusters.

Beispiel

```
* Train an MLP
create_class_mlp (NumIn, NumHidden, NumOut, 'softmax', \
                  'canonical_variates', NumComp, 42, MLPHandle)
read_samples_class_mlp (MLPHandle, 'samples.mtf')
```

```
train_class_mlp (MLPHandle, 100, 1, 0.01, Error, ErrorLog)
* Reclassify the training samples
get_sample_num_class_mlp (MLPHandle, NumSamples)
for I := 0 to NumSamples-1 by 1
    get_sample_class_mlp (MLPHandle, I, Data, Target)
    classify_class_mlp (MLPHandle, Data, 1, Class, Confidence)
    Result := gen_tuple_const(NumOut,0)
    Result[Class] := 1
    Diffs := Target-Result
    if (sum(fabs(Diffs)) > 0)
        * Sample has been classified incorrectly
    endif
endfor
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_sample_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`add_sample_class_mlp`, `read_samples_class_mlp`, `get_sample_num_class_mlp`

Nachfolger

`classify_class_mlp`, `evaluate_class_mlp`

Siehe auch

`create_class_mlp`

Modul

Foundation

`get_sample_num_class_mlp` (: : MLPHandle : NumSamples)

Auslesen der Anzahl der Trainingsmuster in den Trainingsdaten eines mehrschichtigen Perzeptrons.

`get_sample_num_class_mlp` liefert in `NumSamples` die Anzahl der in dem durch `MLPHandle` gegebenen mehrschichtigen Perzeptron (MLP) verfügbaren Trainingsmuster zurück. `get_sample_num_class_mlp` sollte aufgerufen werden, bevor mit `get_sample_class_mlp` die einzelnen Trainingsmuster ausgelesen werden, z.B. um eine Reklassifikation der Trainingsdaten durchzuführen (siehe `get_sample_class_mlp`).

Parameter

▷ **`MLPHandle`** (input_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
Handle des MLP.

▷ **`NumSamples`** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der gespeicherten Trainingsmuster.

Ergebnis

Falls `MLPHandle` korrekt ist, liefert `get_sample_num_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

add_sample_class_mlp, read_samples_class_mlp

Nachfolger

get_sample_class_mlp

Siehe auch

create_class_mlp

Modul

Foundation

read_class_mlp (: : FileName : MLPHandle)

Lesen eines mehrschichtigen Perzeptrons aus Datei.

read_class_mlp liest ein mit write_class_mlp abgespeichertes mehrschichtiges Perzeptron (MLP) ein. Da das Trainieren eines MLP relativ lange dauern kann, wird das MLP typischerweise in einem Offline-Prozess trainiert und mit write_class_mlp gespeichert. Im Online-Prozess wird das MLP mit read_class_mlp gelesen und danach zur Evaluierung mit evaluate_class_mlp oder zur Klassifikation mit classify_class_mlp verwendet. Die Dateiendung für den MLP-Klassifikator ist in HALCON 'gmc'.

Parameter

- ▷ **FileName** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
  Name der Datei.
  Dateiendung: .gmc
- ▷ **MLPHandle** (output_control) ..... class_mlp ⇝ *handle*
  Handle des MLP.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert read_class_mlp den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

classify_class_mlp, evaluate_class_mlp, create_class_lut_mlp

Alternativen

read_dl_model

Siehe auch

create_class_mlp, write_class_mlp

Modul

Foundation

read_samples_class_mlp (: : MLPHandle, FileName :)

Lesen von Trainingsdaten eines mehrschichtigen Perzeptrons aus Datei.

read_samples_class_mlp liest Trainingsmuster aus der durch FileName gegebenen Datei aus und fügt sie zu den schon in dem mehrschichtigen Perzeptron (MLP) MLPHandle vorhandenen Trainingsmustern hinzu. Das MLP muss zuvor mit create_class_mlp erzeugt werden. Wie bei train_class_mlp und write_samples_class_mlp beschrieben, können

read_samples_class_mlp, add_sample_class_mlp und write_samples_class_mlp dazu verwendet werden, einen großen Datensatz von Trainingsmustern aufzubauen, um somit die Leistung des MLP durch erneutes Trainieren zu verbessern.

Es ist zu beachten, dass die Trainingsdaten die korrekte Dimensionalität aufweisen. Die in FileName gespeicherten Merkmalsvektoren und Zielvektoren müssen die Längen NumInput und NumOutput besitzen, die bei create_class_mlp angegeben worden ist. Falls dies nicht der Fall ist, wird eine Fehlermeldung zurückgegeben.

Parameter

▷ **MLPHandle** (input_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
Handle des MLP.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert read_samples_class_mlp den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MLPHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_class_mlp

Nachfolger

train_class_mlp

Alternativen

add_sample_class_mlp

Siehe auch

write_samples_class_mlp, clear_samples_class_mlp

Modul

Foundation

select_feature_set_mlp (: : ClassTrainDataHandle, SelectionMethod, GenParamName, GenParamValue : MLPHandle, SelectedFeatureIndices, Score)

Wählt aus einer Liste an Merkmalen eine optimale Untermenge für ein bestimmtes Klassifikationsproblem aus.

select_feature_set_mlp wählt die optimalen Merkmale für ein bestimmtes Klassifikationsproblem aus. Die Daten für das Klassifikationsproblem werden mit ClassTrainDataHandle angegeben. Als Klassifikator werden mehrschichtige Perzeptronen (MLP) verwendet.

In MLPHandle wird ein Klassifikator zurückgegeben, der mit der resultierenden Merkmalsauswahl parametrisiert und trainiert wurde. Die Merkmalsauswahl wird in SelectedFeatureIndices zurückgegeben.

Der Operator kann für folgende Probleme nützlich sein: Es gibt eine Liste von Merkmalen von denen einige wenige für die Lösung eines Problems ausreichen. So kann mit Hilfe dieses Operators eine fundierte Entscheidung getroffen werden welche dieser Merkmale relevant für das gegebene Problem sind. Außerdem können für bestimmte Verfahren der Merkmalsextraktion verschiedene Parametersätze verglichen werden.

Um das Klassifikationsproblem zu definieren, werden dem Handle ClassTrainDataHandle Merkmalsvektoren hinzugefügt, die aus einzelnen Untergruppen bestehen. Diese Untergruppen müssen mit Hilfe des Operators set_feature_lengths_class_train_data festgelegt werden. Diese Untergruppen werden dann von dem in select_feature_set_mlp ausgeführten Selektionsprozess entweder ausgewählt oder abgelehnt, je nachdem ob sie zur Lösung des Klassifikationsproblems beitragen.

Die so definierten Merkmale werden dann in SelectedFeatureIndices mit ihrem Index referenziert, außer es wurden zusätzlich Namen beim Aufruf von set_feature_lengths_class_train_data gesetzt. Ist das der Fall, werden statt der Indizes die Namen der ausgewählten Merkmale zurückgegeben. Wurde set_feature_lengths_class_train_data zuvor nicht aufgerufen, werden die einzelnen Spalten als Merkmale interpretiert.

Für den Selektionsprozess können in SelectionMethod zwei verschiedene Methoden ausgewählt werden: entweder die Greedy-Variante *'greedy'* (das momentan erfolgversprechendste Merkmal wird zur Auswahl hinzugefügt) oder die dynamisch oszillierende Suche *'greedy_oscillating'* (Das momentan erfolgversprechendste Merkmal wird zur Auswahl hinzugefügt. Danach wird getestet ob eines der hinzugefügten Merkmale entbehrlich ist.). Während *'greedy'* schneller terminiert, kann *'greedy_oscillating'* bessere Ergebnisse erzielen wenn die Dimensionen der Merkmale sehr klein ist oder redundante Daten vorliegen.

Als Optimierungskriterium dient die Klassifikationsrate, die mit einem zweifachen Kreuzvalidierungsverfahren ermittelt wird. Die beste erreichte Klassifikationsrate wird in Score zurückgegeben.

Über die generischen Parameter GenParamName und GenParamValue kann die Anzahl der Verwendeten Neuronen im versteckten Layer des MLP über *'num_hidden'* gesetzt werden, Default ist hierfür *80*, größere Werte führen zu längeren Trainingszeiten, erlauben aber eine ausdrucksstärkere Klassifikation.

Achtung

Die Laufzeit dieses Operators kann mit größeren Datensätzen und einer längeren Merkmalsliste unter Umständen sehr lange sein.

Es ist zu beachten, dass dieser Operator nicht aufgerufen werden sollte, wenn für das Training nur ein kleiner Datensatz verfügbar ist. Auf Grund des Risikos der Überanpassung kann der Operator select_feature_set_mlp zwar einerseits einen Klassifikator mit sehr hohem Score liefern. Andererseits weist der Klassifikator jedoch eine schlechte Erkennungsrate auf, wenn dieser getestet wird.

Parameter

- ▷ **ClassTrainDataHandle** (input_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
  Handle der Trainingsdaten. Sollte zuvor in Untermerkmale aufgeteilt worden sein.
- ▷ **SelectionMethod** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Methode zur Auswahl der besten Merkmale.
  Default: 'greedy'
  Werteliste: SelectionMethod ∈ {'greedy', 'greedy_oscillating'}
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter zum Steuern des Klassifikators und der Merkmalsauswahl.
  Default: []
  Werteliste: GenParamName ∈ {'num_hidden'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Werte der generischen Parameter zum Steuern des Klassifikators und der Merkmalsauswahl.
  Default: []
  Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {50, 80, 100}
- ▷ **MLPHandle** (output_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
  Trainierter Klassifikator.
- ▷ **SelectedFeatureIndices** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Die Indizes der ausgewählten Merkmale.
- ▷ **Score** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Die Klassifikationsrate die mit dem ausgewählten Merkmalssatz erreicht wurde.

Beispiel

```
* Find out which of the two features distinguishes two Classes
NameFeature1 := 'Good Feature'
NameFeature2 := 'Bad Feature'
LengthFeature1 := 3
```

```
LengthFeature2 := 2
* Create training data
create_class_train_data (LengthFeature1+LengthFeature2,\
  ClassTrainDataHandle)
* Define the features which are in the training data
set_feature_lengths_class_train_data (ClassTrainDataHandle, [LengthFeature1,\
  LengthFeature2], [NameFeature1, NameFeature2])
* Add training data
*                                                          |Feat1| |Feat2|
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [1,1,1,  2,1  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,2,2,  2,1  ], 1)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [1,1,1,  3,4  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,2,2,  3,4  ], 1)
* Add more data
* ...
* Select the better feature with a MLP
select_feature_set_mlp (ClassTrainDataHandle, 'greedy', [], [], MLPHandle,\
  SelectedFeatureMLP, Score)
* Use the classifier
* ...
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `select_feature_set_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`create_class_train_data`, `add_sample_class_train_data`, `set_feature_lengths_class_train_data`

Nachfolger

`classify_class_mlp`

Alternativen

`select_feature_set_knn`, `select_feature_set_svm`, `select_feature_set_gmm`

Siehe auch

`select_feature_set_trainf_mlp`, `gray_features`, `region_features`

Modul

Foundation

`serialize_class_mlp` (: : MLPHandle : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines mehrschichtigen Perzeptrons (MLP).

`serialize_class_mlp` serialisiert ein mehrschichtiges Perzeptron (MLP) einschließlich eventuell abgespeicherter Trainingsmuster (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von `write_class_mlp` und `write_samples_class_mlp` in eine Datei geschrieben werden. Das MLP wird in dem Handle `MLPHandle` übergeben. Das serialisierte MLP wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und kann mit `deserialize_class_mlp` wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **MLPHandle** (input_control) ..... class_mlp ⇝ *handle*
Handle des MLP.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`train_class_mlp`

Nachfolger

`clear_class_mlp`, `fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_class_mlp`

Siehe auch

`create_class_mlp`, `read_class_mlp`, `write_samples_class_mlp`, `deserialize_class_mlp`

Modul

Foundation

set_regularization_params_class_mlp (: : MLPHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen der Regularisierungsparameter eines mehrschichtigen Perzeptrons.

`set_regularization_params_class_mlp` setzt die Regularisierungsparameter des mehrschichtigen Perzeptrons (MLP), das in `MLPHandle` übergeben wurde. Der zu setzende Regularisierungsparameter wird mit `GenParamName` spezifiziert. Sein Wert wird mit `GenParamValue` spezifiziert.

`GenParamName` kann folgende Werte annehmen:

'num_outer_iterations': Dieser Parameter legt fest, ob die Regularisierungsparameter automatisch (`GenParamValue` >= 1) oder manuell (`GenParamValue` = 0, Default) bestimmt werden, wie unten in den Abschnitten „Technischer Hintergrund“ und „Automatische Bestimmung der Regularisierungsparameter“ beschrieben. Wie detailliert im Abschnitt „Automatische Bestimmung der Regularisierungsparameter“ beschrieben, sollte *'num_outer_iterations'* nicht zu groß gesetzt werden (im Bereich 1 bis 5), um eine manuelle Überprüfung der Konvergenz der automatischen Bestimmung der Regularisierungsparameter zu ermöglichen.

'num_inner_iterations': Dieser Parameter ermöglicht potentiell eine etwas schnellere Konvergenz der der automatischen Bestimmung der Regularisierungsparameter, wie unten im Abschnitt „Automatische Bestimmung der Regularisierungsparameter“ beschrieben. Er sollte im Normalfall auf seinem Standardwert von 1 belassen werden.

'weight_prior': Dieser Parameter legt einerseits das zu verwendende Regularisierungsmodell fest, wie unten im Abschnitt „Technischer Hintergrund“ beschrieben. Andererseits legt er die Werte der Regularisierungsparameter fest, falls eine manuelle Bestimmung der Regularisierungsparameter eingestellt wurde (d.h. *'num_outer_iterations'* = 0), bzw. die Initialwerte der Regularisierungsparameter, falls eine automatische Bestimmung der Regularisierungsparameter eingestellt wurde (d.h. *'num_outer_iterations'* >= 1), wie unten im Abschnitt „Automatische Bestimmung der Regularisierungsparameter“ beschrieben. Die manuelle Bestimmung der Regularisierungsparameter (siehe den Abschnitt „Regularisierungsparameter“ unten) ist nur realistisch durchzuführen, falls ein einziger Regularisierungsparameter verwendet wird. In allen anderen Fällen sollten die Regularisierungsparameter automatisch bestimmt werden.

'noise_prior': Dieser Parameter erlaubt es die inverse Varianz des Rauschens der Daten festzulegen, falls das MLP für Regressionsaufgaben konfiguriert wurde, wie unten im Abschnitt „Anwendungsgebiete“ beschrieben. Falls eine manuelle Bestimmung der Regularisierungsparameter eingestellt wurde, wird die inverse Varianz mit `GenParamName` gesetzt, während ihr Initialwert festgelegt wird, falls eine automatische Bestimmung der Regularisierungsparameter eingestellt wurde. Im Normalfall ist es nur sinnvoll, diesen Parameter zu verwenden, falls die Regularisierungsparameter automatisch bestimmt werden.

Es ist zu beachten, dass die automatische Bestimmung der Regularisierungsparameter sehr viel Speicher und Laufzeit benötigt, wie im Detail im Abschnitt „Komplexität“ unten beschrieben. Deshalb sollte `NumHidden` nicht zu groß gewählt werden, wenn das MLP mit `create_class_mlp` erzeugt wird. So sind zum Beispiel für normale OCR-Anwendungen selten größere Werte für `NumHidden` als 30-60 notwendig.

Anwendungsgebiete

Wie bei `create_class_mlp` beschrieben, kann es wünschenswert sein, das MLP zu regularisieren, um einen glatteren Übergang der Konfidenzen zwischen zwei Klassen zu erzwingen und um eine Überanpassung des MLPs an die Trainingsdaten zu verhindern. Um dies zu erreichen, kann ein Strafterm für große MLP-Gewichte (die den Hauptgrund für scharfe Übergänge zwischen Klassen darstellen) zum Training des MLPs in `train_class_mlp` hinzugefügt werden. Hierzu muss `GenParamName` auf *'weight_prior'* und `GenParamValue` auf einen Wert > 0 gesetzt werden.

Falls das MLP für eine Regressionsaufgabe konfiguriert wurde (d.h., falls `OutputFunction` in `create_class_mlp` auf *'linear'* gesetzt wurde), kann die inverse Varianz des in den Daten zu erwartenden Rauschens spezifiziert werden, indem `GenParamName` auf *'noise_prior'* und `GenParamValue` auf einen Wert > 0 gesetzt wird. Das Setzen der A-Priori-Varianz des Rauschens hat nur dann einen Effekt, falls auch eine A-Priori-Varianz für die MLP-Gewichte spezifiziert wurde. In diesem Fall kann die A-Priori-Varianz des Rauschens dazu verwendet werden, den Datenfehlerterm (den Ausgabefehler des MLPs) gegen den Gewichtsfehlerterm zu gewichten.

Wie weiter unten im Detail beschrieben, können die Regularisierungsparameter des MLPs automatisch bestimmt werden (auf Kosten von signifikant höheren Trainingszeiten), indem `GenParamName` auf *'num_outer_iterations'* und `GenParamValue` auf einen Wert > 0 gesetzt werden.

Technischer Hintergrund

Es werden drei verschiedene Arten von Straftermen bei *'weight_prior'* unterstützt. Im folgenden bezeichnen die Parameter $w_{ji}^{(l)}$ und $b_k^{(l)}$ die Gewichte der unterschiedlichen Schichten des MLPs, wie in `create_class_mlp` beschrieben.

Falls ein einzelner Wert α spezifiziert wird, werden alle MLP-Gewichte gleichmäßig bestraft, indem der folgende Term zur Optimierung in `train_class_mlp` hinzugefügt wird:

$$E_W = \frac{\alpha}{2}\left(\sum_{i=1}^{n_i}\sum_{j=1}^{n_h}\left(w_{ji}^{(1)}\right)^2 + \sum_{j=1}^{n_h}\left(b_j^{(1)}\right)^2 + \sum_{j=1}^{n_h}\sum_{k=1}^{n_o}\left(w_{kj}^{(2)}\right)^2 + \sum_{k=1}^{n_o}\left(b_k^{(2)}\right)^2\right)$$

Alternativ können vier Werte $[\alpha_{w1}, \alpha_{b1}, \alpha_{w2}, \alpha_{b2}]$ spezifiziert werden. Diese Parameter ermöglichen es, die vier Gruppen von Gewichten individuell zu regularisieren:

$$E_W = \frac{\alpha_{w1}}{2}\sum_{i=1}^{n_i}\sum_{j=1}^{n_h}\left(w_{ji}^{(1)}\right)^2 + \frac{\alpha_{b1}}{2}\sum_{j=1}^{n_h}\left(b_j^{(1)}\right)^2 + \frac{\alpha_{w2}}{2}\sum_{j=1}^{n_h}\sum_{k=1}^{n_o}\left(w_{kj}^{(2)}\right)^2 + \frac{\alpha_{b2}}{2}\sum_{k=1}^{n_o}\left(b_k^{(2)}\right)^2$$

Schließlich können $n_i + 3$ Werte $[\alpha_1, \ldots, \alpha_{n_i}, \alpha_{b1}, \alpha_{w2}, \alpha_{b2}]$ spezifiziert werden. Diese $n_i + 3$ Parameter ermöglichen es, die einzelnen Eingabevariablen $x_1, \ldots, x_{n_i}$ sowie die übrigen drei Gruppen von Gewichten individuell zu regularisieren:

$$E_W = \sum_{i=1}^{n_i}\frac{\alpha_i}{2}\sum_{j=1}^{n_h}\left(w_{ji}^{(1)}\right)^2 + \frac{\alpha_{b1}}{2}\sum_{j=1}^{n_h}\left(b_j^{(1)}\right)^2 + \frac{\alpha_{w2}}{2}\sum_{j=1}^{n_h}\sum_{k=1}^{n_o}\left(w_{kj}^{(2)}\right)^2 + \frac{\alpha_{b2}}{2}\sum_{k=1}^{n_o}\left(b_k^{(2)}\right)^2$$

Diese Art der Regularisierung ist nur in Verbindung mit der unten beschriebenen automatischen Bestimmung der Regularisierungsparameter sinnvoll. Falls die automatische Bestimmung der Regularisierungsparameter einen sehr großen Wert für α_j (im Vergleich zu dem kleinsten der n_i Werte α_i) zurückliefert, hat die entsprechende Eingabevariable eine geringe Relevanz für die Ausgabe des MLPs. Falls dies der Fall ist, sollte überprüft werden, ob die

Eingabevariable aus der Eingabe des MLPs gelöscht werden kann, ohne die Leistung des MLPs negativ zu beeinflussen. Der Vorteil, irrelevante Eingabevariablen aus der Eingabe zu entfernen, ist eine höhere Geschwindigkeit des MLPs bei der Klassifikation.

Die Parameter α können als inverse Varianz einer Gaußschen A-Priori-Wahrscheinlichkeitsverteilung der MLP-Gewichte angesehen werden, d.h. sie drücken eine Erwartung der Größe der MLP-Gewichte aus. Je größer die α gewählt werden, desto kleiner werden die MLP-Gewichte.

Regularisierungsparameter

Je größer die Regularisierungsparameter *'weight_prior'* gewählt werden, desto glatter wird der Übergang der Konfidenzen zwischen den verschiedenen Klassen. Die notwendigen Werte der Regularisierungsparameter hängen vom MLP ab, speziell von der Anzahl der Einheiten in der versteckten Schicht, von den Trainingsdaten und von der Skalierung der Trainingsdaten (falls keine Normalisierung verwendet wird). Normalerweise ist ein größerer Wert der Regularisierungsparameter notwendig, falls das MLP mehr versteckte Einheiten hat und falls der Trainingsdatensatz mehr Punkte umfasst. In typischen Anwendungen werden die Regularisierungsparameter bestimmt, indem die Qualität des MLPs auf Testdaten, die unabhängig von den Trainingsdaten sind, überprüft wird. Falls kein unabhängiger Testdatensatz zur Verfügung steht, kann ein Kreuzvalidierungsverfahren verwendet werden. Kreuzvalidierungsverfahren teilen den Datensatz in zwei separate Teile auf (z.B. 80% der Daten für das Training und 20% der Daten für das Testen). Das MLP wird mit dem Trainingsdatensatz trainiert (die 80% der Daten im obigen Beispiel). Die Qualität des MLPs wird auf dem Testdatensatz (die 20% der Daten im obigen Beispiel) überprüft. Die Prozedur kann mit den anderen möglichen Aufteilungen der Daten wiederholt werden (in dem 80%–20%-Beispiel gibt es fünf mögliche Aufteilungen). Diese Prozedur kann z.B. mit relativ großen Werten der Gewichtsregularisierungsparameter starten (was normalerweise zu Fehlklassifikationen auf den Testdaten führt). Die Gewichtsregularisierungsparameter können dann sukzessive verkleinert werden, bis eine akzeptable Qualität auf den Testdatensätzen erreicht wird.

Automatische Bestimmung der Regularisierungsparameter

Die Regularisierungsparameter, d.h. die A-Priori-Gewichte und das A-Priori-Rauschen, können auch automatisch durch `train_class_mlp` mittels der sogenannten Evidenzprozedur bestimmt werden (für Details zur Evidenzprozedur wird auf die Artikel im Abschnitt „Literatur“ verwiesen). Dieser Trainingsmodus kann selektiert werden, indem `GenParamName` auf *'num_outer_iterations'* und `GenParamValue` auf einen Wert > 0 gesetzt werden. Es ist zu beachten, dass dies die Trainingszeiten um ein bis drei Größenordnungen im Vergleich zum Training mit festen Regularisierungsparametern erhöht.

Die Evidenzprozedur ist ein iterativer Algorithmus, der die folgenden zwei Schritte für eine Anzahl äußerer Iterationen durchführt: zunächst wird das Netz mit den aktuellen Werten der Regularisierungsparameter trainiert; danach werden die Regularisierungsparameter basierend auf den optimierten Gewichten des MLPs neu geschätzt. In der ersten Iteration werden die A-Priori-Gewichte und das A-Priori-Rauschen, die mit *'weight_prior'* und *'noise_prior'* spezifiziert wurden, verwendet. Die vom Benutzer spezifizierten Regularisierungsparameter dienen daher der automatischen Bestimmung als Startwerte für die Evidenzprozedur. Die Startwerte der A-Priori-Gewichte sollten nicht zu groß gesetzt werden, da dies das Training überregularisieren könnte und zu schlecht bestimmten Regularisierungsparametern führen könnte. Die Startwerte für die A-Priori-Gewichte sollten typischerweise in dem Bereich 0.01-0.1 gewählt werden.

Die Anzahl der äußeren Iterationen kann festgelegt werden, indem `GenParamName` auf *'num_outer_iterations'* und `GenParamValue` auf einen Wert > 0 gesetzt wird. Falls `GenParamValue` auf 0 gesetzt wird (dies ist die Voreinstellung des Wertes), wird die Evidenzprozedur nicht ausgeführt und das MLP wird einfach mit den benutzerspezifizierten Regularisierungsparametern trainiert.

Die Anzahl der äußeren Iterationen sollte groß genug gesetzt werden, um die Konvergenz der Regularisierungsparameter sicherzustellen. Im Gegensatz zum Training der Gewichte des MLPs ist es typischerweise sehr schwer, ein numerisches Konvergenzkriterium anzugeben und die Konvergenz wird typischerweise durch Beurteilung des Benutzers bestimmt. Daher kann es sein, dass es nicht möglich ist, die Anzahl der äußeren Iterationen a priori festzulegen und dabei die Konvergenz der Regularisierungsparameter sicherzustellen. In diesen Fällen kann die äußere Schleife über die Schritte der Evidenzprozedur explizit implementiert werden, indem *'num_outer_iterations'* auf 1 gesetzt wird und `train_class_mlp` wiederholt aufgerufen wird. Dies hat den Vorteil, dass die A-Priori-Gewichte und das A-Priori-Rauschen nach jeder Iteration abgefragt werden und manuell auf Konvergenz überprüft werden können. Mit diesem Ansatz kann sogar nach jeder Iteration die Leistung des MLPs auf einem unabhängigen Testdatensatz überprüft werden, um die Generalisierungseigenschaften des Klassifikators zu überprüfen.

Falls für eine bestimmte Klasse von Anwendungen die Anzahl der äußeren Iterationen (näherungsweise) bestimmt worden ist, kann versucht werden, die Laufzeit des Trainings zu reduzieren (falls MLPs mit ähnlichen zukünftig trainiert werden sollen), indem *'num_inner_iterations'* und `GenParamValue` auf einen Wert > 1 gesetzt wird (die

Voreinstellung ist 1) und die Anzahl der äußeren Iterationen reduziert wird. Die Anzahl der äußeren Iterationen kann dabei aber typischerweise um denselben Faktor reduziert werden, wie die Anzahl der inneren Iterationen erhöht wird. Mit diesem Vorgehen kann eine optimale Laufzeit des Trainings erreicht werden. Dieses Vorgehen lohnt sich aber nur, falls viele MLPs mit ähnlichen Datensätzen trainiert werden sollen. Falls dies nicht der Fall ist, sollte *'num_inner_iterations'* auf 1 gelassen werden.

Die automatisch bestimmten A-Priori-Gewichte und das A-Priori-Rauschen können nach dem Training mit `get_regularization_params_class_mlp` abgefragt werden, indem `GenParamName` auf *'weight_prior'* bzw. auf *'noise_prior'* gesetzt wird.

Zusätzlich zu den A-Priori-Gewichten und dem A-Priori-Rauschen bestimmt die Evidenzprozedur eine Schätzung der Anzahl der Parameter des MLPs, die durch das Training anhand der Trainingsdaten eindeutig bestimmt werden können. Dieses Ergebnis kann mit `get_regularization_params_class_mlp` abgefragt werden, indem `GenParamName` auf *'num_well_determined_params'* gesetzt wird. Alternativ hierzu kann der Anteil der eindeutig bestimmbaren Parameter abgefragt werden, indem `GenParamName` auf *'fraction_well_determined_params'* gesetzt wird. Falls die Anzahl eindeutig bestimmbarer Parameter signifikant kleiner als n_w ist (wobei n_w die Anzahl der Gewichte des MLPs ist, wie im Abschnitt „Komplexität“ unten beschrieben) oder falls der Anteil der eindeutig bestimmbaren Parameter signifikant kleiner als 1 ist, sollte in Erwägung gezogen werden, die Anzahl der Einheiten in der versteckten Schicht zu reduzieren oder, falls sich die Anzahl der Einheiten in der versteckten Schicht nicht reduzieren lässt, ohne die Fehlerrate des MLPs signifikant zu erhöhen, eine Vorverarbeitung durchzuführen, die die Anzahl der Eingabevariablen reduziert, d.h. kanonische Merkmale oder eine Hauptachsentransformation.

Es ist zu beachten, dass die Anzahl der eindeutig bestimmbaren Parameter nur bestimmt werden kann, nachdem die A-Priori-Gewichten und das A-Priori-Rauschen bestimmt wurden. Dies ist der Grund, warum die Evidenzprozedur mit der Bestimmung der Regularisierungsparameter endet und nicht mit dem Training der MLP-Gewichte. Das MLP wird im Rahmen der Evidenzprozedur daher nicht mit den letzten Werten der Regularisierungsparameter trainiert. Dies sollte keine Auswirkung haben, sofern die Regularisierungsparameter konvergiert sind. Falls das Training mit einer Optimierung der MLP-Gewichte enden soll, wobei die letzten Werte der Regularisierungsparameter verwendet werden, kann *'num_outer_iterations'* auf 0 gesetzt werden und `train_class_mlp` noch einmal aufgerufen werden. Falls dies gemacht wird, ist zu beachten, dass sich die Anzahl der eindeutig bestimmbaren Parameter ändern kann und somit der von `get_regularization_params_class_mlp` zurückgelieferte Wert technisch gesehen inkonsistent ist.

Abgespeicherte Parameter

Es ist zu beachten, dass die Parameter *'num_outer_iterations'* und *'num_inner_iterations'* nur das Training des MLPs beeinflussen. Daher werden sie nicht gespeichert, wenn das MLP mit `write_class_mlp` oder `serialize_class_mlp` gespeichert wird. Sie müssen daher neu gesetzt werden, falls das MLP mit `read_class_mlp` oder `deserialize_class_mlp` wieder geladen wird und falls das Training unter der automatischen Bestimmung der Regularisierungsparameter fortgesetzt werden soll. Alle anderen oben beschriebenen Parameter (*'weight_prior'*, *'noise_prior'*, *'num_well_determined_params'* und *'fraction_well_determined_params'*) werden gespeichert.

Parameter

▷ **`MLPHandle`** (input_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
Handle des MLP.

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des zu setzenden Regularisierungsparameters.
Default: 'weight_prior'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'weight_prior', 'noise_prior', 'num_outer_iterations', 'num_inner_iterations'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
Wert des Regularisierungsparameters.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0.01, 0.1, 1.0, 10.0, 100.0, 0, 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20}

Beispiel

```
* This example shows how to determine the regularization parameters
* automatically without examining the convergence of the
* regularization parameters.
* Create the MLP.
```

```
create_class_mlp (NumIn, NumHidden, NumOut, 'softmax', \
                  'normalization', NumIn, 42, MLPHandle)
* Generate and add the training data
for J := 0 to NumData-1 by 1
    * Generate training features and classes.
    * Data = [...]
    * Class = [...]
    add_sample_class_mlp (MLPHandle, Data, Class)
endfor
* Set up the automatic determination of the regularization
* parameters.
set_regularization_params_class_mlp (MLPHandle, 'weight_prior', \
                                     [0.01,0.01,0.01,0.01])
set_regularization_params_class_mlp (MLPHandle, \
                                     'num_outer_iterations', 10)
* Train the MLP.
train_class_mlp (MLPHandle, 100, 1, 0.01, Error, ErrorLog)
* Read out the estimate of the number of well-determined
* parameters.
get_regularization_params_class_mlp (MLPHandle, \
                                     'fraction_well_determined_params', \
                                     FractionParams)
* If FractionParams differs substantially from 1, consider reducing
* NumHidden appropriately and consider performing a preprocessing that
* reduces the number of input variables to the net, i.e., canonical
* variates or principal components.
write_class_mlp (MLPHandle, 'classifier.mlp')



* This example shows how to determine the regularization parameters
* automatically while examining the convergence of the
* regularization parameters.
* Create the MLP.
create_class_mlp (NumIn, NumHidden, NumOut, 'softmax', \
                  'normalization', NumIn, 42, MLPHandle)
* Generate and add the training data.
for J := 0 to NumData-1 by 1
    * Generate training features and classes
    * Data = [...]
    * Class = [...]
    add_sample_class_mlp (MLPHandle, Data, Class)
endfor
* Set up the automatic determination of the regularization
* parameters.
set_regularization_params_class_mlp (MLPHandle, 'weight_prior', \
                                     [0.01,0.01,0.01,0.01])
set_regularization_params_class_mlp (MLPHandle, \
                                     'num_outer_iterations', 1)
for OuterIt := 1 to 10 by 1
    * Train the MLP
    train_class_mlp (MLPHandle, 100, 1, 0.01, Error, ErrorLog)
    * Read out the regularization parameters
    get_regularization_params_class_mlp (MLPHandle, 'weight_prior', \
                                         WeightPrior)
    * Inspect the regularization parameters manually for
    * convergence and exit the loop manually if they have
    * converged.
    * [...]
```

```
endfor
* Read out the estimate of the number of well-determined
* parameters.
get_regularization_params_class_mlp (MLPHandle,\
                                     'fraction_well_determined_params',\
                                     FractionParams)
* If FractionParams differs substantially from 1, consider reducing
* NumHidden appropriately and consider performing a preprocessing that
* reduces the number of input variables to the net, i.e., canonical
* variates or principal components.
write_class_mlp (MLPHandle, 'classifier.mlp')
```

Komplexität

Sei n_i die Anzahl der Eingabeeinheiten des MLPs (d.h. n_i = `NumHidden` oder n_i = `NumComponents`, je nachdem, auf welchen Wert `Preprocessing` gesetzt wurde, wie bei `create_class_mlp` beschrieben), n_h die Anzahl der Einheiten in der versteckten Schicht und n_o die Anzahl der Ausgabeeinheiten. Dann ist die Anzahl der Gewichte des MLPs gegeben durch $n_w = (n_i + 1)n_h + (n_h + 1)n_o$. Sei n_d die Anzahl der Trainingsmuster. Sei n_M die Anzahl der Iterationen, die mit `MaxIterations` in `train_class_mlp` gesetzt wird. Seien n_O und n_I die Anzahl der äußeren bzw. inneren Iterationen.

Die Laufzeit des Trainings ohne Regularisierung oder mit Regularisierung mit festen Regularisierungsparametern ist von der Komplexität $O(n_M n_w n_d)$. Im Gegensatz hierzu ist die Laufzeit des Trainings mit automatischer Bestimmung der Regularisierungsparameter von der Komplexität

$O(n_O n_M n_w n_d) + O(n_O n_w^2 n_d) + O(n_O n_w^3) + O(n_O n_I n_w^3)$.

Das Training ohne Regularisierung oder mit Regularisierung mit festen Regularisierungsparametern benötigt mindestens $48n_w + 24n_h n_d + 16n_o n_d$ Bytes Speicher. Das Training mit automatischer Bestimmung der Regularisierungsparameter benötigt mindestens $24n_w^2 + 48n_w + 72n_h n_d + 56n_o n_d$ Bytes Speicher. Unter speziellen Umständen werden weitere $24n_w^2 + 8n_w$ Bytes Speicher benötigt.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_regularization_params_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MLPHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_class_mlp`

Nachfolger

`get_regularization_params_class_mlp`, `train_class_mlp`

Literatur

David J. C. MacKay: „Bayesian Interpolation“; Neural Computation 4(3):415-447; 1992.

David J. C. MacKay: „A Practical Bayesian Framework for Backpropagation Networks“; Neural Computation 4(3):448-472; 1992.

David J. C. MacKay: „The Evidence Framework Applied to Classification Networks“; Neural Computation 4(5): 720-736; 1992.

David J. C. MacKay: „Comparison of Approximate Methods for Handling Hyperparameters“; Neural Computation 11(5):1035-1068; 1999.

Modul

Foundation

set_rejection_params_class_mlp (: : MLPHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen der Parameter einer Rückweisungsklasse.

set_rejection_params_class_mlp setzt die Parameter einer automatisch generierten Rückweisungsklasse innerhalb eines mehrschichtigen Perzeptrons (MLP), das in MLPHandle übergeben wurde. In einigen Anwendungen ist es erstrebenswert zu wissen, ob ein Merkmalsvektor ähnlich zu einem aus der Trainingsmenge ist. Falls ein Merkmalsvektor außerhalb der zur Verfügung stehenden Trainingsmenge liegt, soll er als eine spezielle Rückweisungsklasse klassifiziert werden. Das bedeutet, dass der Merkmalsvektor sich von dem Konfidenzbereich des Klassifikators unterscheidet. Falls man die Benutzung einer zusätzlichen Rückweisungsklasse beabsichtigt, muss eine zusätzliche Klasse beim Erzeugen des Klassifikators in create_class_mlp angegeben werden. Hier muss entsprechend der Parameter NumOutput um eins erhöht werden.

Der Parameter der Rückweisungsklasse werden mit GenParamName gewählt, der entsprechende Wert mit GenParamValue.

'rejection_class_index': Standardmäßig dient die letzte Klasse als Rückweisungsklasse. Falls eine andere Klasse benützt werden soll, muss GenParamName auf *'rejection_class_index'* und GenParamValue auf den Klassenindex gesetzt werden.

'sampling_strategy': Zur Zeit existieren drei Strategien, um Datensätze der Rückweisungsklasse zu erzeugen. Diese Strategien können durch Setzen von GenParamName auf *'sampling_strategy'* und GenParamValue auf *'hyperbox_around_all_classes'*, *'hyperbox_around_each_class'* oder *'hyperbox_ring_around_each_class'* gesetzt werden. Die Abtaststrategie *'hyperbox_around_all_classes'* nimmt das umschließende Rechteck um alle Trainingsdaten, die bisher angegeben wurden. Die Abtaststrategie *'hyperbox_around_each_class'* ist ähnlich, mit dem Unterschied, dass das umschließende Rechteck um jede Klasse einzeln erzeugt wird, aus dem dann die Rückweisungsdaten generiert werden. Die Abtaststrategie *'hyperbox_ring_around_each_class'* generiert Daten nur in dem vergrößerten Bereich um das umschließende Rechteck um jede Klasse, sozusagen nur einen Ring um die Originaldaten. Es ist zu beachten, dass mit steigender Dimensionalität die Abtaststrategien *'hyperbox_around_each_class'* und *'hyperbox_ring_around_each_class'* das gleiche Ergebnis liefern. Falls keine Rückweisungsklasse verwendet werden soll, was der Standardfall ist, muss GenParamValue auf *'no_rejection_class'* gesetzt werden.

'hyperbox_tolerance': Der Faktor *'hyperbox_tolerance'* beschreibt, um welchen das umschließende Rechteck in alle Dimensionen vergrößert werden soll. Innerhalb dieses Rechtecks werden zufällig Daten mit einer gleichverteilten Wahrscheinlichkeit erzeugt. Der Standartwert beträgt 0.2.

'rejection_sample_factor': Die Anzahl von Rückweisungsdaten ist die Anzahl von übergebenen Daten multipliziert mit *'rejection_sample_factor'*. Falls nicht genügend Daten erzeugt werden, wird die Rückweisungsklasse nicht korrekt klassifiziert. Falls die Rückweisungsklasse zu viele Daten enthält, werden normale Klassen als Rückweisungsklasse klassifiziert. Der Standardwert beträgt 1.0. Die Trainingsdauer wird um den Faktor $1 + f$ erhöht, wobei f der Wert aus *'rejection_sample_factor'* ist.

'random_seed': Um reproduzierbare Ergebnisse sicherzustellen, kann mit *'random_seed'* ein Anfangswert für den Zufallsgenerator gesetzt werden. Der Standardwert beträgt 42.

Da dieser Operator nur das Training des MLP parametrisiert, werden die Werte nicht mit write_class_mlp gespeichert.

Parameter

▷ **MLPHandle** (input_control) ..... class_mlp ⇝ *handle*
Handle des MLP.

▷ **GenParamName** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: 'sampling_strategy'
Werteliste: GenParamName ∈ {'sampling_strategy', 'hyperbox_tolerance', 'rejection_sample_factor', 'random_seed', 'rejection_class_index'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / real / integer
Wert des generischen Parameters.
Default: 'hyperbox_around_all_classes'
Werteliste: GenParamValue ∈ {'no_rejection_class', 'hyperbox_around_all_classes', 'hyperbox_around_each_class', 'hyperbox_ring_around_each_class'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_rejection_params_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MLPHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_class_mlp`

Nachfolger

`train_class_mlp`

Modul

Foundation

train_class_mlp (: : MLPHandle, MaxIterations, WeightTolerance, ErrorTolerance : Error, ErrorLog)

Trainieren eines mehrschichtigen Perzeptrons.

`train_class_mlp` trainiert das durch `MLPHandle` angegebene mehrschichtige Perzeptron (MLP). Bevor das MLP trainiert werden kann, müssen mit `add_sample_class_mlp` oder `read_samples_class_mlp` *alle* zum Training zu verwendenden Trainingsmuster in dem MLP abgespeichert werden. Falls nach dem Training neue zusätzliche Trainingsmuster zum Trainieren verwendet werden sollen, muss ein neues MLP mit `create_class_mlp` erzeugt werden, bei dem wiederum *alle* zum Training zu verwendenden Trainingsmuster (also die ursprünglichen und die zusätzlich zu verwendenden) abgespeichert werden. Hierbei empfiehlt sich die Verwendung von `write_samples_class_mlp` und `read_samples_class_mlp`. Ein Nachtrainieren mit neuen Trainingsmustern ist programmtechnisch zwar nicht verboten, führt aber typischerweise nicht zu guten Ergebnissen, da das Training eines MLP ein komplexes nichtlineares Optimierungsproblem ist, und das mehrmalige Trainieren mit neuen Trainingsdaten mit hoher Wahrscheinlichkeit dazu führt, dass die Optimierung in einem lokalen Minimum steckenbleibt.

Falls eine Rückweisungsklasse mittels `set_rejection_params_class_mlp` spezifiziert wurde, werden vor dem eigentlichen Training die Trainingsdaten für die Rückweisungsklasse erzeugt.

Beim Training wird der Fehler, den das MLP auf den gespeicherten Trainingsdaten erzielt, durch ein nichtlineares Optimierungsverfahren minimiert. Falls das MLP mittels `set_regularization_params_class_mlp` regularisiert wurde, wird ein zusätzlicher Gewichtsstrafterm berücksichtigt. Dadurch werden die bei `create_class_mlp` beschriebenen Gewichte des MLP bestimmt. Falls mittels `set_regularization_params_class_mlp` eine automatische Bestimmung der Regularisierungsparameter spezifiziert wurde, werden auch diese Parameter optimiert. Wie bei `set_regularization_params_class_mlp` beschrieben, benötigt das Training eines MLPs bei gleichzeitiger Bestimmung der Regularisierungsparameter signifikant mehr Zeit als das Training eines unregularisierten MLPs oder eines MLPs mit festen Regularisierungsparametern.

Als Startwerte werden die Gewichte von `create_class_mlp` auf zufällige Werte gesetzt, um mit hoher Wahrscheinlichkeit zu ermöglichen, dass die Optimierung zum globalen Minimum der Fehlerfunktion konvergiert. Nichtsdestotrotz kann es eventuell dazu kommen, dass mit den durch `RandSeed` in `create_class_mlp` festgelegten Werten ein relativ hoher Fehler als optimaler Wert bestimmt wird, d.h., dass die Optimierung in einem lokalen Minimum steckenbleibt. Falls vermutet werden kann, dass dies passiert ist, sollte ein neues Netz mit einem anderen Wert für `RandSeed` erzeugt werden, um zu überprüfen, ob ein signifikant kleinerer Fehler erzeugt werden kann.

Die Parameter MaxIterations, WeightTolerance und ErrorTolerance dienen der Steuerung des nichtlinearen Optimierungsverfahrens. Es ist zu beachten, dass diese Parameter sich auf ein Training innerhalb eines Schrittes der Evidenzprozedur beziehen, falls mittels set_regularization_params_class_mlp eine automatische Bestimmung der Regularisierungsparameter spezifiziert wurde. MaxIterations spezifiziert die maximale Anzahl von Iterationen des Optimierungsverfahrens. In der Praxis sollten Werte zwischen *100* und *200* ausreichend für die meisten Probleme sein. WeightTolerance spezifiziert eine Schwelle für die Änderung der Gewichte pro Iteration. Dabei wird der Betrag der Änderung der Gewichte aufsummiert. Dieser Wert hängt also von der Anzahl der Gewichte im MLP und der Größe der Gewichte ab, welche wiederum von der Skalierung der Eingabedaten abhängt. Typischerweise sollten hier Werte zwischen *0.00001* und *1* vorgegeben werden. ErrorTolerance spezifiziert eine Schwelle für die Änderung des Fehlerwertes pro Iteration. Hier hängt der Wert von der Anzahl der Trainingsdaten und der Anzahl der Ausgabevariablen ab. Auch hier sollten typischerweise Werte zwischen *0.00001* und *1* vorgegeben werden. Die Optimierung wird beendet, falls die Gewichtsänderung in einer Iteration unter WeightTolerance und die Änderung des Fehlers unter ErrorTolerance liegt. Spätestens nach MaxIterations Iterationen wird die Optimierung aber auf jeden Fall beendet. Es ist zu beachten, dass je nach Größe des MLP und der Anzahl der Trainingsmuster das Trainieren zwischen wenigen Sekunden und einigen Stunden dauern kann.

Als Ausgabe liefert train_class_mlp in Error den Fehler mit den optimalen Gewichten des MLP auf den Trainingsdaten zurück. Außerdem wird in ErrorLog der Fehler des MLP pro Iteration zurückgeliefert. Somit ist Error der letzte Wert von ErrorLog. Der Verlauf des Fehlers in ErrorLog kann dazu verwendet werden, zu entscheiden, ob ein nochmaliges Training des MLP mit train_class_mlp mit denselben Trainingsdaten ohne das MLP neu zu erzeugen sinnvoll ist. Als Funktion betrachtet sollte ErrorLog am Anfang steil abfallen und zum Ende hin sehr flach werden. Falls ErrorLog am Ende noch relativ steil ist, ist normalerweise ein erneuter Aufruf von train_class_mlp sinnvoll. Es ist zu beachten, dass dieser Mechanismus *nicht* dazu verwendet werden sollte, das MLP jeweils mit MaxIterations = *1* (oder anderen sehr kleinen Werten von MaxIterations) zu trainieren, da dadurch die Anzahl der nötigen Iterationen erheblich steigt. Falls mittels set_regularization_params_class_mlp eine automatische Bestimmung der Regularisierungsparameter spezifiziert wurde, beziehen sich Error und ErrorLog auf das letzte Training, das innerhalb der Evidenzprozedur ausgeführt wurde. Falls der Fehlerverlauf innerhalb der einzelnen Iterationen der Evidenzprozedur beobachtet werden soll, muss die äußere Iteration der Evidenzprozedur explizit, wie bei set_regularization_params_class_mlp beschrieben, implementiert werden.

Parameter

- ▷ **MLPHandle** (input_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
  Handle des MLP.
- ▷ **MaxIterations** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Maximale Anzahl von Iterationen des Optimierungsverfahrens.
  Default: 200
  Wertevorschläge: MaxIterations ∈ {20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280, 300}
- ▷ **WeightTolerance** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Schwellenwert für den Unterschied der Gewichte des MLP zwischen zwei Iterationen des Optimierungsverfahrens.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: WeightTolerance ∈ {1.0, 0.1, 0.01, 0.001, 0.0001, 0.00001}
  Restriktion: WeightTolerance >= 1.0e-8
- ▷ **ErrorTolerance** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Schwellenwert für den Unterschied des mittleren Fehlers des MLP auf den Trainingsdaten zwischen zwei Iterationen des Optimierungsverfahrens.
  Default: 0.01
  Wertevorschläge: ErrorTolerance ∈ {1.0, 0.1, 0.01, 0.001, 0.0001, 0.00001}
  Restriktion: ErrorTolerance >= 1.0e-8
- ▷ **Error** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Mittlerer Fehler des MLP auf den Trainingsdaten.
- ▷ **ErrorLog** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Mittlerer Fehler des MLP auf den Trainingsdaten pro Iteration des Optimierungsverfahrens.

Beispiel

```
* Train an MLP
```

```
create_class_mlp (NumIn, NumHidden, NumOut, 'softmax', \
                  'normalization', 1, 42, MLPHandle)
read_samples_class_mlp (MLPHandle, 'samples.mtf')
train_class_mlp (MLPHandle, 100, 1, 0.01, Error, ErrorLog)
write_class_mlp (MLPHandle, 'classifier.mlp')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `train_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Falls `train_class_mlp` den Fehler 9211 (Matrix ist nicht positiv definit) bei `Preprocessing` = *'canonical_variates'* zurückliefert, bedeutet dies typischerweise, dass für die verschiedenen Klassen zu wenige Trainingsmuster gespeichert worden sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MLPHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`add_sample_class_mlp`, `read_samples_class_mlp`, `set_regularization_params_class_mlp`

Nachfolger

`evaluate_class_mlp`, `classify_class_mlp`, `write_class_mlp`, `create_class_lut_mlp`

Alternativen

`train_dl_model_batch`, `read_class_mlp`

Siehe auch

`create_class_mlp`

Literatur

Christopher M. Bishop: „Neural Networks for Pattern Recognition“; Oxford University Press, Oxford; 1995.

Andrew Webb: „Statistical Pattern Recognition“; Arnold, London; 1999.

Modul

Foundation

write_class_mlp (: : MLPHandle, FileName :)

Abspeichern eines mehrschichtigen Perzeptrons in Datei.

`write_class_mlp` speichert das mehrschichtige Perzeptron (MLP) `MLPHandle` in der Datei `FileName` ab. Die Dateiendung für den MLP-Klassifikator ist in HALCON 'gmc'. `write_class_mlp` wird typischerweise aufgerufen, nachdem das MLP mit `train_class_mlp` trainiert wurde. Das MLP kann mit `read_class_mlp` wieder eingelesen werden. `write_class_mlp` speichert *nicht* die im MLP eventuell abgespeicherten Trainingsmuster ab. Dazu ist `write_samples_class_mlp` zu verwenden.

Parameter

▷ **MLPHandle** (input_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
Handle des MLP.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.gmc`

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `write_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`train_class_mlp`

Nachfolger

`clear_class_mlp`

Siehe auch

`create_class_mlp`, `read_class_mlp`, `write_samples_class_mlp`

Modul

Foundation

`write_samples_class_mlp` (: : MLPHandle, FileName :)

Abspeichern der Trainingsdaten eines mehrschichtigen Perzeptrons in Datei.

`write_samples_class_mlp` speichert die in dem mehrschichtigen Perzeptron (MLP) `MLPHandle` abgespeicherten Trainingsmuster in der Datei `FileName` ab. `write_samples_class_mlp` kann dazu verwendet werden, eine Datenbank mit Trainingsmustern aufzubauen, und somit durch erneutes Trainieren mit einer erweiterten Datenbank die Leistung des MLP zu verbessern (siehe `train_class_mlp`). Für weitere mögliche Verwendungen von `write_samples_class_mlp` siehe `get_prep_info_class_mlp`.

Die Datei `FileName` wird von `write_samples_class_mlp` überschrieben. Eine Erweiterung der Datenbank der Trainingsmuster ist aber einfach möglich, da `read_samples_class_mlp` und `add_sample_class_mlp` die Trainingsmuster zu den bereits im Speicher des MLP gehaltenen Trainingsmustern hinzufügen.

Parameter

▷ **`MLPHandle`** (input_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
Handle des MLP.

▷ **`FileName`** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `write_samples_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`add_sample_class_mlp`

Nachfolger

`clear_samples_class_mlp`

Siehe auch

`create_class_mlp`, `get_prep_info_class_mlp`, `read_samples_class_mlp`

Modul

Foundation

16.5 Sonstiges

add_sample_class_train_data (: : ClassTrainDataHandle, Order, Features, ClassID :)

Hinzufügen neuer Merkmalsvektoren zu Trainingsdaten.

add_sample_class_train_data fügt neue Merkmalsvektoren zu den Trainingsdaten ClassTrainDataHandle hinzu. Die neuen Merkmalsvektoren werden in Features mit der zugehörigen Klasse in ClassID übergeben. Features hat die Länge NumDim, die beim Anlegen der Trainingsdaten mit z.B. create_class_train_data angegeben wurde. Es kann mehr als ein Merkmalsvektor auf einmal hinzugefügt werden. In diesem Fall legt der Parameter Order die Reihenfolge fest, in der die Werte in Features angeordnet sind. Wenn Order auf *'row'* gesetzt ist, werden die Merkmalsvektoren zeilenweise angegeben (erst der erste Merkmalsvektor, dann der Zweite, usw). Wenn Order auf *'column'* gesetzt ist, wird angenommen, dass zuerst alle Werte der ersten Dimension für alle Merkmalsvektoren angegeben werden, und erst dann die zweite Dimension, usw. Der dritte mögliche Modus in Order ist *'feature_column'*. Dieser Modus erwartet zusammengehörige Merkmale (siehe set_feature_lengths_class_train_data) zeilenweise aufeinander folgend, d.h. zuerst kommen alle Werte des ersten Merkmals mit seiner entsprechenden Länge für alle Merkmalsvektoren, dann folgt entsprechend das zweite Merkmal, usw.

Parameter

- ▷ **ClassTrainDataHandle** (input_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
  Handle der Trainingsdaten.
- ▷ **Order** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Die Reihenfolge des Merkmalsvektor.
  Default: 'row'
  Werteliste: Order ∈ {'row', 'column', 'feature_column'}
- ▷ **Features** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
  Merkmalsvektor.
- ▷ **ClassID** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Klasse des Merkmalsvektors.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert add_sample_class_train_data den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ClassTrainDataHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_class_train_data

Nachfolger

add_class_train_data_svm, add_class_train_data_knn, add_class_train_data_gmm, add_class_train_data_mlp

Siehe auch

create_class_train_data

Modul

Foundation

clear_class_train_data (: : ClassTrainDataHandle :)

Löscht Trainingsdaten.

clear_class_train_data löscht die Trainingsdaten die mit ClassTrainDataHandle übergeben wurden. Nach dem Aufruf von clear_class_train_data, ist ClassTrainDataHandle ungültig.

Parameter

▷ **ClassTrainDataHandle** (input_control) ..... class_train_data ⇝ *handle*
Handle von Trainingsdaten.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert clear_class_train_data den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ClassTrainDataHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_class_train_data

Siehe auch

create_class_train_data

Modul

Foundation

create_class_train_data (: : NumDim : ClassTrainDataHandle)

Erzeugen eines Handles für Trainingsdaten für Klassifikatoren.

create_class_train_data erzeugt ein Handle für Trainingsdaten für Klassifikatoren. Das Handle wird in ClassTrainDataHandle zurückgegeben. Die Länge der Merkmalsvektoren muss hier mit Hilfe von NumDim festgelegt werden.

Parameter

▷ **NumDim** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
Länge eines Merkmalsvektors in den Trainingsdaten.
Default: 10

▷ **ClassTrainDataHandle** (output_control) ..... class_train_data ⇝ *handle*
Handle der Trainingsdaten.

Beispiel

```
* Find out which of the two features distinguishes two Classes
NameFeature1 := 'Good Feature'
NameFeature2 := 'Bad Feature'
LengthFeature1 := 3
LengthFeature2 := 2
* Create training data
create_class_train_data (LengthFeature1+LengthFeature2,\
```

```
  ClassTrainDataHandle)
* Define the features which are in the training data
set_feature_lengths_class_train_data (ClassTrainDataHandle, [LengthFeature1,\
  LengthFeature2], [NameFeature1, NameFeature2])
* Add training data
*                                                          |Feat1| |Feat2|
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [1,1,1,  2,1  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,2,2,  2,1  ], 1)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [1,1,1,  3,4  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,2,2,  3,4  ], 1)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [0,0,1,  5,6  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,3,2,  5,6  ], 1)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [0,0,1,  5,6  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,3,2,  5,6  ], 1)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [0,0,1,  5,6  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,3,2,  5,6  ], 1)
* Add more data
* ...
* Select the better feature with the classifier of your choice
select_feature_set_knn (ClassTrainDataHandle, 'greedy', [], [], KNNHandle,\
  SelectedFeature, Score)
select_feature_set_svm (ClassTrainDataHandle, 'greedy', [], [], SVMHandle,\
  SelectedFeature, Score)
select_feature_set_mlp (ClassTrainDataHandle, 'greedy', [], [], MLPHandle,\
  SelectedFeature, Score)
select_feature_set_gmm (ClassTrainDataHandle, 'greedy', [], [], GMMHandle,\
  SelectedFeature, Score)
* Use the classifier
* ...
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_class_train_data` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`add_sample_class_knn`, `train_class_knn`

Alternativen

`create_class_svm`, `create_class_mlp`

Siehe auch

`select_feature_set_knn`, `read_class_knn`

Modul

Foundation

deserialize_class_train_data (: : SerializedItemHandle : ClassTrainDataHandle)

Deserialisiert Trainingsdaten für Klassifikatoren.

deserialize_class_train_data deserialisiert Trainingsdaten für Klassifikatoren, welche mit serialize_class_train_data serialisiert wurden (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Die serialisierten Trainingsdaten werden in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten Handle ClassTrainDataHandle gespeichert.

Parameter

- ▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.
- ▷ **ClassTrainDataHandle** (output_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
  Handle der Trainingsdaten.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_class_train_data den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

serialize_class_train_data

Nachfolger

fwrite_serialized_item

Siehe auch

create_class_train_data

Modul

Foundation

get_sample_class_train_data (: : ClassTrainDataHandle,
IndexSample : Features, ClassID)

Gibt einen bestimmten Merkmalsvektor aus Trainingsdaten zurück.

get_sample_class_train_data gibt einen durch IndexSample bestimmten Merkmalsvektor aus den Trainingsdaten ClassTrainDataHandle zurück. Der Merkmalsvektor muss vorher z.B. durch add_sample_class_train_data hinzugefügt worden sein. Der Index der in IndexSample angegeben wird, muss zwischen 0 und der Anzahl an verfügbaren Merkmalsvektoren liegen. Als Ergebnis enthält Features den Merkmalsvektor und ClassID die zugehörige Klasse.

Parameter

- ▷ **ClassTrainDataHandle** (input_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
  Trainingsdaten.
- ▷ **IndexSample** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Index des Merkmalsvektors.
- ▷ **Features** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Merkmalsvektor.
- ▷ **ClassID** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Klasse des Merkmalsvektors.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_sample_class_train_data den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

add_sample_class_train_data

Siehe auch

create_class_train_data

Modul

Foundation

get_sample_num_class_train_data (: : ClassTrainDataHandle : NumSamples)

Gibt die Anzahl der verfügbaren Merkmalsvektoren in Trainingsdaten zurück.

get_sample_num_class_train_data gibt in NumSamples die Anzahl an verfügbaren Merkmalsvektoren in den Trainingsdaten ClassTrainDataHandle zurück.

Parameter

- ▷ **ClassTrainDataHandle** (input_control) ..... class_train_data ⇝ *handle*
  Handle der Trainingsdaten.
- ▷ **NumSamples** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der verfügbaren Merkmalsvektoren.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_sample_num_class_train_data den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

add_sample_class_train_data

Nachfolger

get_sample_class_train_data

Siehe auch

create_class_train_data

Modul

Foundation

read_class_train_data (: : FileName : ClassTrainDataHandle)

Lesen von Trainingsdaten aus einer Datei.

read_class_train_data liest die gespeicherten Trainingsdaten aus der Datei FileName (siehe write_class_train_data). Die Dateiendung für Trainingsdaten in HALCON ist 'ctd'.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Dateiname der Trainingsdaten.
Dateiendung: .ctd

▷ **ClassTrainDataHandle** (output_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
Handle der Trainingsdaten.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert read_class_train_data den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Siehe auch

create_class_train_data, write_class_train_data

Modul

Foundation

select_sub_feature_class_train_data (: : ClassTrainDataHandle, SubFeatureIndices : SelectedClassTrainDataHandle)

Wählt eine Untermenge der definierten Merkmale in Trainingsdaten aus.

select_sub_feature_class_train_data wählt eine Untermenge der definierten Merkmale in den Trainingsdaten ClassTrainDataHandle aus in gibt diese Untermenge wieder als neue Trainingsdaten in SelectedClassTrainDataHandle zurück. Die Untermenge kann mit SubFeatureIndices angegeben werden. Wurde set_feature_lengths_class_train_data zuvor noch nicht aufgerufen, werden standardmäßig die einzelnen Spalten als Merkmal betrachtet und man kann diese über eine Liste mit Indizes auswählen.

Durch einen vorherigen Aufruf von set_feature_lengths_class_train_data kann eine Gruppierung definiert werden, die mehrere benachbarte Spalten gruppieren kann. War das der Fall, werden statt Spalten diese Gruppen indiziert und durch Angabe der entsprechenden Indizes ausgewählt. Sollten zusätzlich Namen für diese Gruppen angegeben worden sein, können diese ebenfalls verwendet werden, um einzelne Gruppen auszuwählen.

Parameter

▷ **ClassTrainDataHandle** (input_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
Trainingsdaten.

▷ **SubFeatureIndices** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *integer* / string
Indizes oder Namen um Untermerkmale auszuwählen.

▷ **SelectedClassTrainDataHandle** (output_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
Ausgewählte Untermenge der Trainingsdaten.

Beispiel

```
* Find out which of the two features distinguishes two Classes
NameFeature1 := 'Good Feature'
NameFeature2 := 'Bad Feature'
LengthFeature1 := 3
LengthFeature2 := 2
* Create training data
```

```
create_class_train_data (LengthFeature1+LengthFeature2,\
                         ClassTrainDataHandle)
* Define the features which are in the training data
set_feature_lengths_class_train_data (ClassTrainDataHandle, [LengthFeature1,\
                           LengthFeature2], [NameFeature1, NameFeature2])
* Add training data
*                                                          |Feat1| |Feat2|
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [1,1,1,  2,1  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,2,2,  2,1  ], 1)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [1,1,1,  3,4  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,2,2,  3,4  ], 1)
* Add more data
* ...
* Select one of the features
select_sub_feature_class_train_data (ClassTrainDataHandle, NameFeature1, \
                                     SelectedClassTrainDataHandle)
* Add training data to a classifier
create_class_knn (LengthFeature1, KNNHandle)
add_class_train_data_knn (KNNHandle, SelectedClassTrainDataHandle)
train_class_knn (KNNHandle, [], [])
* Use the classifier
* ...
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `select_sub_feature_class_train_data` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_class_train_data`, `add_sample_class_train_data`, `set_feature_lengths_class_train_data`

Nachfolger

`add_class_train_data_gmm`, `add_class_train_data_mlp`, `add_class_train_data_svm`, `add_class_train_data_knn`

Modul

Foundation

`serialize_class_train_data` (`: : ClassTrainDataHandle : SerializedItemHandle`)

Serialisiert Trainingsdaten für Klassifikatoren.

`serialize_class_train_data` serialisiert Trainingsdaten für Klassifikatoren (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von `write_class_train_data` in eine Datei geschrieben werden. Die Trainingsdaten werden mit dem Handle `ClassTrainDataHandle` angegeben. Die serialisierten Trainingsdaten werden in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und können mit `deserialize_class_train_data` wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **ClassTrainDataHandle** (input_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
Handle der Trainingsdaten.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_class_train_data` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`deserialize_class_train_data`

Siehe auch

`create_class_train_data`, `read_class_train_data`

Modul

Foundation

set_feature_lengths_class_train_data (: : ClassTrainDataHandle, SubFeatureLength, Names :)

Definiert benachbarte Spalten in Trainingsdaten als zusammengehörige Merkmalsgruppen.

`set_feature_lengths_class_train_data` definiert benachbarte Spalten in den Trainingsdaten `ClassTrainDataHandle` als zusammengehörige Merkmale. Es können dafür die Längen der jeweiligen Merkmalsgruppen mit `SubFeatureLength` angegeben werden. Das bedeutet, dass die Summe aller Werte in `SubFeatureLength` der Anzahl der Spalten in den Trainingsdaten entsprechen muss. Die Anzahl der Spalten wird beim Aufruf von `create_class_train_data` im Parameter `NumDim` angegeben. Zusätzlich zu den Gruppierungen kann für jede Gruppierung ein Name in `Names` angegeben werden.

Beispielsweise kann dieser Operator nützlich sein um das folgende Problem zu beschreiben: Es sind zwei verschiedene Datenquellen für ein bestimmtes Klassifikationsproblem verfügbar, beide liefern pro Beobachtung einen Vektor einer bestimmten Länge, z.B. liefert die erste Datenquelle Vektoren der Länge n und die andere Datenquelle Vektoren der Länge m. Um zu entscheiden, welche der Datenquellen nützlich für das Klassifikationsproblem ist, sollte man Trainingsdaten dieser zwei Quellen folgendermaßen erzeugen: man sollte `create_class_train_data` mit `NumDim` $= n + m = w$ aufrufen. Anschließend sollte `set_feature_lengths_class_train_data` aufgerufen werden mit den Werten *[n,m]* für `SubFeatureLength` und *[Name1, Name2]* in `Names`. Anschließend können den Trainingsdaten zugeordnete Daten aus beiden Datenquellen (Länge des Merkmalsvektors: w, zuerst das erste Feature der Länge n dann das zweite Feature der Länge m) mit Hilfe von `add_sample_class_train_data` hinzugefügt werden. Dann können Operatoren wie `select_feature_set_knn` oder `select_feature_set_svm` aufgerufen werden. Das Ergebnis dieser Operatoren wäre dann entweder *[Name1]*, falls die erste Datenquelle alleine ausreicht *[Name2]*, falls die zweite Datenquelle alleine ausreicht, oder *[Name1, Name2]* wenn beide Datenquellen benötigt werden.

Parameter

▷ **ClassTrainDataHandle** (input_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
Trainingsdaten.

▷ **SubFeatureLength** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *integer*
Längen den Merkmalsgruppen.

▷ **Names** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der Merkmalsgruppen.

Beispiel

```
* Find out which of the two features distinguishes two Classes
NameFeature1 := 'Good Feature'
NameFeature2 := 'Bad Feature'
LengthFeature1 := 3
LengthFeature2 := 2
* Create training data
create_class_train_data (LengthFeature1+LengthFeature2,\
  ClassTrainDataHandle)
* Define the features which are in the training data
set_feature_lengths_class_train_data (ClassTrainDataHandle, [LengthFeature1,\
  LengthFeature2], [NameFeature1, NameFeature2])
* Add training data
*                                                          |Feat1| |Feat2|
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [1,1,1,  2,1  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,2,2,  2,1  ], 1)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [1,1,1,  3,4  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,2,2,  3,4  ], 1)
* Add more data
* ...
* Select the better feature
select_feature_set_knn (ClassTrainDataHandle, 'greedy', [], [], KNNHandle,\
  SelectedFeature, Score)
classify_class_knn (KNNHandle, [1,1,1], Result, Rating)
classify_class_knn (KNNHandle, [2,2,2], Result, Rating)
* Use the classifier
* ...
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_feature_lengths_class_train_data` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ClassTrainDataHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_class_train_data`, `add_sample_class_train_data`

Nachfolger

`select_feature_set_knn`, `select_feature_set_svm`, `select_feature_set_mlp`, `select_feature_set_gmm`

Modul

Foundation

`write_class_train_data` (: : ClassTrainDataHandle, FileName :)

Schreibt Trainingsdaten für Klassifikatoren in eine Datei.

write_class_train_data schreibt die Trainingsdaten für Klassifikatoren ClassTrainDataHandle in die Datei FileName. Die Trainingsdaten können mit read_class_train_data gelesen werden. Die Dateiendung für Trainingsdaten in HALCON ist 'ctd'.

Parameter

▷ **ClassTrainDataHandle** (input_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
Handle der Trainingsdaten.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der Datei, in die die Trainingsdaten geschrieben werden.
Dateiendung: .ctd

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert write_class_train_data den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

create_class_train_data, read_class_train_data

Modul

Foundation

16.6 Support-Vektor-Maschinen

add_class_train_data_svm (: : SVMHandle, ClassTrainDataHandle :)

Hinzufügen von Trainingsdaten zu einer Support-Vektor-Maschine (SVM).

add_class_train_data_svm fügt die Trainingsdaten ClassTrainDataHandle zu einer Support-Vektor-Maschine (SVM), gegeben durch SVMHandle, hinzu.

Parameter

▷ **SVMHandle** (input_control) . . . . . class_svm ⇝ *handle*
Handle einer SVM.

▷ **ClassTrainDataHandle** (input_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
Handle der Trainingsdaten für den Klassifikator.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert add_class_train_data_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SVMHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_class_svm, create_class_train_data

Nachfolger

get_sample_class_svm

Alternativen

add_sample_class_svm

Siehe auch

create_class_svm

Modul

Foundation

add_sample_class_svm (: : SVMHandle, Features, Class :)

Hinzufügen eines Trainingsmusters zu den Trainingsdaten einer Support-Vektor-Maschine.

add_sample_class_svm fügt ein Trainingsmuster zu der durch SVMHandle gegebenen Support-Vektor-Maschine (SVM) hinzu. Das Trainingsmuster wird durch Features und Class beschrieben. Features ist der Merkmalsvektor des Musters und muss folglich die Länge NumFeatures besitzen, die in create_class_svm angegeben worden ist. Class kodiert die Klassenzugehörigkeit und muss Werte von 0 bis NumClasses-1 enthalten (siehe create_class_svm). Im Spezialfall von *'novelty-detection'* muss die Klasse mit *0* übergeben werden, da nur eine Klasse angenommen wird. Bevor das SVM mit train_class_svm trainiert werden kann, müssen Trainingsmuster mit add_sample_class_svm zum SVM hinzugefügt werden. Das Verwenden von Support-Vektoren einer bereits trainierten SVM als Trainingsdaten wird in train_class_svm beschrieben.

Die Anzahl der abgespeicherten Trainingsmuster kann mit get_sample_num_class_svm abgefragt werden. Einzelne Trainingsmuster können mit get_sample_class_svm wieder ausgelesen werden.

Im Normalfall ist es günstig, die Trainingsmuster mit write_samples_class_svm in eine Datei zu speichern, damit sie wiederverwendet werden können, und damit bei Bedarf neue Trainingsmuster zum Datensatz hinzugefügt werden können und eine *neu erzeugte* SVM mit dem erweiterten Datensatz trainiert werden kann.

Parameter

- ▷ **SVMHandle** (input_control) ..... class_svm ⇝ *handle*
  Handle der SVM.
- ▷ **Features** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Merkmalsvektor des zu speichernden Trainingsmusters.
- ▷ **Class** (input_control) ..... number ⇝ *integer* / real
  Klasse des zu speichernden Trainingsmusters.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, liefert add_sample_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SVMHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_class_svm

Nachfolger

train_class_svm, write_samples_class_svm, get_sample_num_class_svm, get_sample_class_svm

Alternativen

read_samples_class_svm

Siehe auch

clear_samples_class_svm, get_support_vector_class_svm

Modul

Foundation

classify_class_svm (: : SVMHandle, Features, Num : Class)

Berechnen der Klasse eines Merkmalsvektors durch eine Support-Vektor-Maschine.

classify_class_svm berechnet mit dem durch SVMHandle gegebene Support-Vektor-Maschine (SVM) die Num besten Klassen des Merkmalsvektors Features und gibt die Klassen in Class zurück. Falls der Klassifikator im Mode = *'one-versus-one'* erzeugt wurde, werden die Klassen nach der Anzahl der Stimmen der Sub-Klassifikatoren sortiert. Im Mode = *'one-versus-all'* erfolgt die Sortierung nach dem Ausgabewert der Unter-Klassifikatoren (siehe create_class_svm). Falls der Klassifikator im Mode = *'novelty-detection'* erzeugt wurde, wird nur darüber entschieden, ob der Merkmalsvektor zu der Trainingsklasse gehört oder als Ausreißer angesehen wird. In diesem Fall bedeutet ein Ausgabewert von Class = 0, dass die Klasse als von der Trainingsmenge abweichend betrachtet wird. Ein Wert von Class = 1 bedeutet, dass der Merkmalsvektor aus der gleichen Verteilung wie die Trainingsdaten stammt. In diesem Fall wird Num auf 1 gesetzt, da der Klassifikator nur die Zugehörigkeit zu einer Klasse testet.

Die SVM muss vor der Verwendung von classify_class_svm mit train_class_svm trainiert werden.

Parameter

- ▷ **SVMHandle** (input_control) ..... class_svm ⇝ *handle*
  Handle der SVM.
- ▷ **Features** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Merkmalsvektor.
- ▷ **Num** (input_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Anzahl der zu bestimmenden besten Klassen.
  Default: 1
  Wertevorschläge: Num ∈ {1, 2, 3, 4, 5}
- ▷ **Class** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Ergebnis der Klassifikation des Merkmalsvektors durch die SVM.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert classify_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

train_class_svm, read_class_svm

Alternativen

apply_dl_model

Siehe auch

create_class_svm

Literatur

John Shawe-Taylor, Nello Cristianini: „Kernel Methods for Pattern Analysis“; Cambridge University Press, Cambridge; 2004.

Bernhard Schölkopf, Alexander J.Smola: „Learning with Kernels“; MIT Press, London; 1999.

Modul

Foundation

clear_class_svm (: : SVMHandle :)

Löschen einer Support-Vektor-Maschine.

clear_class_svm löscht die Support-Vektor-Maschine (SVM), die durch SVMHandle angegeben wird, und gibt sämtlichen für die SVM benötigten Speicher frei. Die SVM kann nach dem Aufruf von clear_class_svm nicht mehr verwendet werden. Der Handle SVMHandle ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **SVMHandle** (input_control) ..... class_svm(-array) ⇝ *handle*
Handle der SVM.

Ergebnis

Falls SVMHandle korrekt ist, dann liefert clear_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SVMHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

classify_class_svm

Siehe auch

create_class_svm, read_class_svm, write_class_svm, train_class_svm

Modul

Foundation

clear_samples_class_svm (: : SVMHandle :)

Löschen aller Trainingsdaten einer Support-Vektor-Maschine.

clear_samples_class_svm löscht alle mit add_sample_class_svm oder read_samples_class_svm zur Support-Vektor-Maschine (SVM) SVMHandle hinzugefügten Trainingsmuster. Eine Verwendung von clear_samples_class_svm ist nur dann sinnvoll, wenn die SVM in demselben Prozess trainiert wird, in dem die SVM auch zur Klassifikation mit classify_class_svm verwendet wird. In diesem Fall kann der durch die Trainingsmuster belegte Speicher mit clear_samples_class_svm wieder freigegeben werden und somit Speicherplatz gespart werden. In der üblichen Verwendungsart, in der die SVM offline trainiert wird und mit write_class_svm gespeichert wird, ist die Verwendung von clear_samples_class_svm normalerweise überflüssig, da write_class_svm die Trainingsmuster nicht abspeichert, und somit im Online-Prozess, der die SVM mit read_class_svm einliest, auch kein Speicher für die Trainingsmuster benötigt wird.

Parameter

▷ **SVMHandle** (input_control) ..... class_svm(-array) ⇝ *handle*
Handle der SVM.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, liefert clear_samples_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SVMHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`train_class_svm`, `write_samples_class_svm`

Siehe auch

`create_class_svm`, `clear_class_svm`, `add_sample_class_svm`, `read_samples_class_svm`

Modul

Foundation

`create_class_svm` (: : `NumFeatures`, `KernelType`, `KernelParam`, `Nu`, `NumClasses`, `Mode`, `Preprocessing`, `NumComponents` : `SVMHandle`)

Erzeugen einer Support-Vektor-Maschine zur Klassifikation von Mustern.

`create_class_svm` erzeugt eine Support-Vektor-Maschine, welche zur Klassifikation von Mustern verwendet werden kann. Die Dimension, aus denen ein Muster besteht, wird mit `NumFeatures`, die Anzahl der verschiedenen Klassen mit `NumClasses` angegeben.

Für ein binäres Klassifikationsproblem, in dem die Klassen linear separierbar sind, werden aus einem gegebenen Trainingsdatensatz die Merkmalsvektoren ausgewählt, die die optimal trennende Hyperebene zwischen den verschieden Klassen aufspannen. Optimal bedeutet hier, dass der Abstand zwischen den konvexen Hüllen der jeweiligen Datensätze maximal wird. Die Merkmalsvektoren, die am Rand liegen und die Hyperebene implizit aufspannen, werden *Support-Vektoren* (SV) genannt.

Die Klassifikation eines neuen Merkmalsvektors z erfolgt mit der Formel:

$$f(z) \quad = \quad sign\left(\sum_{i=1}^{n_{sv}} \alpha_i y_i < x_i, z > +b\right)$$

Dabei sind x_i die Support-Vektoren, y_i kodiert ihre jeweilige Klassenzugehörigkeit (± 1) und α_i sind die Gewichtskoeffizienten. Mit b wird der Abstand der Hyperebene zum Ursprung bezeichnet. α und b werden während des Trainings mit `train_class_svm` bestimmt. Hierbei ist anzumerken, dass für die Klassifikation nur ein Bruchteil des originalen Datensatzes benötigt wird (n_{sv}: Anzahl der Support-Vektoren), der genau an der Hyperebene liegt. Deshalb werden die Datenvektoren, die keine Support-Vektoren sind, verworfen. Die Klassifikationsgeschwindigkeit hängt von der Auswertung des Skalarproduktes zwischen den Support-Vektoren und dem zu klassifizierenden Merkmalsvektor ab, und somit von der Länge des Merkmalsvektors und der Anzahl n_{sv} der Support-Vektoren.

Für Klassifikationsprobleme, bei denen die Klassen nicht linear separierbar sind, wird der Algorithmus in zweierlei Art erweitert. Erstens wird ein bestimmter Anteil von Fehlern (Überlappungen) durch die Verwendung von Schlupfvariablen innerhalb des Trainings ausgeglichen. Das bedeutet, dass die Gewichte (α) einen maximalen Wert nicht übersteigen. Um intuitiv die Anzahl von Überlappungen einzustellen, wird die als *Nu*-SVM bezeichnete Variante des Trainingsalgorithmus verwendet. Der Regularisierungsparameter `Nu` stellt eine obere Schranke für Trainingsfehler und eine untere Schranke für den Anteil von SV dar. Als Faustregel empfiehlt es sich, einen Wert für `Nu` einzustellen, der den Anteil der anwendungsspezifisch erwarteten Fehler entspricht, z.B. *0.01* (entsprechend 1% maximalem Trainingsfehler). Es ist zu beachten, dass ein zu großer Wert für `Nu` zu einem unzulässigen Trainingsproblem führen kann, und somit die SVM nicht trainiert werden kann (siehe `train_class_svm` für Details). Da dies aber erst während des Trainings festgestellt werden kann, erfolgt eine Fehlerbehandlung erst dort. In diesem Fall ist eine neue SVM mit angepasstem `Nu` zu erzeugen.

Zweitens ist es möglich, eine so genannte Kernelfunktion in dem Trainings- bzw. Klassifikationsalgorithmus zu verwenden, da zwischen Merkmalsvektoren ausschließlich Skalarprodukte berechnet werden. Das bedeutet, dass

das Skalarprodukt durch eine Kernelfunktion ersetzt wird, die das Skalarprodukt implizit in einem höherdimensionalen Merkmalsraum ausführt. Ein im Ursprungsraum linear nicht separierbarer Datensatz wird mit einer passenden Kernelfunktion im höherdimensionalem Merkmalsraum linear separierbar.

Die entsprechende Kernelfunktion kann mit dem Parameter `KernelType` ausgewählt werden: Für `KernelType` = *'linear'* wird das ursprüngliche Skalarprodukt (wie in der Formel) verwendet. Dieser Kernel sollte nur für linear separierbare Datensätze verwendet werden. Der Parameter `KernelParam` wird ignoriert.

Die Radiale Basis Funktion (`KernelType` = *'rbf'*) stellt die beste Wahl für die Kernelfunktion dar, da mit ihr relativ leicht gute Ergebnisse erzielt werden können. Sie ist folgendermaßen definiert:

$$K(x,z) \quad = \quad e^{-\gamma \cdot \left\| x-z \right\|^2}$$

Dabei muss im Parameter `KernelParam` der Wert von γ eingestellt werden. Anschaulich bedeutet der Wert γ, wie groß der Einfluss eines SV auf seine Umgebung ist. Ein zu großer Wert (kleiner Einfluss auf die Umgebung) bedeutet, dass jeder Trainingsvektor ein SV wird. Der Trainingsalgorithmus lernt den Trainingsdatensatz "auswendig„ ist aber nicht in der Lage zu generalisieren (Überanpassung). Zusätzlich dauern Training und Klassifikation viel länger. Ein zu kleiner Wert von γ führt dazu, dass wenige SV einen großen Einfluss auf weit entfernte Bereiche haben (Unteranpassung). Ein typisches Vorgehen bei der Ermittlung des optimalen γ ist es, von einem kleinen γ-`Nu` Paar auszugehen und die Werte solange zu erhöhen, solange die Erkennungsraten sich verbessern.

Mit `KernelType` = *'polynomial_homogeneous'* oder *'polynomial_inhomogeneous'* können Polynome als Kernel ausgewählt werden. Sie sind folgendermaßen definiert:

$$\begin{aligned} K(x,z) &= (< x,z >)^d \\ K(x,z) &= (< x,z > +1)^d \end{aligned}$$

Der Grad des Polynoms d muss in `KernelParam` eingestellt werden. Dabei ist zu beachten, dass Polynome zu hohen Grades ($d > 10$) zu numerischen Problemen führen können.

Eine Faustregel ist, dass der RBF-Kernel für die meisten Klassifikationsprobleme eine gute Wahl darstellt und deshalb ausschließlich verwendet werden soll. Nichtsdestotrotz erzeugen der lineare und polynomielle Kernel in manchen Anwendungen gute Klassifikationsergebnisse und können zum Vergleich ausprobiert werden. Weiterhin ist zu beachten, dass nur für den RBF-Kernel der `Mode` *'novelty-detection'* und der Operator `reduce_class_svm` unterstützt werden.

Mit `Mode` wird der generelle Klassifikationsmodus angegeben, was entweder beschreibt, wie das Multi-Klassen Problem auf binäre Entscheidungen reduziert wird oder ob eine so genannte *'novelty-detection'* Aufgabe gelöst werden soll. `Mode` = *'one-versus-all'* erzeugt einen Klassifikator für jede Klasse, die sie mit allen restlichen Klassen vergleicht. In der Testphase wird die Klasse mit dem größten Klassifikationsergebnis (siehe Klassifikationsformel ohne Vorzeichen) ausgewählt. `Mode` = *'one-versus-one'* erzeugt zwischen allen Paaren von Klassen jeweils einen Klassifikator. In der Testphase erfolgt eine Abstimmung, bei der die Klasse mit den meisten Stimmen ausgewählt wird. Die optimale Strategie (`Mode`) hängt von der Anzahl der Klassen bzw. der Anwendung ab. Bei n Klassen erzeugt *'one-versus-all'* n Klassifikatoren und *'one-versus-one'* $n(n-1)/2$. Bei nur zwei Klassen erzeugt *'one-versus-one'* genau einen Klassifikator und *'one-versus-all'* unnötigerweise zwei symmetrische Klassifikatoren. Bei wenigen Klassen (ca. bis zu 10) ist *'one-versus-one'* sowohl im Training als auch in der Testphase schneller, da die Unterklassifikatoren weniger Trainingsdaten enthalten und in der Summe weniger Support-Vektoren entstehen. Für viele Klassen ist *'one-versus-all'* vorzuziehen, da die Anzahl der Klassifikatoren für *'one-versus-one'* quadratisch wächst und daher unnötig viele Sub-Klassifikatoren erzeugt werden.

Einen besonderen Fall stellt die Situation dar, falls nur die Zugehörigkeit von Testdaten zu den Trainingsdaten bestimmt werden soll (`Mode` = *'novelty-detection'*), d.h. `NumClasses` muss auf 1 gesetzt sein. Die separierende Hyperebene verläuft nun um die Trainingsdaten herum und trennt hierbei implizit Trainingsdaten von der Umgebung. Der Vorteil ist hierbei, dass eine explizite Angabe einer Rückweisungsklasse entfällt, was in bestimmten Anwendungen wie z.B. Texturklassifikation vorteilhaft ist. Die Support-Vektoren sind hierbei Daten, die am äußeren Rand der Verteilung liegen. Der Parameter `Nu` bestimmt den Anteil an Ausreißern innerhalb des Trainingsdatensatzes. Es ist zu beachten, dass bei der Klassifikation im *'novelty-detection'* Modus die Klasse der Trainingsdaten mit dem Index 1 und die Rückweisungsklasse mit dem Index 0 zurückgegeben wird. Somit dient die erste Klasse als Rückweisungsklasse. Im Gegensatz dazu ist bei der Klassifikation mit MLP standardmäßig die letzte Klasse als Rückweisungsklasse.

Das ist anders als bei den MLP, bei denen im Standardfall die letzte Klasse die Rückweisungsklasse wird.

Mit den Parametern Preprocessing und NumComponents kann eine Vorverarbeitung der Merkmalsvektoren festgelegt werden. Für Preprocessing = *'none'* werden die Merkmalsvektoren ohne Änderung an die SVM übergeben. NumComponents wird hier ignoriert.

Für alle anderen Werte von Preprocessing wird aus dem Trainingsdatensatz eine Transformation der Merkmale berechnet, die sowohl beim Training als auch bei der späteren Klassifikation dazu verwendet wird, die Merkmalsvektoren zu transformieren.

Für Preprocessing = *'normalization'* werden die Merkmalsvektoren normalisiert. Im Falle eines polynomiellen Kernels wird der minimale bzw. maximale Wert des Trainingsdatensatzes auf -1 bzw. +1 abgebildet. Im Falle eines RBF-Kernels wird normalisiert, indem der Mittelwert aller Trainingsvektoren von den Merkmalsvektoren abgezogen wird und die dadurch entstehenden Merkmalsvektoren durch die Standardabweichung der jeweiligen Komponente der Trainingsvektoren geteilt werden. Die transformierten Merkmalsvektoren haben also einen Mittelwert von 0 und eine Standardabweichung von 1 in jeder Komponente. NumComponents wird in beiden Fällen ignoriert. Diese Transformation empfiehlt sich bei allen Daten, bei denen die Komponenten der Merkmalsvektoren nicht in denselben Einheiten gemessen werden (z.B. falls einige der Daten Grauwertmerkmale und andere Regionenmerkmale sind, oder falls z.B. Regionenmerkmale wie 'circularity' (Einheit: Skalar) und 'area' (Einheit: Quadratpixel) gemischt werden). Die Normalisierung sollte grundsätzlich durchgeführt werden, um die numerische Stabilität während des Trainings/Testens zu verbessern.

Für Preprocessing = *'principal_components'* werden die Merkmalsvektoren einer Hauptachsentransformation (principal component analysis, PCA) unterzogen. Die Hauptachsentransformation normalisiert zunächst die Merkmalsvektoren (s.o.). Danach wird eine orthogonale Transformation (eine Rotation im Merkmalsraum) berechnet, die die Trainingsvektoren dekorreliert. Nach der Transformation ist der Mittelwert der Trainingsvektoren 0 und die Kovarianzmatrix der Trainingsvektoren ist eine Diagonalmatrix. Die Transformation wird so bestimmt, dass die transformierten Merkmale, die die größte Variationsbreite aufweisen, als erstes in dem transformierten Merkmalsvektor stehen. Dadurch kann erreicht werden, dass die letzten Komponenten des Merkmalsvektors, die typischerweise stark vom Rauschen beeinflusst werden, ohne großen Informationsverlust weggelassen werden können. Mit NumComponents wird festgelegt, wie viele der transformierten Komponenten verwendet werden sollen. Es können bis zu NumFeatures Komponenten selektiert werden. Mit Hilfe von get_prep_info_class_svm kann der Informationsgehalt der einzelnen transformierten Komponenten bestimmt werden und somit NumComponents einfacher bestimmt werden. Wie die Normalisierung empfiehlt sich diese Transformation, wenn die Merkmalsvektoren Mittelwerte und Standardabweichungen haben, die sich stark von 0 bzw. 1 unterscheiden oder bei denen die Komponenten der Merkmalsvektoren nicht in denselben Einheiten gemessen werden, und wenn zusätzlich zu erwarten ist, dass die Merkmale stark korreliert sind. Hier ist anzumerken, dass der RBF-Kernel bezüglich Dimensionsreduktion durch die PCA sehr robust ist. Daher sollte er die erste Wahl sein, wenn es darum geht, die Klassifikationszeiten zu beschleunigen.

Mit Preprocessing = *'canonical_variates'* (kanonische Merkmale) wird eine Transformation bestimmt, die die Trainingsvektoren zuerst normalisiert und dann im Mittel über alle Klassen dekorreliert. Gleichzeitig werden in den transformierten Trainingsvektoren die Mittelwerte der einzelnen Klassen möglichst weit separiert. Wie bei Preprocessing = *'principal_components'* werden die transformierten Komponenten nach Informationsgehalt sortiert, so dass transformierte Merkmale mit wenig Informationsgehalt weggelassen werden können. Bei kanonischen Merkmalen können höchstens $\min(\text{NumClasses}-1, \text{NumFeatures})$ Merkmale selektiert werden. Auch hier kann mit get_prep_info_class_svm der Informationsgehalt der einzelnen transformierten Komponenten bestimmt werden. Wie die Hauptachsentransformation können die kanonischen Merkmale dazu verwendet werden, die Datenmenge ohne großen Informationsverlust zu verringern, wobei zusätzlich noch die Trennbarkeit der Daten nach der Datenreduktion optimiert wird.

Für die letzten zwei Transformationsarten (*'principal_components'* und *'canonical_variates'*) bestimmt NumComponents die Länge des transformierten Datenvektors, während NumFeatures die Dimensionalität der Eingabedaten (Länge des untransformierten Merkmalsvektors) bestimmt. Dadurch wird die Länge der Eingabevariablen der SVM geringer, wodurch sich normalerweise die Trainingszeit und die Klassifikationszeit verringert.

Nachdem die SVM mit create_class_svm erzeugt wurde, werden typischerweise mit add_sample_class_svm oder read_samples_class_svm Trainingsdaten hinzugefügt und die SVM mit train_class_svm trainiert. Daraufhin kann die SVM mit write_class_svm abgespeichert werden. Alternativ können auch sofort nach dem Training Daten mit classify_class_svm klassifiziert werden.

Ein Vergleich zwischen SVM und mehrschichtigem Perzeptron (engl.: multilayer perceptron, MLP; siehe create_class_mlp) zeigt typischerweise, dass SVMs generell schneller trainiert werden, insbesondere bei

großen Trainingsdatensätzen, und eine leicht verbesserte Erkennungsrate haben. Das MLP weist schnellere Klassifikationszeiten auf und sollte daher in zeitkritischen Anwendungen verwendet werden. Es ist zu beachten, dass der Vergleich von optimal abgestimmten Parametern ausgeht.

Parameter

▷ **NumFeatures** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Eingabevariablen (Merkmale) der SVM.
Default: 10
Wertevorschläge: NumFeatures ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100}
Restriktion: NumFeatures >= 1

▷ **KernelType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art des Kernels.
Default: 'rbf'
Werteliste: KernelType ∈ {'linear', 'rbf', 'polynomial_inhomogeneous', 'polynomial_homogeneous'}

▷ **KernelParam** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Zusätzlicher Parameter für die Kernel Funktion. Im Falle des RBF-Kernels der Wert für γ. Falls polynomieller Kernel ausgewählt wurde, der Grad des Polynoms.
Default: 0.02
Wertevorschläge: KernelParam ∈ {0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.5}

▷ **Nu** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Regularisierungskonstante der SVM.
Default: 0.05
Wertevorschläge: Nu ∈ {0.0001, 0.001, 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3}
Restriktion: Nu > 0.0 && Nu < 1.0

▷ **NumClasses** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Klassen.
Default: 5
Wertevorschläge: NumClasses ∈ {2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}
Restriktion: NumClasses >= 1

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Modus der SVM.
Default: 'one-versus-one'
Werteliste: Mode ∈ {'novelty-detection', 'one-versus-all', 'one-versus-one'}

▷ **Preprocessing** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Vorverarbeitung (Transformation) der Merkmalsvektoren.
Default: 'normalization'
Werteliste: Preprocessing ∈ {'none', 'normalization', 'principal_components', 'canonical_variates'}

▷ **NumComponents** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Parameter der Vorverarbeitung: Anzahl der transformierten Merkmale (ignoriert bei Preprocessing = *'none'* und Preprocessing = *'normalization'*).
Default: 10
Wertevorschläge: NumComponents ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100}
Restriktion: NumComponents >= 1

▷ **SVMHandle** (output_control) . . . . . class_svm ⇝ *handle*
Handle der SVM.

Beispiel

```
create_class_svm (NumFeatures, 'rbf', 0.01, 0.01, NumClasses,\
                  'one-versus-all', 'normalization', NumFeatures,\
                  SVMHandle)
* Generate and add the training data
for J := 0 to NumData-1 by 1
    * Generate training features and classes
    * Data = [...]
    * Class = ...
    add_sample_class_svm (SVMHandle, Data, Class)
endfor
```

```
* Train the SVM
train_class_svm (SVMHandle, 0.001, 'default')
* Use the SVM to classify unknown data
for J := 0 to N-1 by 1
    * Extract features
    * Features = [...]
    classify_class_svm (SVMHandle, Features, 1, Class)
endfor
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_class_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`add_sample_class_svm`

Alternativen

`read_dl_model`, `create_class_mlp`, `create_class_gmm`

Siehe auch

`clear_class_svm`, `train_class_svm`, `classify_class_svm`

Literatur

Bernhard Schölkopf, Alexander J.Smola: „Learning with Kernels“; MIT Press, London; 1999.

John Shawe-Taylor, Nello Cristianini: „Kernel Methods for Pattern Analysis“; Cambridge University Press, Cambridge; 2004.

Modul

Foundation

deserialize_class_svm (: : SerializedItemHandle : SVMHandle)

Deserialisieren einer serialisierten Support-Vektor-Maschine (SVM).

`deserialize_class_svm` deserialisiert eine Support-Vektor-Maschine (SVM) (einschließlich eventuell abgespeicherter Trainingsmuster), welche mit `serialize_class_svm` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Die serialisierte SVM wird in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einer dafür automatisch erzeugten SVM mit dem Handle `SVMHandle` gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **SVMHandle** (output_control) ..... class_svm ⇝ *handle*
Handle der SVM.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_class_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_class_svm`

Nachfolger

`classify_class_svm`, `create_class_lut_svm`

Siehe auch

`create_class_svm`, `write_class_svm`, `serialize_class_svm`

Modul

Foundation

`evaluate_class_svm` (: : SVMHandle, Features : Result)

Berechnen der Konfidenz eines Merkmalsvektors durch eine Support-Vektor-Maschine.

`evaluate_class_svm` berechnet für einen Merkmalsvektor, dass in `Features` übergeben wird, das Ergebnis `Result` für eine SVM `SVMHandle`. Der Operator `evaluate_class_svm` kann nur benutzt werden, wenn es im Modus `Mode` = *'novelty-detection'* erzeugt wurde. Wenn der Merkmalsvektor innerhalb der Klasse liegt, liefert `Result` einen Wert größer *1.0*. Wenn der Merkmalsvektor außerhalb der Klassengrenze liegt, z.B. weil es ein Ausreißer ist, wird ein Wert kleiner *1.0* zurückgegeben.

Parameter

- ▷ **`SVMHandle`** (input_control) . . . . . class_svm ⇝ *handle*
  Handle der SVM.
- ▷ **`Features`** (input_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Merkmalsvektor.
- ▷ **`Result`** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Ergebnis der Evaluation des Merkmalsvektors durch die SVM.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `evaluate_class_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`train_class_svm`, `read_class_svm`

Siehe auch

`create_class_svm`

Modul

Foundation

`get_class_train_data_svm` (: : SVMHandle : ClassTrainDataHandle)

Liest die Trainingsdaten einer SVM aus.

`get_class_train_data_svm` liest die Trainingsdaten einer SVM aus und liefert diese als Handle in `ClassTrainDataHandle` zurück.

Parameter

▷ **SVMHandle** (input_control) . . . . . class_svm ⇝ *handle*
Handle einer SVM.

▷ **ClassTrainDataHandle** (output_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
Handle der Trainingsdaten der SVM.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_class_train_data_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`add_sample_class_svm`, `read_samples_class_svm`

Nachfolger

`add_class_train_data_mlp`, `add_class_train_data_gmm`, `add_class_train_data_knn`

Siehe auch

`create_class_train_data`

Modul

Foundation

get_params_class_svm (: : SVMHandle : NumFeatures, KernelType, KernelParam, Nu, NumClasses, Mode, Preprocessing, NumComponents)

Auslesen der Parameter einer Support-Vektor-Maschine.

`get_params_class_svm` gibt die Parameter der durch `SVMHandle` angegebenen Support-Vektor-Maschine (SVM), die bei der Erzeugung mit `create_class_svm` verwendet wurden, zurück. Dies ist insbesondere nützlich, wenn die SVM mit `read_class_svm` von Datei eingelesen wurde. Die Ausgabedaten von `get_params_class_svm` können z.B. verwendet werden, um zu überprüfen, ob die Merkmalsvektoren und ggf. die Zieldaten, die verwendet werden sollen, zu der SVM passen. Zur Beschreibung der Parameter siehe `create_class_svm`.

Parameter

▷ **SVMHandle** (input_control) . . . . . class_svm ⇝ *handle*
Handle der SVM.

▷ **NumFeatures** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Eingabevariablen (Merkmale) der SVM.

▷ **KernelType** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art des Kernels.

▷ **KernelParam** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
Zusätzlicher Parameter für den Kernel.

▷ **Nu** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
Regularisierungskonstante der SVM.

▷ **NumClasses** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Klassen aus denen die Testdaten bestehen.

▷ **Mode** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
Modus der SVM.

▷ **Preprocessing** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Vorverarbeitung (Transformation) der Merkmalsvektoren.

▷ **NumComponents** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Parameter der Vorverarbeitung: Anzahl der transformierten Merkmale (ignoriert bei Preprocessing = *'none'* und Preprocessing = *'normalization'*).

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_params_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_class_svm, read_class_svm

Nachfolger

add_sample_class_svm, train_class_svm

Siehe auch

classify_class_svm

Modul

Foundation

get_prep_info_class_svm (: : SVMHandle,
Preprocessing : InformationCont, CumInformationCont)

Berechnen des Informationsgehaltes der vorverarbeiteten Merkmalsvektoren einer Support-Vektor-Maschine.

get_prep_info_class_svm berechnet den Informationsgehalt der mit der durch Preprocessing gegebenen Vorverarbeitung transformierten Komponenten der Trainingsvektoren. Preprocessing kann auf *'principal_components'* oder *'canonical_variates'* gesetzt werden. Die zu Grunde liegenden Vorverarbeitungen sind bei create_class_svm beschrieben. Der Informationsgehalt wird aus die Variation der transformierten Komponenten der Trainingsvektoren berechnet, d.h. er wird rein aufgrund der Trainingsdaten unabhängig von einer Fehlerrate bei einer Klassifikation der Trainingsdaten berechnet. Der Informationsgehalt wird für alle relevanten Komponenten der transformierten Merkmalsvektoren (NumFeatures für *'principal_components'* und $\min(\texttt{NumClasses} - 1, \texttt{NumFeatures})$ für *'canonical_variates'*, siehe create_class_svm) in InformationCont zurückgegeben. Der Informationsgehalt wird als eine Zahl zwischen 0 und 1 dargestellt. Ein prozentualer Informationsgehalt kann leicht durch Multiplikation mit 100 berechnet werden. Der kumulierte Informationsgehalt der ersten n Komponenten wird in der n-ten Komponente von CumInformationCont zurückgegeben, d.h. CumInformationCont enthält die Summen der ersten n Elemente von InformationCont. Um get_prep_info_class_svm verwenden zu können, müssen mit add_sample_class_svm oder read_samples_class_svm genügend viele Trainingsmuster zu der durch SVMHandle gegebenen SVM hinzugefügt werden.

InformationCont und CumInformationCont können dazu verwendet werden, um zu entscheiden, wie viele Komponenten der transformierten Merkmalsvektoren relevante Information enthalten. Ein oft verwendetes Kriterium ist z.B. zu verlangen, dass die transformierten Daten x% (z.B. 90%) der Daten enthalten sollten. Dies kann leicht anhand des ersten Wertes von CumInformationCont, der über x% liegt, bestimmt werden. Der so erhaltene Wert kann bei einem neuerlichen Aufruf von create_class_svm als NumComponents verwendet werden. Da zum Aufruf von get_prep_info_class_svm schon eine SVM mit create_class_svm erzeugt werden muss, also auch ein initialer Wert von NumComponents bei create_class_svm angegeben werden muss, aber bei Verwendung von get_prep_info_class_svm typischerweise noch nicht bekannt ist, wie viele Komponenten relevant sind, empfiehlt sich folgendes zweistufiges Vorgehen, um NumComponents zu bestimmen: In einem ersten Schritt wird eine SVM mit der maximalen Anzahl von NumComponents (NumFeatures für *'principal_components'* und $\min(\texttt{NumClasses} - 1, \texttt{NumFeatures})$ für *'canonical_variates'*) erzeugt. Dann werden die Trainingsmuster zu der SVM hinzugefügt und mit write_samples_class_svm in eine Datei gespeichert. Anschließend wird mit

get_prep_info_class_svm der Informationsgehalt der Komponenten und somit NumComponents bestimmt. Danach wird eine neue SVM mit der gewünschten Anzahl Komponenten erzeugt, und die abgespeicherten Trainingsdaten mit read_samples_class_svm wieder eingelesen. Hierauf wird die SVM mit train_class_svm trainiert.

Parameter

▷ **SVMHandle** (input_control) ..... class_svm ⇝ *handle*
Handle der SVM.

▷ **Preprocessing** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art der Vorverarbeitung (Transformation) der Merkmalsvektoren.
Default: 'principal_components'
Werteliste: Preprocessing ∈ {'principal_components', 'canonical_variates'}

▷ **InformationCont** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Relativer Informationsgehalt der transformierten Merkmalsvektoren.

▷ **CumInformationCont** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Kumulierter Informationsgehalt der transformierten Merkmalsvektoren.

Beispiel

```
* Create the initial SVM
create_class_svm (NumFeatures, 'rbf', 0.01, 0.01, NumClasses,\
                  'one-versus-all', 'normalization', NumFeatures,\
                  SVMHandle)
* Generate and add the training data
for J := 0 to NumData-1 by 1
    * Generate training features and classes
    * Data = [...]
    * Class = ...
    add_sample_class_svm (SVMHandle, Data, Class)
endfor
write_samples_class_svm (SVMHandle, 'samples.mtf')
* Compute the information content of the transformed features
get_prep_info_class_svm (SVMHandle, 'principal_components',\
                         InformationCont, CumInformationCont)
* Determine NumComp by inspecting InformationCont and CumInformationCont
* NumComp = [...]
* Create the actual SVM
create_class_svm (NumFeatures, 'rbf', 0.01, 0.01, NumClasses, \
                  'one-versus-all', 'principal_components', \
                  NumComp, SVMHandle)
* Train the SVM
read_samples_class_svm (SVMHandle, 'samples.mtf')
train_class_svm (SVMHandle, 0.001, 'default')
write_class_svm (SVMHandle, 'classifier.svm')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_prep_info_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Falls get_prep_info_class_svm den Fehler 9211 (Matrix ist nicht positiv definit) bei Preprocessing = *'canonical_variates'* zurückliefert, bedeutet dies typischerweise, dass für die verschiedenen Klassen zu wenige Trainingsmuster gespeichert worden sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

add_sample_class_svm, read_samples_class_svm

Nachfolger

clear_class_svm, create_class_svm

Literatur

Christopher M. Bishop: „Neural Networks for Pattern Recognition“; Oxford University Press, Oxford; 1995.

Andrew Webb: „Statistical Pattern Recognition“; Arnold, London; 1999.

Modul

Foundation

get_sample_class_svm (: : SVMHandle, IndexSample : Features, Target)

Auslesen eines Trainingsmusters aus den Trainingsdaten einer Support-Vektor-Maschine.

get_sample_class_svm liest ein Trainingsmuster, das mit add_sample_class_svm oder read_samples_class_svm hinzugefügt wurde, aus der Support-Vektor-Maschine (SVM) SVMHandle aus. Der Index des auszulesenden Musters wird mit IndexSample festgelegt. Er wird ab 0 gezählt, d.h. IndexSample muss zwischen 0 und NumSamples − 1 liegen, wobei NumSamples mit get_sample_num_class_svm bestimmt werden kann. Das Trainingsmuster wird in Features und Target zurückgegeben. Dabei ist Features ein Merkmalsvektor der Länge NumFeatures (siehe create_class_svm) und Target der Index der Klasse, welcher ein Wert zwischen 0 und NumClasses-1 ist (siehe add_sample_class_svm).

get_sample_class_svm kann z.B. dazu verwendet werden, die Trainingsdaten mit classify_class_svm zu reklassifizieren, um festzustellen, welche der Trainingsmuster eventuell falsch klassifiziert werden.

Parameter

- ▷ **SVMHandle** (input_control) ..... class_svm ⇝ *handle*
  Handle der SVM.
- ▷ **IndexSample** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Nummer des gespeicherten Trainingsmusters.
- ▷ **Features** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Merkmalsvektor des Trainingsmusters.
- ▷ **Target** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Zielvektor des Trainingsmusters.

Beispiel

```
* Train an SVM
create_class_svm (NumFeatures, 'rbf', 0.01, 0.01, NumClasses,\
                  'one-versus-all', 'normalization', NumFeatures,\
                  SVMHandle)
read_samples_class_svm (SVMHandle, 'samples.mtf')
train_class_svm (SVMHandle, 0.001, 'default')
* Reclassify the training samples
get_sample_num_class_svm (SVMHandle, NumSamples)
for I := 0 to NumSamples-1 by 1
    get_sample_class_svm (SVMHandle, I, Data, Target)
    classify_class_svm (SVMHandle, Data, 1, Class)
    if (Class != Target)
        * Sample has been classified incorrectly
    endif
endfor
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_sample_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

add_sample_class_svm, read_samples_class_svm, get_sample_num_class_svm, get_support_vector_class_svm

Nachfolger

classify_class_svm

Siehe auch

create_class_svm

Modul

Foundation

get_sample_num_class_svm (: : SVMHandle : NumSamples)

Auslesen der Anzahl der Trainingsmuster in den Trainingsdaten einer Support-Vektor-Maschine.

get_sample_num_class_svm liefert in NumSamples die Anzahl der in dem durch SVMHandle gegebenen Support Vektor Machine (SVM) verfügbaren Trainingsmuster zurück. get_sample_num_class_svm sollte aufgerufen werden, bevor mit get_sample_class_svm die einzelnen Trainingsmuster ausgelesen werden, z.B. um eine Reklassifikation der Trainingsdaten durchzuführen (siehe get_sample_class_svm).

Parameter

▷ **SVMHandle** (input_control) ..... class_svm ⇝ *handle*
Handle der SVM.

▷ **NumSamples** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der gespeicherten Trainingsmuster.

Ergebnis

Falls SVMHandle korrekt ist, liefert get_sample_num_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

add_sample_class_svm, read_samples_class_svm

Nachfolger

get_sample_class_svm

Siehe auch

create_class_svm

Modul

Foundation

get_support_vector_class_svm (: : SVMHandle, IndexSupportVector : Index)

Auslesen des Index eines Support-Vektors aus einer trainierten Support-Vektor-Maschine.

Der Operator get_support_vector_class_svm stellt eine Beziehung zwischen einem Support-Vektor einer trainierten SVM (gegeben in SVMHandle) und dem originalen Trainingsdatensatz her. Der Index des abzufragenden SV wird mit IndexSupportVector festgelegt. Er wird ab 0 gezählt, d.h. IndexSupportVector muss zwischen 0 und NumSupportVectors − 1 liegen, wobei NumSupportVectors mit get_support_vector_num_class_svm bestimmt werden kann. Der Index, den dieser Datensatz im ursprünglichen Trainingsdatensatz hatte wird in Index zurückgegeben. Diese Index kann als Parameter für get_sample_class_svm benützt werden, um die Datenvektoren zu bestimmen, die Support Vektoren geworden sind. get_support_vector_class_svm kann z.B. dazu verwendet werden, die Support Vektoren zu visualisieren.

Man beachte, dass der zurückgelieferte Index gleich *-1*, also ungültig, ist, falls train_class_svm mit einem anderen Modus als *'default'* aufgerufen wurde oder falls die SVM mit reduce_class_svm erzeugt wurde. Der Grund hierfür ist, dass ein konsistentes Abbilden von Support-Vektoren auf Trainingsdatensatz unmöglich ist.

Parameter

- ▷ **SVMHandle** (input_control) ..... class_svm ⇝ *handle*
  Handle der SVM.
- ▷ **IndexSupportVector** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Index des gespeicherten Support-Vektors.
- ▷ **Index** (output_control) ..... real ⇝ *real*
  Index des Support-Vektors im Trainingsdatensatz.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_sample_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

train_class_svm, get_support_vector_num_class_svm

Nachfolger

get_sample_class_svm

Siehe auch

create_class_svm

Modul

Foundation

get_support_vector_num_class_svm (: : SVMHandle : NumSupportVectors, NumSVPerSVM)

Auslesen der Anzahl der Support-Vektoren einer Support-Vektor-Maschine.

get_support_vector_num_class_svm liefert in NumSupportVectors die Anzahl der in dem durch SVMHandle gegebenen SVM abgespeicherten Support-Vektoren zurück. get_support_vector_num_class_svm sollte aufgerufen werden, bevor mit get_support_vector_class_svm die einzelnen Indizes der SV ausgelesen werden, z.B. um zu Visualisieren, welche der Trainingsdaten SV geworden sind (siehe get_support_vector_class_svm). Die Anzahl der SV in jeder einzelnen SVM wird in NumSVPerSVM zurückgegeben. Die Summe der einzelnen Klassifikatoren unterscheidet sich von NumSupportVectors, da einzelne SV-Auswertungen wiederverwendet werden. NumSVPerSVM kann verwendet werden, um die Optimierung der Klassifikationszeit mit reduce_class_svm zu steuern.

Parameter

▷ **SVMHandle** (input_control) ..... class_svm ⇝ *handle*
Handle der SVM.

▷ **NumSupportVectors** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Gesamtanzahl der Support-Vektoren.

▷ **NumSVPerSVM** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Anzahl der SV jeder einzelnen Sub-SVM.

Ergebnis

Falls `SVMHandle` korrekt ist, liefert `get_sample_num_class_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`train_class_svm`

Nachfolger

`get_sample_class_svm`

Siehe auch

`create_class_svm`

Modul

Foundation

read_class_svm (: : FileName : SVMHandle)

Lesen einer Support-Vektor-Maschine aus einer Datei.

`read_class_svm` liest eine mit `write_class_svm` abgespeicherte Support-Vektor-Maschine (SVM) ein. Da das Trainieren einer SVM relativ lange dauern kann, wird die SVM typischerweise in einem Offline-Prozess trainiert und mit `write_class_svm` gespeichert. Im Online-Prozess wird die SVM mit `read_class_svm` gelesen und danach zur Klassifikation mit `classify_class_svm` verwendet. Die Dateiendung für den SVM-Klassifikator ist in HALCON 'gsc'.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.gsc`

▷ **SVMHandle** (output_control) ..... class_svm ⇝ *handle*
Handle der SVM.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_class_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

classify_class_svm, create_class_lut_svm

Alternativen

read_dl_model

Siehe auch

create_class_svm, write_class_svm

Modul

Foundation

read_samples_class_svm (: : SVMHandle, FileName :)

Lesen von Trainingsdaten einer Support-Vektor-Maschine aus einer Datei.

read_samples_class_svm liest Trainingsmuster aus der durch FileName gegebenen Datei aus und fügt sie zu der schon in der Support-Vektor-Maschine (SVM) SVMHandle vorhandenen Trainingsmustern hinzu. Die SVM muss zuvor mit create_class_svm erzeugt werden. Wie bei train_class_svm und write_samples_class_svm beschrieben, können read_samples_class_svm, add_sample_class_svm und write_samples_class_svm dazu verwendet werden, einen großen Datensatz von aus Trainingsmustern aufzubauen, um somit die Leistung der SVM durch erneutes Trainieren zu verbessern.

Es ist zu beachten, dass die Trainingsdaten die korrekte Dimensionalität aufweisen. Die in FileName gespeicherten Merkmalsvektoren und Zielvektoren müssen die Längen NumFeatures und NumClasses besitzen, die bei create_class_svm angegeben worden ist. Die Klassenzugehörigkeit wird aus Kompatibilitätsgründen (siehe read_samples_class_mlp) als Vektor gespeichert. Falls die Dimensionen falsch sind, wird eine Fehlermeldung zurückgegeben.

Parameter

- ▷ **SVMHandle** (input_control) ..... class_svm ⇝ *handle*
  Handle der SVM.
- ▷ **FileName** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
  Name der Datei.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert read_samples_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SVMHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_class_svm

Nachfolger

train_class_svm

Alternativen

add_sample_class_svm

Siehe auch

write_samples_class_svm, clear_samples_class_svm

Modul

Foundation

reduce_class_svm (: : SVMHandle, Method, MinRemainingSV, MaxError : SVMHandleReduced)

Approximieren einer bereits trainierten Support-Vektor-Maschine durch eine reduzierte Support-Vektor-Maschine für schnellere Klassifikation.

Wie bei create_class_svm beschrieben hängt die Klassifikationszeit der SVM von der Anzahl der Kernel-Auswertungen zwischen Support-Vektoren und dem Merkmalsvektor ab. Während die Länge des Datenvektors mit einer Vorverarbeitung wie *'principal_components'* oder *'canonical_variates'* (siehe create_class_svm für Details) reduziert werden kann, wird die Gesamtanzahl der SV erst während des Trainings festgestellt. Um die Klassifikationszeit weiter zu reduzieren ist es möglich, die originale separierende Hyperebene mit weniger SV als ursprünglich notwendig zu approximieren. Hierfür wird eine Kopie der originalen SVM, die in SVMHandle übergeben wird, als SVMHandleReduced zurückgegeben. Diese neue SVM hat die gleiche Parametrisierung wie das Original, enthält aber eine kleinere Anzahl von SV. Die Trainingsdaten, die in SVMHandle gespeichert waren, werden hierbei nicht kopiert. Die originale SVM wird durch reduce_class_svm nicht modifiziert.

Das Reduktionsverfahren wird mit Method ausgewählt. Zur Zeit wird nur ein Bottom-Up-Ansatz unterstützt, der iterativ die SV verschmilzt. Der Algorithmus bricht ab, wenn entweder eine minimal Anzahl von SV erreicht ist (MinRemainingSV) oder der akkumulierte Fehler eine Schwelle überschreitet (MaxError). Dabei ist anzumerken, dass aufgrund der Approximation die Komplexität der Hyperebene reduziert wird, was als Folge eine verschlechterte Klassifikationsrate hat. Das übliche Vorgehen ist deshalb, mit einem kleinen MaxError, z.B. *0.001*, anzufangen und diesen schrittweise zu erhöhen. Um die Reduktionsrate zu steuern, sollte bei jedem Schritt die Anzahl der SV mit get_support_vector_num_class_svm und die Klassifikationsrate mit einem separaten Testdatensatz mit classify_class_svm überprüft werden.

Parameter

- ▷ **SVMHandle** (input_control) ..... class_svm ⇝ *handle*
  Handle der originalen SVM.
- ▷ **Method** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der Nachbearbeitung, um die Anzahl der SV zu reduzieren.
  Default: 'bottom_up'
  Werteliste: Method ∈ {'bottom_up'}
- ▷ **MinRemainingSV** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Minimale Anzahl der verbleibenden SV.
  Default: 2
  Wertevorschläge: MinRemainingSV ∈ {2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 50}
  Restriktion: MinRemainingSV >= 2
- ▷ **MaxError** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Maximal erlaubter Fehler, der durch die Reduktion erzeugt wird.
  Default: 0.001
  Wertevorschläge: MaxError ∈ {0.0001, 0.0002, 0.0005, 0.001, 0.002, 0.005, 0.01, 0.02, 0.05}
  Restriktion: MaxError > 0.0
- ▷ **SVMHandleReduced** (output_control) ..... class_svm ⇝ *handle*
  Handle der reduzierten SVM.

Beispiel

```
* Train an SVM
create_class_svm (NumFeatures, 'rbf', 0.01, 0.01, NumClasses,\
                  'one-versus-all', 'normalization', NumFeatures,\
                  SVMHandle)
read_samples_class_svm (SVMHandle, 'samples.mtf')
train_class_svm (SVMHandle, 0.001, 'default')
* Create a reduced SVM
reduce_class_svm (SVMHandle, 'bottom_up', 2, 0.01, SVMHandleReduced)
write_class_svm (SVMHandleReduced, 'classifier.svm')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert train_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`train_class_svm`, `get_support_vector_num_class_svm`

Nachfolger

`classify_class_svm`, `write_class_svm`, `get_support_vector_num_class_svm`

Siehe auch

`train_class_svm`

Modul

Foundation

`select_feature_set_svm` (: : `ClassTrainDataHandle`, `SelectionMethod`, `GenParamName`, `GenParamValue` : `SVMHandle`, `SelectedFeatureIndices`, `Score`)

Wählt aus einer Liste an Merkmalen eine optimale Untermenge für ein bestimmtes Klassifikationsproblem aus.

`select_feature_set_svm` wählt die optimalen Merkmale für ein bestimmtes Klassifikationsproblem aus. Die Daten für das Klassifikationsproblem werden mit `ClassTrainDataHandle` angegeben. Als Klassifikator wird eine Support Vector Machine (SVM) verwendet.

In `SVMHandle` wird ein Klassifikator zurückgegeben, der mit der resultierenden Merkmalsauswahl parametrisiert und trainiert wurde. Die Merkmalsauswahl wird in `SelectedFeatureIndices` zurückgegeben.

Der Operator kann für folgende Probleme nützlich sein: Es gibt eine Liste von Merkmalen von denen einige wenige für die Lösung eines Problems ausreichen. So kann mit Hilfe dieses Operators eine fundierte Entscheidung getroffen werden welche dieser Merkmale relevant für das gegebene Problem sind. Außerdem können für bestimmte Verfahren der Merkmalsextraktion verschiedene Parametersätze verglichen werden.

Um das Klassifikationsproblem zu definieren, werden dem Handle `ClassTrainDataHandle` Merkmalsvektoren hinzugefügt, die aus einzelnen Untergruppen bestehen. Diese Untergruppen müssen mit Hilfe des Operators `set_feature_lengths_class_train_data` festgelegt werden. Diese Untergruppen werden dann von dem in `select_feature_set_svm` ausgeführten Selektionsprozess entweder ausgewählt oder abgelehnt, je nachdem ob sie zur Lösung des Klassifikationsproblems beitragen.

Die so definierten Merkmale werden dann in `SelectedFeatureIndices` mit ihrem Index referenziert, außer es wurden zusätzlich Namen beim Aufruf von `set_feature_lengths_class_train_data` gesetzt. Ist das der Fall, werden statt der Indizes die Namen der ausgewählten Merkmale zurückgegeben. Wurde `set_feature_lengths_class_train_data` zuvor nicht aufgerufen, werden die einzelnen Spalten als Merkmale interpretiert.

Für den Selektionsprozess können in `SelectionMethod` zwei verschiedene Methoden ausgewählt werden: entweder die Greedy-Variante *'greedy'* (das momentan erfolgversprechendste Merkmal wird zur Auswahl hinzugefügt) oder die dynamisch oszillierende Suche *'greedy_oscillating'* (Das momentan erfolgversprechendste Merkmal wird zur Auswahl hinzugefügt. Danach wird getestet ob eines der hinzugefügten Merkmale entbehrlich ist.). Während *'greedy'* schneller terminiert, kann *'greedy_oscillating'* bessere Ergebnisse erzielen wenn die Dimensionen der Merkmale sehr klein ist oder redundante Daten vorliegen.

Als Optimierungskriterium dient die Klassifikationsrate, die mit einem zweifachen Kreuzvalidierungsverfahren ermittelt wird. Die beste erreichte Klassifikationsrate wird in `Score` zurückgegeben.

Die Parameter *'nu'* und *'gamma'*, die für das SVM benötigt werden, können über die generischen Parameter `GenParamName` und `GenParamValue` entweder direkt auf einen Wert oder auf *'auto'* gesetzt werden. Wenn *'auto'* ausgewählt ist, wird für den entsprechenden Wert auch eine Optimierung durchgeführt. Diese automatische Schätzung kann die Ausführung der Merkmalsauswahl signifikant verlangsamen, was bei größeren Datensätzen zu Rechenzeiten im Bereich von Tagen führen kann. Zusätzlich kann in den generischen Parametern auch der SVM-Modus mit *'mode'* gewählt werden: Es stehen dabei die Varianten *'one-versus-all'* und *'one-versus-one'*

zur Verfügung. Eine Erklärung für die beiden Varianten wie auch für *'nu'* und *'gamma'* als Kernelparameter des RBF-Kernels (RBF = radial basis function) findet sich in der Beschreibung von `create_class_svm`.

Achtung

Die Laufzeit dieses Operators kann mit größeren Datensätzen und einer längeren Merkmalsliste unter Umständen sehr lange sein.

Es ist zu beachten, dass dieser Operator nicht aufgerufen werden sollte, wenn für das Training nur ein kleiner Datensatz verfügbar ist. Auf Grund des Risikos der Überanpassung kann der Operator `select_feature_set_svm` zwar einerseits einen Klassifikator mit sehr hohem Score liefern. Andererseits weist der Klassifikator jedoch eine schlechte Erkennungsrate auf, wenn dieser getestet wird.

Parameter

- ▷ **ClassTrainDataHandle** (input_control) . . . . . class_train_data ⇝ *handle*
  Handle der Trainingsdaten. Sollte zuvor in Untermerkmale aufgeteilt worden sein.
- ▷ **SelectionMethod** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Methode zur Auswahl der besten Merkmale.
  Default: 'greedy'
  Werteliste: `SelectionMethod` ∈ {'greedy', 'greedy_oscillating'}
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter zum Steuern des Klassifikators und der Merkmalsauswahl.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'nu', 'gamma', 'mode'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Werte der generischen Parameter zum Steuern des Klassifikators und der Merkmalsauswahl.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0.02, 0.05, 'auto', 'one-versus-one', 'one-versus-all'}
- ▷ **SVMHandle** (output_control) . . . . . class_svm ⇝ *handle*
  Trainierter Klassifikator.
- ▷ **SelectedFeatureIndices** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Die Indizes der ausgewählten Merkmale.
- ▷ **Score** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Die Klassifikationsrate die mit dem ausgewählten Merkmalssatz erreicht wurde.

Beispiel

```
* Find out which of the two features distinguishes two Classes
NameFeature1 := 'Good Feature'
NameFeature2 := 'Bad Feature'
LengthFeature1 := 3
LengthFeature2 := 2
* Create training data
create_class_train_data (LengthFeature1+LengthFeature2,\
  ClassTrainDataHandle)
* Define the features which are in the training data
set_feature_lengths_class_train_data (ClassTrainDataHandle, [LengthFeature1,\
  LengthFeature2], [NameFeature1, NameFeature2])
* Add training data
*                                                    |Feat1|  |Feat2|
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [1,1,1,  2,1  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,2,2,  2,1  ], 1)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [1,1,1,  3,4  ], 0)
add_sample_class_train_data (ClassTrainDataHandle, 'row', [2,2,2,  3,4  ], 1)
* Add more data
* ...
* Select the better feature with a SVM
select_feature_set_svm (ClassTrainDataHandle, 'greedy', [], [], SVMHandle,\
  SelectedFeatureSVM, Score)
* Use the classifier
* ...
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `select_feature_set_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`create_class_train_data`, `add_sample_class_train_data`, `set_feature_lengths_class_train_data`

Nachfolger

`classify_class_svm`

Alternativen

`select_feature_set_mlp`, `select_feature_set_knn`, `select_feature_set_gmm`

Siehe auch

`select_feature_set_trainf_svm`, `gray_features`, `region_features`

Modul

Foundation

`serialize_class_svm` (: : SVMHandle : SerializedItemHandle)

Serialisieren einer Support-Vektor-Maschine (SVM).

`serialize_class_svm` serialisiert eine Support-Vektor-Maschine (SVM) einschließlich eventuell abgespeicherter Trainingsmuster (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von `write_class_svm` und `write_samples_class_svm` in eine Datei geschrieben werden. Die SVM wird in dem Handle `SVMHandle` übergeben. Die serialisierte SVM wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und kann mit `deserialize_class_svm` wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **`SVMHandle`** (input_control) ..... class_svm ⇝ *handle*
Handle der SVM.

▷ **`SerializedItemHandle`** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_class_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`train_class_svm`

Nachfolger

`clear_class_svm`, `fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_class_svm`

Siehe auch

create_class_svm, read_class_svm, write_samples_class_svm, deserialize_class_svm

Modul

Foundation

train_class_svm (: : SVMHandle, Epsilon, TrainMode :)

Trainieren einer Support-Vektor-Maschine.

train_class_svm trainiert die durch SVMHandle angegebene Support Vektor Maschine (SVM). Bevor die SVM trainiert werden kann, müssen mit add_sample_class_svm oder read_samples_class_svm die zum Training zu verwendenden Trainingsmuster zu der SVM hinzugefügt werden.

Da es sich beim Training von SVMs um ein konvexes quadratisches Optimierungsproblem handelt, kann sichergestellt werden, dass das Training nach endlichen Schritten beim globalen Optimum terminiert. Mit dem Parameter Epsilon wird die Schwelle gesetzt, den der Gradient der Funktion, die intern optimiert wird, unterschreiten muss, damit das Training als beendet angesehen werden kann. Normalerweise sollte Epsilon auf *0.001* gesetzt werden, da dies in der Praxis zu den besten Ergebnissen führt. Ein zu großer Wert führt zu einem schnelleren Abbrechen des Trainings und dadurch zu einer sub-optimalen Lösung. Ein zu kleiner Wert führt dazu, dass der Optimierungsalgorithmus unverhältnismäßig lange dauert, ohne dass sich die Erkennungsrate verändert. Erfahrungsgemäß gibt es zwei Gründe für das Verändern von Epsilon: Bei extrem kleinen Nu, z.B. *0.001* (siehe create_class_svm), kann ein kleineres Epsilon die Erkennungsrate deutlich verbessern. Eine zweiter Fall ist die Bestimmung von optimalen Kernelfunktionen mit ihrer Parametrisierung (z.B. KernelParam-Nu Paare beim RBF-Kernel) bei einem üblicherweise sehr lange dauernden n-fachen Vergleichsprüfungsverfahren (Cross Validation). Wählt man Epsilon beispielsweise als *0.1* so terminiert das Training zwar vorschnell, aber der Bereich der optimalen Kernelfunktion unterscheidet sich nicht wesentlich von dem Bereich, den man bei der Cross Validation mit einem normalen Epsilon erhalten hätte. Nachdem ein optimales KernelParam-Nu Paar ermittelt wurde, kann das endgültige Training mit kleinem Epsilon erfolgen.

Die Dauer des Trainings hängt von der Trainingsdatenmenge, der Anzahl der beim Training entstehenden SV sowie Epsilon ab (und kann zwischen unter einer Sekunde bis mehrere Stunden betragen).

Es empfiehlt sich daher, Nu in create_class_svm so zu wählen, dass möglichst wenige SV beim Training entstehen, ohne dass die Erkennungsrate sich verschlechtert. Insbesondere ist zu beachten, dass für Nu ein nicht zu großer Wert gewählt wird, damit die Optimierung von einem zulässigen Punkt startet. Falls zu viele Trainingsfehler mit einem zu großem Nu gewählt wurde, erfolgt eine Fehlerbehandlung. In diesem Fall muss eine SVM mit dem gleichen Trainingsdatensatz, aber kleinerem Nu trainiert werden.

Mit dem Parameter TrainMode kann zwischen verschiedenen Trainingsmodi unterschieden werden. Normalerweise wird eine SVM ohne weiteres Vorwissen trainiert, und TrainMode wird auf *'default'* gesetzt. Werden für den gleichen Trainingsdatensatz SVM mit verschiedenen Kernels trainiert (siehe oben), ist es mit TrainMode möglich, eine bereits trainierte SVM als Anfangspunkt für das Optimierungsverfahren zu verwenden und somit das Training insbesondere bei sehr großen Trainingsdatensätzen zu beschleunigen. Hierbei muss aber der Trainingsdatensatz, die Anzahl der Klassen sowie der Modus (siehe create_class_svm) übereinstimmen. Hierfür wird der SVMHandle der bereits trainierten Maschine in TrainMode übergeben.

Mit TrainMode = *'add_sv_to_train_set'* ist es möglich, dass beim Training Support-Vektoren, die aus einem früheren Aufruf von train_class_svm entstanden sind, dem Trainingsdatensatz hinzugefügt werden. Dieser TrainMode hat zwei typische Anwendungsgebiete: Erstens ist es möglich, SVM sukzessive zu trainieren. Dabei wird der Trainingsdatensatz zuerst in verschiedene Teile aufgeteilt. Danach wird ein erster Teil normal mit TrainMode = *'default'* trainiert. Anschließend wird mit clear_samples_class_svm der vorherige Trainingsdatensatz verworfen, ein nächster Teil mit add_sample_class_svm übergeben und mit train_class_svm bei TrainMode = *'add_sv_to_train_set'* nachtrainiert. Dies wird solange wiederholt, bis alle Teile des Trainingsdatensatzes trainiert wurden. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass so sehr große Trainingsdatensätze effizient hinsichtlich des Speicherbedarfs trainiert werden können. Ein weiteres Anwendungsgebiet für TrainMode = *'add_sv_to_train_set'* ist, dass ein genereller Klassifikator durch Hinzufügen von charakteristischen Trainingsmustern und Nachtrainieren spezialisiert werden kann. Beim Nachtrainieren von SVMs mit TrainMode=*'add_sv_to_train_set'* muss beachtet werden, dass die Vorverarbeitung (wie in create_class_svm beschrieben) nicht verändert wird.

Parameter

▷ **SVMHandle** (input_control) . . . . . class_svm ⇝ *handle*
Handle der SVM.

▷ **Epsilon** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Abbruchparameter für das Training.
Default: 0.001
Wertevorschläge: `Epsilon` ∈ {0.00001, 0.0001, 0.001, 0.01, 0.1}

▷ **TrainMode** (input_control) . . . . . number ⇝ *string* / integer
Modus des Trainings. Im Normalfall: 'default'. Falls die bereits enthaltenen SV als Trainingsdaten verwendet werden sollen: 'add_sv_to_train_set'. Im Falle von Alpha seeding das zu verwendende SVM Handle
Default: 'default'
Werteliste: `TrainMode` ∈ {'default', 'add_sv_to_train_set'}

Beispiel

```
* Train an SVM
create_class_svm (NumFeatures, 'rbf', 0.01, 0.01, NumClasses,\
                  'one-versus-all', 'normalization', NumFeatures,\
                  SVMHandle)
read_samples_class_svm (SVMHandle, 'samples.mtf')
train_class_svm (SVMHandle, 0.001, 'default')
write_class_svm (SVMHandle, 'classifier.svm')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `train_class_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SVMHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`add_sample_class_svm`, `read_samples_class_svm`

Nachfolger

`classify_class_svm`, `write_class_svm`, `create_class_lut_svm`

Alternativen

`train_dl_model_batch`, `read_class_svm`

Siehe auch

`create_class_svm`

Literatur

John Shawe-Taylor, Nello Cristianini: „Kernel Methods for Pattern Analysis“; Cambridge University Press, Cambridge; 2004.

Bernhard Schölkopf, Alexander J.Smola: „Learning with Kernels“; MIT Press, London; 1999.

Modul

Foundation

write_class_svm (: : SVMHandle, FileName :)

Abspeichern einer Support-Vektor-Maschine in eine Datei.

write_class_svm speichert die Support-Vektor-Maschine (SVM) SVMHandle in der Datei FileName ab. Die Dateiendung für den SVM-Klassifikator ist in HALCON 'gsc'. write_class_svm wird typischerweise aufgerufen, nachdem die SVM mit train_class_svm trainiert wurde. Die SVM kann mit read_class_svm wieder eingelesen werden. write_class_svm speichert *nicht* die in der SVM eventuell abgespeicherten Trainingsmuster ab. Dazu ist write_samples_class_svm zu verwenden.

Parameter

▷ **SVMHandle** (input_control) ..... class_svm ⇝ *handle*
Handle der SVM.

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: .gsc

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert write_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

train_class_svm

Nachfolger

clear_class_svm

Siehe auch

create_class_svm, read_class_svm, write_samples_class_svm

Modul

Foundation

write_samples_class_svm (: : SVMHandle, FileName :)

Abspeichern der Trainingsdaten einer Support-Vektor-Maschine in eine Datei.

write_samples_class_svm speichert die in der Support-Vektor-Maschine (SVM) SVMHandle abgespeicherten Trainingsmuster in der Datei FileName ab. write_samples_class_svm kann dazu verwendet werden, eine Datenbank mit Trainingsmustern aufzubauen, und somit durch erneutes Trainieren mit einer erweiterten Datenbank die Leistung der SVM zu verbessern (siehe train_class_svm). Die Datei FileName wird von write_samples_class_svm überschrieben. Eine Erweiterung der Datenbank der Trainingsmuster ist aber einfach möglich, da read_samples_class_svm und add_sample_class_svm die Trainingsmuster zu den bereits im Speicher der SVM gehaltenen Trainingsmustern hinzufügen.

Parameter

▷ **SVMHandle** (input_control) ..... class_svm ⇝ *handle*
Handle der SVM.

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert write_samples_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`add_sample_class_svm`

Nachfolger

`clear_samples_class_svm`

Siehe auch

`create_class_svm`, `get_prep_info_class_svm`, `read_samples_class_svm`

Modul

Foundation

Kapitel 17

Legacy

17.1 2D-Messtechnik

copy_metrology_object (: : MetrologyHandle, Index : CopiedIndices)

Kopieren von Metrology-Messobjekten eines Messmodells.

copy_metrology_object ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

copy_metrology_object kopiert Metrology-Messobjekte innerhalb des Messmodells.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Messmodell ist durch das Handle MetrologyHandle definiert. Der Parameter Index legt die Metrology-Messobjekte fest, die kopiert werden sollen. Wird für den Parameter Index als Wert *'all'* übergeben, werden alle Metrology-Messobjekte kopiert. Der Operator copy_metrology_object gibt den Index der neu erstellten Metrology-Messobjekte im Parameter CopiedIndices zurück. Die Reihenfolge der neu erstellten Metrology-Messobjekte entspricht der Reihenfolge der ursprünglichen Metrology-Messobjekte. Zugriff auf die Parameter der Metrology-Messobjekte des Messmodells ist z.B. mit dem Operator get_metrology_object_param möglich.

Parameter

- ▷ **MetrologyHandle** (input_control) . . . . . metrology_model ⇝ *handle*
  Handle des Messmodells.
- ▷ **Index** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *string* / integer
  Index der Metrology-Messobjekte.
  Default: 'all'
  Wertevorschläge: Index ∈ {'all', 0, 1, 2}
- ▷ **CopiedIndices** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Indizes der kopierten Metrology-Messobjekte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert copy_metrology_object den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

2D Metrology

transform_metrology_object (: : MetrologyHandle, Index, Row, Column, Phi, Mode :)

Transformieren von Metrology-Messobjekten eines Messmodells, z.B. für ein Alignment.

transform_metrology_object ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen den Operator align_metrology_model verwenden.

transform_metrology_object verschiebt die mit dem Index Index angegebenen Metrology-Messobjekte in eine Position, die mit Row und Column sowie dem Rotationswinkel Phi festgelegt ist.

Das Konzept der 2D-Messtechnik ist bei der Einleitung zu Kapitel 2D-Messtechnik beschrieben.

Das Messmodell ist durch MetrologyHandle definiert. MetrologyHandle ist ein Handle welches von create_metrology_model zurückgegeben wird.

Der Index Index ist der Index der von den Operatoren add_metrology_object_circle_measure, add_metrology_object_ellipse_measure, add_metrology_object_line_measure oder add_metrology_object_rectangle2_measure zurückgegeben wird. Dem Parameter Index darf ein einzelner Wert oder ein Tupel von Werten übergeben werden. Sollen alle Metrology-Messobjekte transformiert werden, muss Index auf den Wert *'all'* gesetzt werden.

Der Parameter Mode legt die Wirkung der Transformation fest. Falls der Wert auf *'absolute'* gesetzt ist, werden die Metrology-Messobjekte auf die Werte der Bildkoordinaten Row und Column im Bezug auf das Bildkoordinatensystem transformiert sowie um Phi rotiert. Falls der Wert *'relative'* gesetzt ist, werden die Werte für die Transformation als relative Werte betrachtet, d.h. sie sind relativ zur bisherigen Position und Rotation der Metrology-Messobjekte festgelegt.

Für ein Metrology-Messobjekt vom Typ Ellipse oder Rechteck ist der Ursprung der Rotation im Mittelpunkt des Messmodells definiert, welcher von den Operatoren add_metrology_object_ellipse_measure oder add_metrology_object_rectangle2_measure festgelegt ist. Ist das Metrology-Messobjekt eine Linie und ist Mode = *'relative'*, liegt der Ursprung der Rotation im Startpunkt der Linie. Wenn das Metrology-Messobjekt eine Linie ist und Mode auf *'absolute'* gesetzt ist oder wenn das Metrology-Messobjekt ein Kreis ist, wird der Parameter Phi ignoriert.

transform_metrology_object ist schneller, wenn keine Rotation definiert ist und wenn die Messregionen und die transformierten Messregionen beide vollständig innerhalb des Bildes liegen. In allen anderen Fällen werden die Messregionen neu erzeugt und der Operator wird langsamer.

Achtung

Zu beachten ist, dass, wenn Ergebnisse des Operators apply_metrology_model (angepasste geometrische Formen) im Metrology-Messobjekt vorhanden sind, diese Ergebnisse beim Aufruf des Operators gelöscht werden.

Parameter

- ▷ **MetrologyHandle** (input_control) ..... metrology_model ⇝ *handle*
  Handle des Messmodells.
- ▷ **Index** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *string* / integer
  Index der Metrology-Messobjekte.
  Default: 'all'
  Wertevorschläge: Index ∈ {'all', 0, 1, 2}
- ▷ **Row** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real* / integer
  Verschiebung in Zeilenrichtung.
- ▷ **Column** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real* / integer
  Verschiebung in Spaltenrichtung.
- ▷ **Phi** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real* / integer
  Rotationswinkel.
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Modus der Transformation.
  Default: 'absolute'
  Wertevorschläge: Mode ∈ {'absolute', 'relative'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert transform_metrology_object den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MetrologyHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Modul

2D Metrology

17.2 Develop

dev_map_par (: : :)

Öffnen des Dialogs zum Einstellen der Visualisierungsparameter.

dev_map_par ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen dev_open_tool mit dem ToolName *'visualization_parameters_dialog'* verwenden.

dev_map_par öffnet den Dialog zur Einstellung der Visualisierungsparameter. Der Dialog lässt sich auch interaktiv über das Menü Visualisierung ▷ Parameter setzen... oder den entsprechenden Knopf der Werkzeugleiste öffnen. Im Dialog lassen sich die Visualisierungsparameter einstellen, die zur Darstellung von ikonischen Objekten benutzt werden.

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
threshold (Image, Region, 128, 255)
dev_map_par ()
```

Ergebnis

dev_map_par liefert immer 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Nachfolger

dev_unmap_par

Modul

Foundation

dev_map_prog (: : :)

Sichtbarmachen des Hauptfensters von HDevelop.

dev_map_prog ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen dev_open_tool mit dem ToolName *'program_window'* verwenden.

dev_map_prog zeigt das Hauptfenster von HDevelop wieder an, nachdem es mit dev_unmap_prog unsichtbar gemacht wurde.

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

In Abhängigkeit vom Betriebssystem und dem Fenstermanager kann es vorkommen, dass nach der Ausführung von `dev_map_prog` nur ein Icon des Programmfensters sichtbar ist. In diesem Fall muss das Programmfenster mit Hilfe der Maus richtig geöffnet werden.

Ergebnis

`dev_map_prog` liefert immer `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Vorgänger

`dev_unmap_prog`

Nachfolger

`dev_unmap_prog`

Siehe auch

`dev_map_par`, `dev_map_var`

Modul

Foundation

dev_map_var (: : :)

Öffnen des Variablenfensters von HDevelop.

`dev_map_var` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen `dev_open_tool` mit dem `ToolName` *'variable_window'* verwenden.

`dev_map_var` zeigt das Variablenfenster wieder an, nachdem es mit `dev_unmap_var` unsichtbar gemacht wurde.

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Ergebnis

`dev_map_var` liefert immer `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Vorgänger

`dev_unmap_var`

Nachfolger

`dev_unmap_var`

Siehe auch

`dev_map_par`, `dev_map_prog`

Modul

Foundation

dev_unmap_par (: : :)

Schließt den Dialog zum Einstellen der Visualisierungsparameter.

`dev_unmap_par` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen `dev_close_tool` mit dem `ToolId` *'visualization_parameters_dialog'* verwenden.

`dev_unmap_par` schließt den Dialog zur Einstellung der `Visualisierungsparameter`. Der Dialog lässt sich auch interaktiv durch Drücken des `Schließen`-Knopfes in seiner Titelzeile schließen. Über `dev_map_par` lässt er sich wieder öffnen.

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Ergebnis

`dev_unmap_par` liefert immer `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Nachfolger

dev_map_par

Siehe auch

dev_map_par, dev_map_prog, dev_map_var

Modul

Foundation

dev_unmap_prog (: : :)

Verstecken des Hauptfensters.

dev_unmap_prog ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen dev_close_tool mit dem ToolId *'program_window'* verwenden.

dev_unmap_prog versteckt im MDI-Modus das Hauptfenster und im SDI-Modus das Programmfenster. Es kann durch Aufruf von dev_map_prog wieder angezeigt werden.

Achtung: Wenn das Hauptfenster versteckt wurde, ist es nicht mehr möglich, den Operator dev_map_prog einzugeben und auszuführen. Es ist daher darauf zu achten, dev_unmap_prog nur im laufenden Programm auszuführen, wenn ein nachfolgender Aufruf von dev_map_prog erreicht werden kann.

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Ergebnis

dev_unmap_prog liefert immer 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Nachfolger

dev_map_prog, stop

Siehe auch

dev_map_par, dev_map_prog, dev_map_var

Modul

Foundation

dev_unmap_var (: : :)

Verstecken des Variablenfensters.

dev_unmap_var ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen dev_close_tool mit dem ToolId *'variable_window'* verwenden.

dev_unmap_var versteckt das Variablenfenster. Das Fenster lässt sich auch interaktiv durch Drücken des Schließen-Knopfes in seiner Titelzeile schließen. Über dev_map_var oder interaktiv über das Fenster-Menü lässt es sich wieder öffnen.

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Ergebnis

dev_unmap_var liefert immer 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Nachfolger

dev_map_var

Siehe auch

dev_map_par, dev_map_prog

Modul

Foundation

17.3 Filter

gauss_image (Image : ImageGauss : Size :)

Glättung mit diskreten Gaußfunktionen.

gauss_image ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen zum Glätten von Bildern sollten stattdessen den Operator gauss_filter verwenden.

gauss_image glättet Bilder mittels der diskreten Gaußfunktion. Die glättende Wirkung erhöht sich dabei mit zunehmender Filtergröße. Es werden folgende Filtergrößen (Size) unterstützt (in Klammer steht der sigma-Wert der Gaußfunktion):

- *3* (0.65)
- *5* (0.87)
- *7* (1.43)
- *9* (1.88)
- *11* (2.31)

Zur Randbehandlung werden die Grauwerte der Bilder an den Bildrändern gespiegelt.

Als Alternative zu gauss_image bietet sich binomial_filter an. binomial_filter ist deutlich effizienter als gauss_image. Es ist zu beachten, dass die Maskengröße in binomial_filter nicht dieselbe Glättung wie bei gauss_image bewirkt. Korrespondierende Maskengrößen lassen sich über die jeweiligen sigma-Werte der Gaußfunktion bestimmen.

gauss_image kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Allerdings kann das Ergebnis von dem der skalaren Implementierung geringfügig abweichen.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Damit gauss_image auf einem OpenCL-Gerät ausgeführt werden kann, muss Image eine Breite und Höhe von mindestens 64 Pixeln aufweisen.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Zu glättendes Bild.
- ▷ **ImageGauss** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Gefiltertes Bild.
- ▷ **Size** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Gewünschte Filtergröße.
  Default: 5
  Werteliste: Size ∈ {3, 5, 7, 9, 11}

Beispiel

```
gauss_image(Input,Gauss,7)
regiongrowing(Gauss,Segments,7,7,5,100)
```

Komplexität

Pro Bildpunkt: $O(Size * 2)$.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gauss_image den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Modul

Foundation

polar_trans_image (ImageXY : ImagePolar : Row, Column, Width, Height :)

Anwenden einer Polartransformation

polar_trans_image ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen den Operator polar_trans_image_ext verwenden.

polar_trans_image wandelt ein Bild mit (x,y)-Koordinaten in ein Bild mit (Winkel,Radius)-Koordinaten um. Die Größe des Zielbildes wird mit Width und Height angegeben. Width gibt dabei die Auflösung des Winkels und Height die Auflösung des Radius an. Row und Column geben die Position im Eingabebild an, in der das Zentrum des Polarkoordinatensystems liegt. Dieser Punkt wird auf die erste (oberste) Zeile im Ergebnisbild abgebildet.

Ein Punkt (x',y') im Ergebnisbild ist der Punkt (x,y) im Eingabebild wie folgt zugeordnet:

$$\begin{aligned} x &= y' \cos(2\pi(x'/resultwidth)) + \texttt{Column} \\ y &= y' \sin(2\pi(x'/resultwidth)) + \texttt{Row}. \end{aligned}$$

polar_trans_image kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden, wenn das Eingangsbild die maximale Größe für Bildobjekte des ausgewählten Gerätes nicht überschreitet. Aus numerischen Gründen kann es dabei zu geringfügigen Abweichungen des Ergebnisses gegenüber der Ausführung auf der CPU kommen.

Weitere Informationen

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Parameter

▷ **ImageXY** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
Eingabebild in x/y-Koordinaten.

▷ **ImagePolar** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / real
Ausgabebild in Polar-Koordinaten.

▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *integer*
Zeilenindex des Zentrums.
Default: 100
Wertevorschläge: Row ∈ {0, 10, 100, 200}
Wertebereich: 0 ≤ Row ≤ 512
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *integer*
Spaltenindex des Zentrums.
Default: 100
Wertevorschläge: Column ∈ {0, 10, 100, 200}
Wertebereich: 0 ≤ Column ≤ 512
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Width** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Breite des Zielbildes.
Default: 314
Wertevorschläge: Width ∈ {100, 200, 157, 314, 512}
Wertebereich: 2 ≤ Width ≤ 512
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Height** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Zielbildes.
Default: 200
Wertevorschläge: Height ∈ {100, 128, 256, 512}
Wertebereich: 2 ≤ Height ≤ 512
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
dev_display (Image)
polar_trans_image(Image,PolarImage,100,100,314,200)
dev_display (PolarImage)
```

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.

Modul

Foundation

17.4 Graphik

clear_rectangle (: : WindowHandle, Row1, Column1, Row2, Column2 :)

Löschen eines Rechtecks auf dem Ausgabefenster.

clear_rectangle ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

clear_rectangle löscht alle Einträge in dem Rechteck, das durch die linke obere Ecke (Row1,Column1) und die rechte untere Ecke (Row2,Column2) aufgespannt wird. Löschen bedeutet, dass das angegebene Rechteck auf die Hintergrundfarbe gesetzt wird (siehe open_window).

Falls mehr als ein Rechteck gelöscht werden soll, können auch mehrere Rechtecke übergeben werden, d.h. die Parameter Row1, Column1, Row2 und Column2 sind jeweils Tupel.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Row1** (input_control) . . . . . rectangle.origin.y(-array) ⇝ *integer*
Zeilenindex der linken oberen Ecke.
Default: 10
Wertebereich: 0 ≤ Row1 ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Column1** (input_control) ..... rectangle.origin.x(-array) ⇝ *integer*
Spaltenindex der linken oberen Ecke.
Default: 10
Wertebereich: 0 ≤ Column1 ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Row2** (input_control) ..... rectangle.corner.y(-array) ⇝ *integer*
Zeilenindex der rechten unteren Ecke.
Default: 118
Wertebereich: 0 ≤ Row2 ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: Row2 > Row1

▷ **Column2** (input_control) ..... rectangle.corner.x(-array) ⇝ *integer*
Spaltenindex der rechten unteren Ecke.
Default: 118
Wertebereich: 0 ≤ Column2 ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: Column2 >= Column1

Beispiel

```
* Erase a rectangle in the output window interactively:
draw_rectangle1(WindowHandle,L1,C1,L2,C2)
```

Ergebnis

Ist ein Ausgabefenster vorhanden und sind die angegebenen Parameter korrekt, dann liefert clear_rectangle den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, set_draw, set_color, set_colored, set_line_width, set_rgb, set_hsi, draw_rectangle1

Alternativen

clear_window, disp_rectangle1

Siehe auch

open_window

Modul

Foundation

disp_distribution (: : WindowHandle, Distribution, Row, Column, Scale :)

Ausgeben einer Rauschverteilung.

disp_distribution ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

disp_distribution gibt eine Rauschverteilung im Fenster aus. Die Parameter Row und Column geben die Zeile bzw. Spalte des Mittelpunktes der Grafik (für die Positionierung) an. Der Skalierungsfaktor Scale legt die Größe fest. Dabei bedeutet ein Faktor von *1*, dass 256 Werte dargestellt werden; bei *2* werden 128 Werte dargestellt,

bei *3* werden 64 Werte dargestellt, usw. Rauschverteilung können mit Operationen wie gauss_distribution oder noise_distribution_mean erzeugt werden.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Distribution** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Grauwertverteilung (513 Werte).
- ▷ **Row** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer*
  Zeilenindex des Mittelpunktes.
  Default: 256
  Wertevorschläge: Row ∈ {0, 64, 128, 256}
  Wertebereich: 0 ≤ Row ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- ▷ **Column** (input_control) ..... point.x ⇝ *integer*
  Spaltenindex des Mittelpunktes.
  Default: 256
  Wertevorschläge: Column ∈ {0, 64, 128, 256}
  Wertebereich: 0 ≤ Column ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- ▷ **Scale** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Größe der Darstellung.
  Default: 1
  Wertevorschläge: Scale ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6}

Beispiel

```
open_window(0,0,-1,-1,'root','visible','',WindowHandle)
set_draw(WindowHandle,'fill')
set_color(WindowHandle,'white')
read_image(Image,'monkey')
draw_region(Region,WindowHandle)
noise_distribution_mean(Region,Image,21,Distribution)
disp_distribution (WindowHandle,Distribution,100,100,3)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, set_draw, set_color, set_colored, set_line_width, set_rgb, set_hsi, noise_distribution_mean, gauss_distribution

Siehe auch

gen_region_histo, gauss_distribution, noise_distribution_mean

Modul

Foundation

disp_lut (: : WindowHandle, Row, Column, Scale :)

Grafisches Darstellen der Farbtabelle.

disp_lut ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

disp_lut gibt die Farbtabelle („look-up-table“, kurz: „lut“) auf dem Fenster grafisch aus. Eine Farbtabelle ist die Umsetzung der Grauwerte eines Bildes in Farben, bzw. Grauwerten auf dem Bildschirm. Diese Umsetzung kann bei den meisten Ausgabegeräten mit set_lut verändert werden. disp_lut erzeugt eine grafische Darstellung dieser drei Umsetzungstabellen (für Rot, Grün und Blau). Die Ausgabe erfolgt im Fenster mit der logischen Fensternummer WindowHandle und gibt für dieses die Farbtabelle aus. Die Parameter Row und Column geben die Zeile bzw. Spalte des Mittelpunktes der Grafik (für die Positionierung) an. Der Skalierungsfaktor Scale legt die Größe fest. Dabei bedeutet *1*, dass 256 Werte dargestellt werden; bei *2* werden 128 Werte dargestellt, bei *3* werden 64 Werte dargestellt, usw. Bei Farbtabellen für Schwarz/Weiß - Darstellungen erfolgt die Ausgabe der Grafik in der aktuellen Farbe (siehe: set_color, set_rgb, etc.). Bei Falschfarbtabellen werden die Farben rot, grün und blau für die Darstellung der jeweiligen Farbkomponenten verwendet.

Achtung

disp_lut ist nur für Rechner geeignet, die mit Farbtabellen arbeiten.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fensteridentifikator.
- ▷ **Row** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer*
  Zeilenindex des Schwerpunktes der Grafik.
  Default: 128
  Wertebereich: $0 \leq$ Row ≤ 511
- ▷ **Column** (input_control) ..... point.x ⇝ *integer*
  Spaltenindex des Schwerpunktes der Grafik.
  Default: 128
  Wertebereich: $0 \leq$ Column ≤ 511
- ▷ **Scale** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Verkleinerungsfaktor.
  Default: 1
  Werteliste: Scale $\in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$
  Wertebereich: $0 \leq$ Scale ≤ 20

Ergebnis

Ist Ausgabefenster gültig und verfügt der Rechner über Farbtabellen, dann liefert disp_lut den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

set_lut

Siehe auch

open_window, set_lut, set_fix, set_pixel, write_lut, get_lut, set_color

Modul

Foundation

get_comprise (: : WindowHandle : Mode)

Abfragen der Behandlung der Bildmatrix bei der Ausgabe.

get_comprise ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

get_comprise gibt den von den Operatoren disp_image und disp_color verwendeten Modus des Ausgabefensters WindowHandle für die Behandlung von Grauwerten an. Es wird hierdurch festgelegt, ob nur die

Grauwerte der Objekte oder das ganze Bild verwendet wird. Diese Abfrage wird verwendet, wenn der aktuelle Modus kurzzeitig überschrieben werden soll. Hierzu wird zunächst der aktuelle Wert abgefragt, dann überschrieben und schließlich auf den alten Wert zurückgesetzt. Das Zurücksetzen erfolgt mit `set_comprise`.

Parameter

▷ **`WindowHandle`** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **`Mode`** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
Aktueller Ausgabemodus für Bilder.

Ergebnis

`get_comprise` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`set_comprise`, `disp_image`, `disp_image`

Siehe auch

`set_comprise`, `disp_image`, `disp_color`

Modul

Foundation

`get_fix` (: : WindowHandle : Mode)

Abfragen des aktuellen Fixiermodus.

`get_fix` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

`get_fix` liefert den durch `set_fix` gesetzten Fixierungsmodus für die aktuelle Farbtabelle des gültigen Fensters .

Parameter

▷ **`WindowHandle`** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fensteridentifikator.

▷ **`Mode`** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
Aktueller Fixiermodus.

Ergebnis

Wenn das Fenster gültig ist liefert `get_fix` `2` (`H_MSG_TRUE`). Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung ausgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`set_fix`, `set_pixel`, `set_rgb`

Siehe auch

`set_fix`

Modul

Foundation

get_fixed_lut (: : WindowHandle : Mode)

Abfragen der Fixierung der Farbtabelle bei Echtfarbenbildern

get_fixed_lut ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

Abfrage der Fixierung der Farbtabelle bei Echtfarbenbildern

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fensteridentifikator.

▷ **Mode** (output_control) ..... string ⇝ *string*
Modus für Fixierung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

set_fixed_lut

Modul

Foundation

get_line_approx (: : WindowHandle : Approximation)

Abfragen des aktuellen Approximationsfehlers für Konturen.

get_line_approx ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

get_line_approx gibt einen Parameter für die Darstellungsart für Konturen der Regionenausgabe des Ausgabefensters an, die von dem Operator disp_region verwendet wird. Konkret steuert dieser Parameter die Polygonapproximation für Konturen (0 ⇔ keine Approximation). Gesetzt wird der Parameter mit dem Operator set_line_approx. Der Parameter ist nur von Bedeutung, wenn die Ränder von Objekten dargestellt werden. Insbesondere wenn mit set_line_style ein Muster gesetzt wurde.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Approximation** (output_control) ..... string ⇝ *integer*
Aktueller Approximationsfehler für Konturdarstellung.

Ergebnis

get_line_approx liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

set_line_approx, set_line_style, disp_region

Siehe auch

get_region_polygon, set_line_approx, set_line_style, disp_region

Modul

Foundation

get_lut_style (: : WindowHandle : Hue, Saturation, Intensity)

Abfragen von Modifikationsparametern der Farbtabelle.

get_lut_style ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

get_lut_style liefert die Werte, die mit set_lut_style gesetzt wurden. Voreingestellt sind:

Hue: 0.0

Saturation 1.0

Intensity 1.0

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fensteridentifikator.
- ▷ **Hue** (output_control) ..... real ⇝ *real*
  Modifikation des Farbwertes.
- ▷ **Saturation** (output_control) ..... real ⇝ *real*
  Modifikation der Sättigung.
- ▷ **Intensity** (output_control) ..... real ⇝ *real*
  Modifikation der Intensität.

Ergebnis

get_lut_style liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls der Parameter korrekt ist und das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

set_lut_style, set_lut

Siehe auch

set_lut_style

Modul

Foundation

get_pixel (: : WindowHandle : Pixel)

Abfragen des aktuellen Farbtabellenindex.

get_pixel ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

get_pixel gibt die Kodierung des Ausgabegrauwerts bzw. der Ausgabefarbe für das Ausgabefenster aus. Wird mit den Operatoren set_color oder set_gray der Modus für die Ausgabe (disp_region, disp_ellipse, etc.) auf Farbe(n) bzw. Grauwert(e) gesetzt, dann wird der angegebene Werte in einen internen Code umgewandelt. Dieser Code wird dann (physikalisch) bei der Darstellung auf dem Bildschirm verwendet. Die Umsetzung ist von den Abbildungseigenschaften und dem Zustand des Ausgabegerätes abhängig und kann bei verschiedenen Programmläufen unterschiedlich ausfallen. Der Begriff „Pixel“ ist nicht mit dem des „Pixels“ in der Bildverarbeitung zu verwechseln (hierfür gibt es den Operator get_grayval). Ein Pixel ist hier i.a. der Index in der Farbtabelle.

get_pixel erlaubt es, die Ausgabeart zu sichern, ohne dass man wissen muss, ob Farbe(n) oder Grauwert(e) gesetzt wurden. Zurückgesetzt wird der Parameter mit dem Operator set_pixel.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Pixel** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Index in der aktuellen Farbtabelle.

Ergebnis

get_pixel liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

set_pixel, disp_region, disp_image

Siehe auch

set_pixel

Modul

Foundation

get_tshape (: : WindowHandle : TextCursor)

Form des Textcursors abfragen.

get_tshape ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

get_tshape gibt für das Ausgabefenster die Art des momentan verwendeten Textcursors aus. Gesetzt wird ein neuer Textcursor mit dem Operator set_tshape.

Unter einem Textcursor (im Gegensatz zum Mauscursor) wird hier die Markierung der aktuellen Schreibposition verstanden (die allerdings auch unsichtbar sein kann). Welche Darstellungsarten für den Textcursor existieren, kann mit Hilfe des Operators query_tshape erfragt werden.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **TextCursor** (output_control) ..... string ⇝ *string*
  Name des aktuellen Textcursors.

Ergebnis

get_tshape liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, set_font

Nachfolger

set_tshape, set_tposition, write_string, read_string, read_char

Siehe auch

set_tshape, query_tshape, write_string, read_string

Modul

Foundation

move_rectangle (: : WindowHandle, Row1, Column1, Row2, Column2, DestRow, DestColumn :)

Kopieren innerhalb eines Ausgabefensters.

move_rectangle ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

move_rectangle kopiert alle Einträge in dem Rechteck (Row1,Column1), (Row2,Column2) des Ausgabefensters an eine neue Position innerhalb desselben Fensters. Diese Position wird durch die linke obere Ecke (DestRow,DestColumn) festgelegt. Die durch das Bewegen des Rechtecks „bloßgelegten“ Bereiche des Fensters werden auf die Farbe des Hintergrundes gesetzt.

Falls mehrere Rechtecke auf einmal bewegt werden sollen, können die Parameter jeweils in Form von Tupeln übergeben werden.

Parameter

- **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- **Row1** (input_control) ..... rectangle.origin.y(-array) ⇝ *integer*
  Zeilenindex der linken oberen Ecke des Quell-Rechtecks.
  Default: 0
  Wertebereich: 0 ≤ Row1 ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- **Column1** (input_control) ..... rectangle.origin.x(-array) ⇝ *integer*
  Spaltenindex der linken oberen Ecke des Quell-Rechtecks.
  Default: 0
  Wertebereich: 0 ≤ Column1 ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- **Row2** (input_control) ..... rectangle.corner.y(-array) ⇝ *integer*
  Zeilenindex der rechten unteren Ecke des Quell-Rechtecks.
  Default: 64
  Wertebereich: 0 ≤ Row2 ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- **Column2** (input_control) ..... rectangle.corner.x(-array) ⇝ *integer*
  Spaltenindex der rechten unteren Ecke des Quell-Rechtecks.
  Default: 64
  Wertebereich: 0 ≤ Column2 ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- **DestRow** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *integer*
  Zeilenindex der linken oberen Ecke der Zielposition.
  Default: 64
  Wertebereich: 0 ≤ DestRow ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **DestColumn** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *integer*
Spaltenindex der linken oberen Ecke der Zielposition.
Default: 64
Wertebereich: 0 ≤ DestColumn ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Beispiel

```
* "Interactive" copy of a rectangle in the same window
draw_rectangle1(WindowHandle,L1,C1,L2,C2)
get_mbutton(WindowHandle,LN,CN,Button)
move_rectangle(WindowHandle,L1,C1,L2,C2,LN,CN)
```

Ergebnis

Ist das Ausgabefenster gültig und sind die angegebenen Parameter korrekt, dann liefert move_rectangle den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window

Alternativen

copy_rectangle

Siehe auch

open_window

Modul

Foundation

open_textwindow (: : Row, Column, Width, Height, BorderWidth, BorderColor, BackgroundColor, FatherWindow, Mode, Machine : WindowHandle)

Öffnen eines Textfensters.

open_textwindow ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen den Operator open_window verwenden.

open_textwindow öffnet ein neues Textfenster, das zur Aus- und Eingabe von Text, sowie für die Ausgabe von Bildern verwendet werden kann. Unter Verwendung der logischen Fensternummer WindowHandle können alle Ausgaben (write_string, read_string, disp_region, etc.) auf dieses Fenster geleitet werden.

Textfenster besitzen neben dem Mauscursor auch einen Textcursor, der die aktuelle Schreibposition bezeichnet (genauer: die linke untere Ecke des auszugebenden Strings ohne Berücksichtigung der Unterlängen). Seine Position wird durch einen Unterstrich (oder eine andere Form) angezeigt (die Anzeige dieser Position kann aber auch ausgeschaltet sein (= Standardeinstellung); vgl. set_tshape). Mit den Operatoren set_tposition und get_tposition kann die Position gesetzt bzw. abgefragt werden.

Beim Öffnen eines Textfensters wird die Cursorposition auf (H,0) gesetzt, wobei H die Höhe des Defaultfonts abzüglich der Unterlängen angibt. Der Cursor wird aber nicht angezeigt. Die Ausgabe beginnt also beim Schreiben in der linken oberen Ecke des Fensters.

Die Farben für den Hintergrund und den Bildrand können mit query_color abgefragt werden. Dies kann auch mit einem Fenster vom Typ 'invisible' durchgeführt werden. Das Clipping von Texten bei der Ausgabe (write_string) an den Fensterrändern kann mit set_check(::'~text':) eingeschaltet werden, d.h. es wird dann keine Fehlermeldung mehr erzeugt, falls der Text über den Rand des Fensters hinausragt.

Der Ursprung des Koordinatensystems des Fensters liegt in der linken oberen Ecke (Koordinaten: (0,0)). Nach unten nimmt der Zeilenindex zu (maximal: Height-1), nach rechts steigt der Spaltenindex (maximal: Width-1) an.

Der Parameter Machine gibt den Namen des Rechners an, auf dem das Fenster geöffnet werden soll. Im Falle von X-Window wird bei TCP-IP nur der Name, bei DEC-Net wird noch ein Doppelpunkt hinter den Namen gesetzt. Der „Server“ bzw. der „Screen“ wird nicht mit angegeben. Übergibt man den leeren String, so wird die Environmentvariable DISPLAY zur Festlegung des Zielrechners verwendet. Hierbei wird der Name in der üblichen Syntax

```
<Host>:0.0
```

angegeben.

Mit dem Parameter FatherWindow kann für die Fenstertypen *'WIN32-Window'* und *'X-Window'* das Vaterfenster für das zu öffnende Fenster angegeben werden. Ist die Kontrolle 'father' mittels set_check eingeschaltet, so muss FatherWindow ein HALCON-Fenster sein, andernfalls (set_check('~father')) kann es auch ein Betriebssystem-Fenster sein. Wird für FatherWindow der Wert 0 oder 'root' übergeben, so ist der Desktop (Windows) bzw. das Root-Fenster (unixartige Systeme) das Vaterfenster. In diesem Fall ist die Einstellung der Kontrolle 'father' mittels set_check nicht relevant. Der Aufrufer muss sicherstellen, dass FatherWindow ein gültiges Fensterhandle ist und dass dieses nicht zerstört wird, solange das eingebettete HALCON Fenster verwendet wird.

Die Position und Größe des Fensters kann sich im Laufe des Programms ändern. Dies kann zum einen mit set_window_extents erfolgen, aber auch durch externe Eingriffe (Window-Manager) hervorgerufen werden. Für den zweiten Fall ist der Operator set_window_extents vorgesehen.

Dem Fenster wird beim Öffnen ein sog. Defaultfont zugeordnet. Dieser wird für Operatoren wie write_string verwendet und kann mit set_font nach dem Aufruf von open_textwindow überschrieben werden. Es ist jedoch auch möglich, den Defaultfont mit dem Aufruf set_system('default_font',<Fontname>:) vor dem Öffnen eines Fensters (und auch aller weiteren) festzulegen (siehe hierzu auch query_font).

Die Farbe der Schrift (write_string, read_string) wird mit set_color, set_rgb, set_hsi oder set_gray festgelegt.

Normalerweise wird jede Ausgabe (z.B. mit write_string, disp_region, disp_circle, etc.) in ein Fenster durch einen sog. „Flush“ abgeschlossen. Dies bewirkt, dass die Daten nach Beendigung der Ausgabeprozedur auf dem Bildschirm vollständig sichtbar werden. Dies ist aber nicht in allen Fällen erforderlich, insbesondere dann, wenn ständig Ausgaben erfolgen, oder eine Maus-Prozedur aktiv ist. Hier ist es günstiger (d.h. schneller), wenn die Daten gepuffert werden, bis genügend Daten vorhanden sind. Dieses Verhalten kann durch den Aufruf von set_system('flush_graphic','false') eingestellt werden.

Der Inhalt von Fenstern wird (falls die Treibersoftware dies unterstützt) gesichert; d.h. er bleibt erhalten, auch wenn das Fenster von anderen Fenstern überlappt wird. Dies ist jedoch nicht in allen Fällen notwendig: Wenn man ein Textfenster z.B. als Vaterfenster für andere Fenster verwendet, so kann für dieses der Sicherungsmechanismus abgestellt und damit der hierfür nötige Speicher eingespart werden. Dies geschieht mit dem Aufruf von set_system('backing_store','false') vor dem Öffnen des Fensters.

Unterschied: Grafikfenster - Textfenster

- Im Gegensatz zu Grafikfenstern (open_window) können für Textfenster mehr Parameter (Farbe, Rand) beim Öffnen festgelegt werden.
- Nur Textfenster können zum Einlesen von Benutzerdaten verwendet werden (read_string).
- Die Ausgabe von Bildern, Regionen und Grafiken wird bei Textfenstern an den Rändern „geclippt“, während bei Grafikfenstern „gezoomt“ wird.
- Das Koordinatensystem (z.B. bei get_mbutton oder get_mposition) ist unabhängig von der Bildgröße immer in Bildschirmkoordinaten. Die maximalen Koordinaten entsprechen also der Größe des Fensters minus 1. Im Gegensatz dazu wird bei Grafikfenstern (open_window) immer ein Koordinatensystem verwendet, das dem Bildformat entspricht.

Der Parameter Mode legt den Modus des Fensters fest. Dieser kann folgende Werte annehmen:

'visible': Dies ist der normale Modus für Textfenster: Das Fenster wird entsprechend den Parametern erzeugt und alle Ein- und Ausgaben sind möglich.

'invisible': Unsichtbare Fenster werden nicht auf dem Bildschirm dargestellt. Die Parameter `Row`, `Column`, `BorderWidth`, `BorderColor`, `BackgroundColor` und `FatherWindow` sind ohne Bedeutung. Ausgaben auf diese Fenster haben keine Wirkung. Eingaben (`read_string`, Maus, etc.) sind nicht möglich. Diese Fenster werden verwendet, wenn man Darstellungsparameter für ein Ausgabegerät abfragen möchte, ohne ein (sichtbares) Fenster zu öffnen. Übliche Anfragen sind z.b. `query_color` und `get_string_extents`.

'transparent': Diese Fenster sind durchsichtig: Das Fenster selbst ist nicht sichtbar (Rand und Hintergrund), jedoch sind alle sonstigen Operationen möglich und alle Ausgaben werden dargestellt. Die Parameter `BorderColor` und `BackgroundColor` sind hier ohne Bedeutung. Eine übliche Verwendung für diesen Modus ist die Erzeugung von Maus-sensitiven Bereichen.

'buffer': Dies sind ebenfalls nicht sichtbare Fenster. Die Ausgabe von Bildern, Regionen und Grafik ist auf dem Bildschirm nicht sichtbar, wird jedoch im Speicher gepuffert. Die Parameter `Row`, `Column`, `BorderWidth`, `BorderColor`, `BackgroundColor` und `FatherWindow` sind ohne Bedeutung. Puffer-Fenster verwendet man beispielsweise, wenn man Ausgaben (im Hintergrund) vorbereitet und schließlich mit `copy_rectangle` in ein sichtbares Fenster kopiert. Eine andere Anwendung wäre die schnelle Verarbeitung von Bildauschnitten bei interaktiven Manipulationen. Texteingaben und Mausinteraktion ist mit dem Modus 'buffer' nicht möglich.

Achtung

Es ist zu beachten, dass die Parameter `Row`, `Column`, `Width` und `Height` durch das Ausgabegerät beschränkt sind. Wird ein Vaterfenster (`FatherWindow` <> 'root') angegeben, dann sind die Koordinaten relativ zum diesem Fenster.

Parameter

▷ **`Row`** (input_control) . . . . . rectangle.origin.y ⇝ *integer*
Zeilenindex der linken oberen Ecke.
Default: 0
(lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **`Column`** (input_control) . . . . . rectangle.origin.x ⇝ *integer*
Spaltenindex der linken oberen Ecke.
Default: 0
(lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **`Width`** (input_control) . . . . . rectangle.extent.x ⇝ *integer*
Breite des Fensters.
Default: 256
Wertebereich: 0 ≤ Width (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **`Height`** (input_control) . . . . . rectangle.extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Fensters.
Default: 256
Wertebereich: 0 ≤ Height (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **`BorderWidth`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Breite des Fensterrandes.
Default: 2
Wertebereich: 0 ≤ BorderWidth (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **`BorderColor`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Farbe des Fensterrandes.
Default: 'white'

▷ **BackgroundColor** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Hintergrundfarbe.
Default: 'black'

▷ **FatherWindow** (input_control) ..... pointer ⇝ *integer* / string
Logische Nummer des Vaterfensters. Für den Bildschirm als Vater kann 'root' oder 0 eingegeben werden.
Default: 0
Restriktion: FatherWindow >= 0

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Fenstermodus.
Default: 'visible'
Werteliste: `Mode` ∈ {'visible', 'invisible', 'transparent', 'buffer'}

▷ **Machine** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des Rechners, auf dem das Fenster geöffnet werden soll oder leerer String.
Default: ''

▷ **WindowHandle** (output_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

Beispiel

```
open_textwindow(0,0,900,600,1,'black','slate blue','root','visible', \
                '',WindowHandle1)
open_textwindow(10,10,300,580,3,'red','blue',WindowHandle1,'visible', \
                '',WindowHandle2)
open_window(10,320,570,580,WindowHandle1,'visible','',WindowHandle)
set_color(WindowHandle,'red')
read_image(Image,'monkey')
disp_image(Image,WindowHandle)
Button := 0
repeat
  try
      get_mposition(WindowHandle,Row,Column,Button)
      get_grayval(Image,Row,Column,Gray)
      write_string(WindowHandle2,['  Position (',Row,',',Column,')  '])
      write_string(WindowHandle2,['Gray value (',Gray,')  '])
      new_line(WindowHandle2)
  catch (Exception)
  endtry
until(Button == 4)
close_window(WindowHandle1)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `open_textwindow` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`reset_obj_db`

Nachfolger

`set_color`, `query_window_type`, `get_window_type`, `set_window_type`, `get_mposition`,

set_tposition, set_tshape, set_window_extents, get_window_extents, query_color, set_check, set_system

Alternativen

open_window

Siehe auch

write_string, read_string, new_line, get_string_extents, get_tposition, set_color, query_window_type, get_window_type, set_window_type, get_mposition, set_tposition, set_tshape, set_window_extents, get_window_extents, query_color, set_check, set_system

Modul

Foundation

query_tshape (: : WindowHandle : TextCursor)

Abfrage der verfügbaren Textcursor.

query_tshape ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

query_tshape gibt für das Ausgabefenster die Namen aller Darstellungsarten des Textcursors aus. Diese können von dem Operator set_tshape verwendet werden.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **TextCursor** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
  Namen der verfügbaren Textcursor.

Ergebnis

query_tshape liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window

Nachfolger

set_tshape, write_string, read_string

Siehe auch

set_tshape, get_shape, set_tposition, write_string, read_string

Modul

Foundation

set_comprise (: : WindowHandle, Mode :)

Setzen der Behandlung der Bildmatrix bei der Ausgabe.

set_comprise ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

set_comprise gibt an, ob bei der Ausgabe von Grauwerten (disp_image) nur solche Grauwerte die zu dem auszugebenden Objekt gehören ('object') oder die gesamte Bildkomponente ('image') ausgegeben werden soll. Voreinstellung ist 'object'.

Achtung

Falls der Modus 'image' gewählt wurde, werden bei der Ausgabe undefinierte Grauwertbereiche dargestellt werden. Diese sind je nach Kontext schwarz oder mit beliebigen Speicherinhalten besetzt. Siehe hierzu das Beispiel.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Modus für die Ausgabe von Grauwerten.
Default: 'object'
Werteliste: `Mode` ∈ {'image', 'object'}

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
gen_circle (Circle, 200, 200, 100.5)
reduce_domain (Image, Circle, ImageReduced)
set_system('init_new_image','false')
sobel_amp(ImageReduced,SobelReduced,'sum_abs',3)
dev_display (SobelReduced)
get_comprise(WindowHandle,Mode)
set_comprise(WindowHandle,'image')
stop ()
dev_display (SobelReduced)
```

Ergebnis

`set_comprise` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls der Parameter korrekt und das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`get_comprise`

Nachfolger

`disp_image`

Siehe auch

`get_comprise`, `disp_image`, `disp_color`

Modul

Foundation

set_fix (: : WindowHandle, Mode :)

Setzen der Farbtabellenfixierung.

`set_fix` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

Verhalten bei `Mode` = *'true'*: `set_fix` fixiert das Pixel, das zuletzt durch eine der Funktionen `set_pixel`, `set_gray`, `set_color`, `set_hsi` oder `set_rgb` ermittelt wurde. (Bemerkung: Ein Pixel ist hier der Index in die aktuelle Farbtabelle). Fixierten Pixeln wird durch Setzen einer Farbe oder eines Grauwertes (`set_color`, `set_rgb`, `set_hsi` oder `set_gray`) die entsprechende neue Farbe zugewiesen (d.h überschrieben). Hierdurch ist es möglich an einer Stelle in der Farbtabelle jede Farbe (`set_color`), jeden Grauwert (`set_gray`) und jede Farbkombination (`set_rgb`,`set_hsi`) zu erzeugen.

Wenn Mode den Wert 'false' hat, wird die Fixierung zurückgenommen. Durch fortgesetzte Anwendung von set_pixel, set_fix(::WindowHandle,'true':), set_rgb und set_fix(::WindowHandle,'false':) kann eine Farbtabelle modifiziert oder erzeugt werden.

Achtung

Es ist zu beachten, dass bei der Verwendung von set_fix auch die Farben von „nicht HALCON Fenster“ verändert werden können.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
  Fensteridentifikator.
- ▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Modus für Fixierung.
  Default: 'true'
  Werteliste: Mode ∈ {'true', 'false'}

Ergebnis

Wenn das Fenster gültig ist, die Hardware über eine Farbtabelle verfügt und der Parameter richtig besetzt ist, liefert set_fix 2 (H_MSG_TRUE). Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung ausgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

get_fix

Nachfolger

set_pixel, set_rgb

Siehe auch

get_fix, set_pixel, set_rgb, set_color, set_hsi, set_gray

Modul

Foundation

set_fixed_lut (: : WindowHandle, Mode :)

Festhalten der Farbtabelle bei Echtfarbenbilder.

set_fixed_lut ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

Festhalten der Farbtabelle bei Echtfarbenbilder.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
  Fensteridentifikator.
- ▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Modus für Fixierung.
  Default: 'true'
  Werteliste: Mode ∈ {'true', 'false'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

get_fixed_lut

Modul

Foundation

set_line_approx (: : WindowHandle, Approximation :)

Festlegen der Glättung für die Konturdarstellung.

set_line_approx ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

set_line_approx bestimmt den Approximationsfehler bei der Darstellung von Regionenrändern und XLD Konturen im Fenster WindowHandle. Ein Werte größer Null für Approximation bewirkt eine Vereinfachung/Glättung des Linienverlaufs mit weniger Punkten und ermöglicht eine schnellere Visualisierung. Dabei gibt Approximation die maximale Abweichung des angenäherten Linienzugs vom ursprünglichen in Pixel an (Ramer-Douglas-Peucker Algorithmus).

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **Approximation** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Maximale Abweichung von der Originalkontur.
  Default: 0
  Wertebereich: 0 ≤ Approximation

Beispiel

```
* Calling...
set_line_approx(WindowHandle,Approximation)
set_draw(WindowHandle,'margin')
disp_region(Obj,WindowHandle)

* ...corresponds with
get_region_polygon(Obj,Approximation,Row,Col)
disp_polygon(WindowHandle,Row,Col)
```

Ergebnis

set_line_approx liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls der Parameter korrekt ist und das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

get_line_approx

Nachfolger

disp_region

Alternativen

get_region_polygon, disp_polygon

Siehe auch

get_line_approx, set_line_style, set_draw, disp_region, disp_polygon

Modul

Foundation

set_lut_style (: : WindowHandle, Hue, Saturation, Intensity :)

Verändern der Farbtabelle.

set_lut_style ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

set_lut_style verändert die Farbtabelle des Gerätes, auf dem das Ausgabefenster dargestellt wird. Dabei haben die drei Parameter folgende Bedeutung:

Hue: Rotation des Farbraumes

Hue = 1.0 entspricht einer einmaligen Rotation des Farbraumes.

Keine Veränderung: Hue = 0.0

Komplementärfarben: Hue = 0.5

Saturation: Veränderung der Sättigung

Keine Veränderung: Saturation = 1.0

Grauwertbild: Saturation = 0.0

Intensity Veränderung der Helligkeit

Keine Veränderung: Intensity = 1.0

schwarzes Bild: Intensity = 0.0

Verändert werden nur der Teil der Farbtabelle, der für die Darstellung der Bildinformation verwendet wird. Die Modifikationsparameter bleiben erhalten bis set_lut_style erneut aufgerufen wird. Ein Aufruf von set_lut hat keinen Einfluss auf diese Parameter.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fensteridentifikator.
- ▷ **Hue** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Farbwertmodifikation.
  Default: 0.0
  Wertebereich: 0.0 ≤ Hue ≤ 1.0
- ▷ **Saturation** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Modifikation der Sättigung.
  Default: 1.5
  Wertebereich: 0.0 ≤ Saturation
- ▷ **Intensity** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Modifikation der Intensität.
  Default: 1.5
  Wertebereich: 0.0 ≤ Intensity

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
dev_set_lut('color1')
repeat
  get_mbutton(WindowHandle,Row,Column,Button)
  Saturation := Row/300.0
  Hue := Column/512.0
  set_lut_style(WindowHandle,Hue,Saturation,1.0)
  dev_display(Image)
until(Button == 4)
```

Ergebnis

set_lut_style liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls der Parameter korrekt ist und das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

get_lut_style

Nachfolger

set_lut

Alternativen

set_lut, scale_image

Siehe auch

get_lut_style

Modul

Foundation

set_pixel (: : WindowHandle, Pixel :)

Setzen eines Index in der Farbtabelle.

set_pixel ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

set_pixel setzt die Pixelwerte, die mit get_pixel abgefragt wurden. Farben (set_color, set_rgb, etc.) und Grauwert (set_gray) werden gemeinsam in eine ganze Zahl kodiert. Diese Zahl wird Pixel genannt. Ein Pixel ist ein Index in der Farbtabelle und hat einen Wertebereich von 0,1 bei S/W-Bildschirmen und 0..255 bei Farbbildschirmen mit 8 Bildebenen. Dieses Pixel ist also nicht mit dem Pixel („picture element“) der Bildverarbeitung (Bildpunkt) zu verwechseln. Deshalb wird bei HALCON immer zwischen Pixel und Bildpunkt (oder auch Grauwert) unterschieden.

Dieser Code (Pixel) wird mit get_pixel abgefragt und kann mit set_pixel wieder zurückgesetzt werden. Der Wertebereich des Parameters beginnt bei Null und läuft bis zu einer oberen Grenze, wobei diese der Anzahl darstellbarer Graustufen bzw. Farbwerte der Ausgabegeräte entspricht.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
Fenster-Handle.

▷ **Pixel** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Index in der aktuellen Farbtabelle.
Default: 128
Wertebereich: $0 \leq \texttt{Pixel} \leq 255$

Ergebnis

set_pixel liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls der Parameter korrekt ist und das Fenster gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

get_pixel

Nachfolger

disp_image, disp_region

Alternativen

set_rgb, set_color, set_hsi

Siehe auch

get_pixel, set_lut, disp_region, disp_image, disp_color

Modul

Foundation

set_tshape (: : WindowHandle, TextCursor :)

Form des Textcursors setzen.

set_tshape ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

set_tshape setzt die Darstellungsart, die für den Textcursor des Ausgabefensters verwendet werden soll.

Unter Textcursor (im Gegensatz zu Mauscursor; beide werden einfach als Cursor bezeichnet, wenn Missverständnisse ausgeschlossen sind) wird hier die Markierung der aktuellen Schreibposition verstanden.

Ein Tupel aller verfügbaren Arten kann mit dem Operator query_tshape abgefragt werden.

Parameter

- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.
- ▷ **TextCursor** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Name der Cursorform.
  Default: 'invisible'

Ergebnis

set_tshape liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls das Fenster gültig ist und für dieses die angegebene Form definiert ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window, query_tshape, get_tshape

Nachfolger

write_string, read_string

Siehe auch

get_tshape, query_tshape, write_string, read_string

Modul

Foundation

slide_image (: : WindowHandleSource1, WindowHandleSource2, WindowHandle :)

Interaktives Ausgeben aus zwei Fenster-Puffern.

Der Operator slide_image funktioniert nicht mit HDevelop Grafikfenstern. Er wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

slide_image teilt das Fenster in Abhängigkeit von der Mausposition horizontal in zwei logische Bereiche. In den oberen wird der Inhalt des ersten angegebenen Fensters kopiert, in den unteren der Inhalt des zweiten Fensters. Drückt man die linke Maustaste, kann die Grenze zwischen den beiden Bereichen verschoben werden (die Maus darf dazu auch außerhalb des Fensters bewegt werden. Dabei legt die Position der Maus relativ zum Fenster die Trennlinie fest).

Durch einen Klick mit der rechten Maustaste in das Fenster wird der Operator slide_image beendet.

Der Operator slide_image lässt sich sinnvoll verwenden, um die Auswirkung etwa einer Filteroperation auf ein Bild zu visualisieren. Die Ausgabe erfolgt auf das aktuell gesetzte Fenster (WindowHandle).

Achtung

Die drei Fenster müssen die gleiche Größe haben und sich auf dem gleichen Rechner befinden.

Parameter

- ▷ **WindowHandleSource1** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Logische Fensternummer des „oberen Fensters“.
- ▷ **WindowHandleSource2** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Logische Fensternummer des „unteren Fensters“.
- ▷ **WindowHandle** (input_control) ..... window ⇝ *handle*
  Fenster-Handle.

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
sobel_dir (Image, EdgeAmplitude, EdgeDirection, 'sum_abs', 3)
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle1)
dev_display (EdgeAmplitude)
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle2)
dev_display (EdgeDirection)
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle)
slide_image (WindowHandle1, WindowHandle2, WindowHandle)
```

Ergebnis

slide_image liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls beide Fenster existieren und ein Fenster davon gültig ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_window

Alternativen

copy_rectangle, get_mposition

Siehe auch

open_window, move_rectangle

Modul

Foundation

write_lut (: : WindowHandle, FileName :)

Schreiben der aktuellen Farbtabelle in eine Datei.

write_lut ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

write_lut legt die aktuelle Farbtabelle (das ist der für Grauwerte relevante Ausschnitt der Tabelle) des gültigen Ausgabefenster in der Datei FileName ab. Sie kann dann später mittels set_lut wieder geladen werden.

Achtung

write_lut kann nur auf Bildschirmen mit 256 Farben verwendet werden.

Parameter

▷ **WindowHandle** (input_control) . . . . . window ⇝ *handle*
Fensteridentifikator.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der Datei für die aktuelle Farbtabelle.
Default: '/tmp/lut'
Dateiendung: `.lut`

Ergebnis

Ist der Dateiname in Ordnung und hat das Fenster die richtigen Eigenschaften (256 Farben), dann liefert `write_lut` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`set_lut`

Siehe auch

`set_lut`, `set_pixel`, `get_pixel`

Modul

Foundation

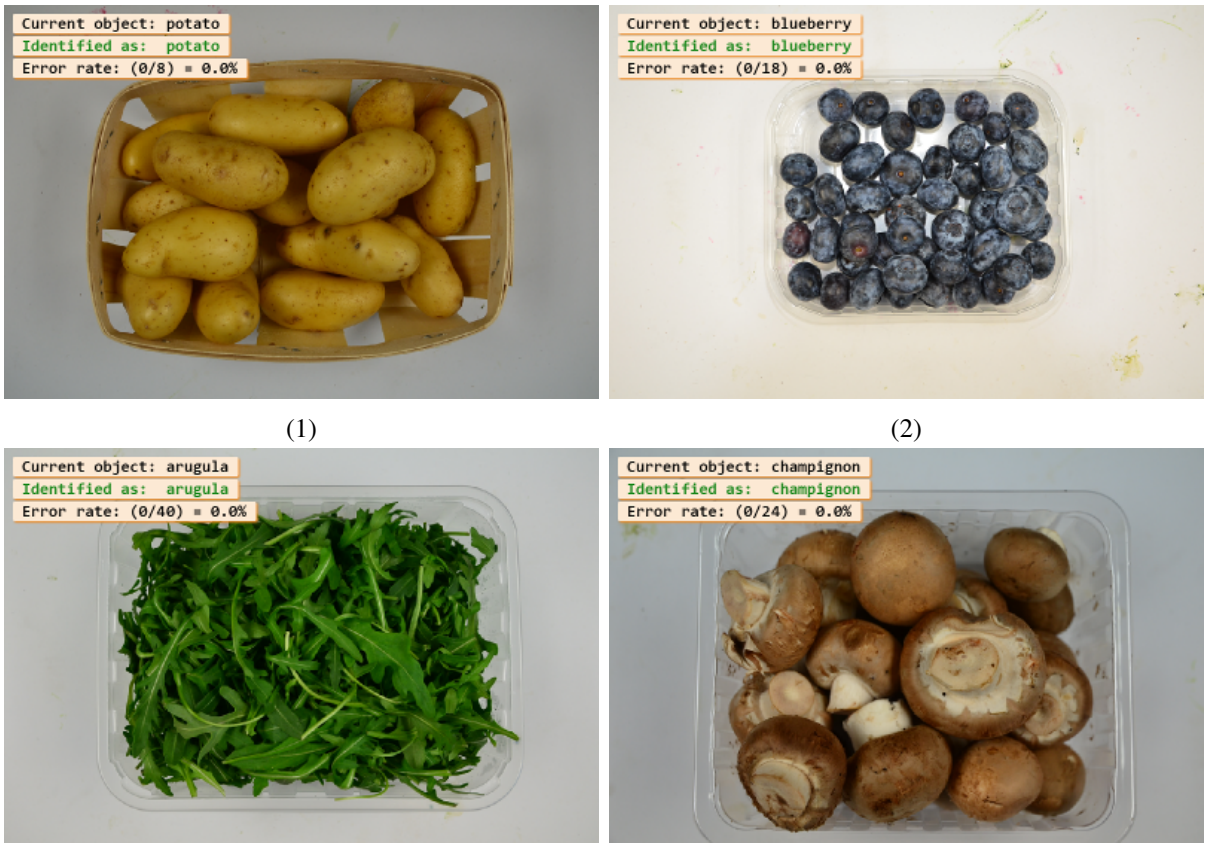
17.5 Identifizierung

Dieses Kapitel beschreibt Operatoren für die samplebasierte Identifikation.

Konzept der samplebasierten Identifikation

Mit der samplebasierten Identifikation können eintrainierte Objekte anhand von charakteristischen Merkmalen wie Textur oder Farbe identifiziert werden. Dies ermöglicht es, Objekte zu identifizieren, die nicht mit einem Barcode oder einem Datacode markiert sind. Verglichen mit den Klassifikationsverfahren aus Kapitel Klassifikation, ist die Vorbereitung und das Training für die samplebasierte Identifikation sehr komfortabel, da hier kein komplexes Parametertuning nötig ist. Mit der samplebasierten Identifikation können sehr viele Objekte voneinander unterschieden werden. Die Identifikation ist robust gegenüber Rotation, Skalierung und Beleuchtungsänderungen sowie gegenüber Verdeckungen, Störungen und moderaten perspektivischen Verzerrungen. Darüber hinaus ist die Identifikation robust gegenüber moderaten Deformationen des Objekts und sie erlaubt in gewissen Grenzen auch die Identifikation von Schüttgut. Andererseits bedeutet dies, dass Objekte nicht unterschieden werden können, die sich sehr ähnlich sind oder sich nur in einem der Punkte unterscheiden, gegenüber denen die samplebasierte Identifikation robust ist. Zu beachten ist, dass die samplebasierte Identifikation nur mit texturierten Objekten funktioniert.

Mit der samplebasierten Identifikation kann immer nur ein Objekt pro Bild identifiziert werden. Das bedeutet, dass jedes Suchbild, oder genauer gesagt die Domain jedes Suchbildes nur ein Objekt enthalten darf.



Samplebasierte Identifikation der Objekte 'potato', 'blueberry', 'arugula' und 'champignon'. Diese Bilder stammen aus dem Beispielprogramm `identify_vegetables.hdev`.

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte, die zur Benutzung der samplebasierten Identifikation benötigt werden, kurz beschrieben.

Anlegen und Vorbereiten eines Sample-Identifikators: Zuerst muss ein Sample-Identifikator bereitgestellt werden. Dies erfolgt durch das Anlegen und Vorbereiten mit den Operatoren

- `create_sample_identifier`,
- `add_sample_identifier_preparation_data`, und
- `prepare_sample_identifier`.

Der Schritt der Vorbereitung ist notwendig, um die internen Datenstrukturen des Sample-Identifikators an die Art der Objekte anzupassen, die unterschieden werden sollen. Alternativ dazu kann ein bereits verfügbarer Sample-Identifikator, der mit `write_sample_identifier` in eine Datei geschrieben wurde, mit dem Operator `read_sample_identifier` von Datei eingelesen werden. Einen vorbereiteten Sample-Identifikator kann man sich in gewisser Weise wie eine Lagerhalle vorstellen, die für die Lagerung einer bestimmten Art von Produkten ausgelegt ist.

Trainieren des Sample-Identifikators: Im Anschluss an die Vorbereitung muss der Sample-Identifikator mit Samples der zu unterscheidenden Objekte trainiert werden. Dies erfolgt mit den Operatoren

- `add_sample_identifier_training_data` und
- `train_sample_identifier`

Es ist jederzeit möglich, den Sample-Identifikator nachzutrainieren. Hierfür können Samples aus dem Sample-Identifikator mit dem Operator `remove_sample_identifier_training_data` gelöscht werden und es können neue Samples mit dem Operator `add_sample_identifier_training_data` hinzugefügt werden. Sofern sich die Art der zu unterscheidenden Objekte nicht zu stark ändert, ist es nicht notwendig, die Vorbereitung des Sample-Identifikator erneut durchzuführen. Das Training entspricht - um im obigen Bild zu bleiben - dem Auffüllen der Lagerhalle.

Anwenden des Sample-Identifikators zum Identifizieren von Objekten: Nun kann der trainierte Sample-Identifikator verwendet werden um Objekte zu identifizieren. Das Identifizieren erfolgt mit dem Operator

- apply_sample_identifier.

Weitere Operatoren zur Administration und Kontrolle des Sample-Identifikators

Zusätzlich zu den oben genannten Operatoren können folgende weitere Operatoren zur Administration des Sample-Identifikator verwendet werden. Mit remove_sample_identifier_preparation_data und remove_sample_identifier_training_data können die Daten, die zur Vorbereitung bzw. zum Training des Sample-Identifikator hinzugefügt wurden, wieder gelöscht werden. Sie werden dann bei einer weiteren Vorbereitung bzw. einem weiteren Training nicht mehr verwendet. Die Operatoren set_sample_identifier_object_info und get_sample_identifier_object_info können dazu verwendet werden, die einzelnen Objekte mit einem Namen oder einer anderen Beschreibung zu kennzeichnen. Darüber hinaus können mit dem Operator get_sample_identifier_object_info weitere Informationen über die Anzahl der Objekte, die für die Vorbereitung bzw. das Training zur Verfügung stehen abgefragt werden. Mit den Operatoren set_sample_identifier_param und get_sample_identifier_param können Steuerparameter gesetzt und abgefragt werden.

Glossar

Im Folgenden werden die wichtigsten Begriffe, die im Umfeld der samplebasierten Identifikation verwendet werden, beschrieben:

Objekt Ein Objekt, das mit der samplebasierten Identifikation identifiziert werden soll.

Objektindex Der Index eines Objekts. Der Index ist eine eindeutige Kennzeichnung des Objekts, der im SampleIdentifier im Zuge des Hinzufügens von Daten für die Vorbereitung bzw. das Training gesetzt wird. Der Objektindex ist auch das wesentliche Ergebnis des Operators apply_sample_identifier. Mit dem Operator set_sample_identifier_object_info kann für jedes Objekt auch ein beschreibender Name gesetzt werden, der die Interpretation der Ergebnisse erleichtert.

Objektsample Ein Sample oder eine Ansicht eines Objekts. Manchmal wird hierfür auch der Begriff „Samplebild´´ verwendet.

Samplebild Dieser Begriff wird als Synonym für Objektsample verwendet, insbesondere dann, wenn der Schwerpunkt auf dem Bild liegt.

Objektsampleindex Der Index eines Objektsamples. Dieser Index wird für jedes Objekt getrennt vergeben. Er startet für jedes Objekt bei *0*. Daher ist der Objektsampleindex nur zusammen mit dem entsprechenden Objektindex eindeutig.

Vorbereitung Die Anpassung der internen Datenstruktur des Sample-Identifikators an die Merkmale eines Satzes von Objektsamples. Diese Satz sollte die bei der Anwendung der Identifikation zu erwartenden Objektsamples beispielhaft abdecken.

Vorbereitungsobjekt Ein Objekt, das dem Sample-Identifikator mit dem Operator add_sample_identifier_preparation_data hinzugefügt wurde.

Sample für die Vorbereitung Ein Objektsample eines Vorbereitungsobjekts. Die Vorbereitung des Sample-Identifikators wird typischerweise mit mehreren Samples für die Vorbereitung pro Vorbereitungsobjekt durchgeführt.

Vorbereitungsdaten Die Menge aller Samples für die Vorbereitung.

Training Das Training des Sample-Identifikators. Bei diesem Schritt lernt der Sample-Identifikator die vorgegebenen Objekte zu unterscheiden.

Trainingsobjekt Ein Objekt, das dem Sample-Identifikator mit dem Operator add_sample_identifier_training_data hinzugefügt wurde oder das aus der Wiederverwendung der Vorbereitungsdaten entstanden ist. Im Gegensatz zu Vorbereitungsobjekten müssen alle Trainingsobjekte mit einem eindeutigen Objektindex gekennzeichnet sein.

Sample für das Training Ein Objektsample eines Trainingsobjekts. Das Training des Sample-Identifikators wird typischerweise mit mehreren Samples für das Training pro Trainingsobjekt durchgeführt.

Trainingsdaten Die Menge aller Samples für das Training.

Suchbild Ein Bild, das ein Objekt enthält, welches mit dem Sample-Identifikator identifiziert werden soll.

```
add_sample_identifier_preparation_data (
    SampleImage : : SampleIdentifier,  ObjectIdx,  GenParamName,
    GenParamValue : ObjectSampleIdx )
```

Hinzufügen von Samples für die Vorbereitung eines Sample-Identifikators.

add_sample_identifier_preparation_data ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die Operatoren für die Deep Learning-basierte Klassifikation verwenden, die in Deep Learning / Klassifikation beschrieben sind.

add_sample_identifier_preparation_data fügt einem bestehenden Sample-Identifikator Samples für die Vorbereitung hinzu. Dies ist eine Voraussetzung für die Vorbereitung des Sample-Identifikators mit dem Operator prepare_sample_identifier.

Das Konzept der samplebasierten Identifikation ist bei der Einleitung zu Kapitel Legacy / Identifizierung beschrieben.

Um die besten Identifikationsergebnisse zu erzielen, muss die interne Datenstruktur des Sample-Identifikators an die Art der Objekte angepasst werden, die unterschieden werden sollen. Hierfür sollten Samplebilder für alle zu unterscheidenden Arten von Objekten verwendet werden.

Mit jedem Aufruf von add_sample_identifier_preparation_data werden dem Sample-Identifikator SampleIdentifier die Merkmale eines Samplebildes SampleImage hinzugefügt. Die gesamten Vorbereitungsdaten bestehen aus den Merkmalen aller Samplebilder, die dem Sample-Identifikator mit mehreren Aufrufen von add_sample_identifier_preparation_data hinzugefügt wurden. Die Vorbereitungsdaten sollten

- alle Arten von Objekten, die unterschieden werden sollen und
- alle unterschiedlichen Ansichten der Objekte, die bei der Anwendung des Sample-Identifikators auftreten können (in maximal 45°-Schritten abgetastet)

abdecken.

Die Domain des Samplebildes SampleImage sollte auf das im Bild sichtbare Objekt reduziert sein. Dies ist notwendig, um zu vermeiden, dass sich der SampleIdentifier an den Hintergrund der Samplebilder anpasst.

Wenn die Vorbereitungsdaten die oben genannten Anforderungen nicht vollständig erfüllen, kann der Sample-Identifikator trotzdem damit vorbereitet werden. Allerdings kann die Qualität des Identifikationsergebnisses darunter leiden.

Es ist zu beachten, dass RGB-Farbbilder zur Vorbereitung verwendet werden müssen, wenn beim Anlegen des Sample-Identifikators mit dem Operator create_sample_identifier der generische Parameter *'add_color_info'* auf *'true'* gesetzt wurde.

Idealerweise sind die Bilder, die für die Vorbereitung und für das Training (siehe add_sample_identifier_training_data und train_sample_identifier) verwendet werden, identisch. Dies kann sehr einfach durch eine Wiederverwendung der Vorbereitungsdaten für das Training erreicht werden. Hierzu ist es allerdings notwendig, dass für jedes Samplebild der Objektindex in dem Parameter ObjectIdx angegeben wird. Wird die Wiederverwendung der Vorbereitungsdaten nicht gewünscht, kann ObjectIdx auf *'unknown'* gesetzt werden. Siehe prepare_sample_identifier für eine Beschreibung, wie die Vorbereitungsdaten für das Training des Sample-Identifikators wiederverwendet werden können.

Mit den folgenden generischen Parametern kann das Verhalten des Operators add_sample_identifier_preparation_data beeinflusst werden. Diese Parameter und ihre Werte können in GenParamName und GenParamValue übergeben werden. Die folgenden generischen Parameter können gesetzt werden:

'image_resize_method': Siehe create_sample_identifier für eine Beschreibung dieses Parameters.

Werteliste: *'none'*, *'scale_factor'*, *'subsampling_step'*, *'image_area'*

Default: Wenn *'image_resize_method'* nicht explizit durch diesen Operator gesetzt wird, wird der Wert verwendet, der mit create_sample_identifier oder set_sample_identifier_param gesetzt wurde.

'image_resize_value': Siehe create_sample_identifier für eine Beschreibung dieses Parameters.

Wertevorschläge: *0.25*, *0.5*, *1.0*, *2*, *3*, *4*

Default: Wenn *'image_resize_value'* nicht explizit durch diesen Operator gesetzt wird, wird der Wert verwendet, der mit create_sample_identifier oder set_sample_identifier_param gesetzt wurde.

add_sample_identifier_preparation_data gibt den Objektsampleindex für das in SampleImage übergebene Sample für die Vorbereitung zurück. Dieser Index kann z.B. verwendet werden, um das entsprechende Sample aus den Vorbereitungsdaten zu entfernen, falls der Sample-Identifikator mit einem anderen Satz von Vorbereitungsdaten vorbereitet werden soll.

Parameter

- ▷ **SampleImage** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object* : byte
  Bild, das ein Objekt zeigt.
- ▷ **SampleIdentifier** (input_control) ..... sample_identifier ⇝ *handle*
  Handle des Sample-Identifikators.
- ▷ **ObjectIdx** (input_control) ..... integer ⇝ *integer* / string
  Index des im Bild SampleImage sichtbaren Objekts.
  Default: 'unknown'
  Wertevorschläge: ObjectIdx ∈ {'unknown', 0, 1, 2, 3, 4, 5}
- ▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
  Generischer Parametername.
  Default: []
  Werteliste: GenParamName ∈ {'image_resize_method', 'image_resize_value'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value-array ⇝ *real* / string / integer
  Generischer Parameterwert.
  Default: []
  Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'none', 'scale_factor', 'subsampling_step', 'image_area', 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 2, 3, 4}
- ▷ **ObjectSampleIdx** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Index des hinzugefügten Objektsamples.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert add_sample_identifier_preparation_data den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

create_sample_identifier, read_sample_identifier

Nachfolger

prepare_sample_identifier

Alternativen

read_sample_identifier

Siehe auch

add_sample_identifier_training_data, train_sample_identifier, apply_sample_identifier, set_sample_identifier_param, get_sample_identifier_param, get_sample_identifier_object_info, remove_sample_identifier_preparation_data, remove_sample_identifier_training_data, write_sample_identifier, serialize_sample_identifier, deserialize_sample_identifier, clear_sample_identifier, set_sample_identifier_object_info

Modul

Matching

```
add_sample_identifier_training_data (
    SampleImage : : SampleIdentifier,  ObjectIdx,  GenParamName,
    GenParamValue : ObjectSampleIdx )
```

Hinzufügen von Samples für das Training eines Sample-Identifikators.

add_sample_identifier_training_data ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die Operatoren für die Deep Learning-basierte Klassifikation verwenden, die in Deep Learning / Klassifikation beschrieben sind.

add_sample_identifier_training_data fügt einem bestehenden Sample-Identifikator Samples für das Training hinzu. Dies ist eine Voraussetzung für das Training des Sample-Identifikators mit dem Operator train_sample_identifier.

Das Konzept der samplebasierten Identifikation ist bei der Einleitung zu Kapitel Legacy / Identifizierung beschrieben.

Um Objekte identifizieren zu können, muss der Sample-Identifikator SampleIdentifier mit einem repräsentativen Satz von Samplebildern der zu unterscheidenden Objekte trainiert werden. Diese Samplebilder müssen dem Sample-Identifikator SampleIdentifier mit dem Operator add_sample_identifier_training_data hinzugefügt werden.

Mit jedem Aufruf von add_sample_identifier_training_data werden dem Sample-Identifikator SampleIdentifier die Merkmale eines Samplebildes SampleImage hinzugefügt. Die gesamten Trainingsdaten bestehen aus den Merkmalen aller Samplebilder, die dem Sample-Identifikator mit mehreren Aufrufen von add_sample_identifier_training_data hinzugefügt wurden. Die Trainingsdaten müssen

- alle Arten von Objekten, die unterschieden werden sollen und
- alle unterschiedlichen Ansichten der Objekte, die bei der Anwendung des Sample-Identifikators auftreten können (in maximal 45°-Schritten abgetastet)

abdecken.

Die Domain des Samplebildes SampleImage sollte auf das im Bild sichtbare Objekt reduziert sein. Dies ist notwendig, um zu vermeiden, dass der SampleIdentifier auf den Hintergrund der Samplebilder trainiert wird.

Es ist zu beachten, dass es, im Gegensatz zu den Vorbereitungsdaten, unbedingt notwendig ist, dass die Trainingsdaten den oben genannten Anforderungen entsprechen. Andernfalls kann der Sample-Identifikator die Objekte, für die die relevanten Samplebilder fehlen, nicht identifizieren.

Es ist auch zu beachten, dass RGB-Farbbilder für das Training verwendet werden müssen, wenn beim Anlegen des Sample-Identifikators mit dem Operator create_sample_identifier der generische Parameter *'add_color_info'* auf *'true'* gesetzt wurde.

Idealerweise sind die Bilder, die für die Vorbereitung (siehe add_sample_identifier_preparation_data und prepare_sample_identifier) und für das Training verwendet werden, identisch. Siehe prepare_sample_identifier für eine Beschreibung, wie die Vorbereitungsdaten für das Training des Sample-Identifikators wiederverwendet werden können.

Mit den folgenden generischen Parametern kann das Verhalten des Operators add_sample_identifier_training_data beeinflusst werden. Diese Parameter und ihre Werte können in GenParamName und GenParamValue übergeben werden. Die folgenden generischen Parameter können gesetzt werden:

'image_resize_method': Siehe create_sample_identifier für eine Beschreibung dieses Parameters.

Werteliste: *'none'*, *'scale_factor'*, *'subsampling_step'*, *'image_area'*

Default: Wenn *'image_resize_method'* nicht explizit durch diesen Operator gesetzt wird, wird der Wert verwendet, der mit create_sample_identifier oder set_sample_identifier_param gesetzt wurde.

'image_resize_value': Siehe create_sample_identifier für eine Beschreibung dieses Parameters.

Wertevorschläge: *0.25*, *0.5*, *1.0*, *2*, *3*, *4*

Default: Wenn *'image_resize_value'* nicht explizit durch diesen Operator gesetzt wird, wird der Wert verwendet, der mit create_sample_identifier oder set_sample_identifier_param gesetzt wurde.

add_sample_identifier_training_data gibt den Objektsampleindex des Samples für das Training, das in SampleImage übergeben wurde, zurück. Dieser Index kann z.B. verwendet werden, um das entsprechende Sample aus den Trainingsdaten zu entfernen, falls der Sample-Identifikator mit einem anderen Satz von Trainingsdaten trainiert werden soll.

Parameter

- ▷ **SampleImage** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object* : byte
  Bild, das ein Objekt zeigt.
- ▷ **SampleIdentifier** (input_control) . . . . . sample_identifier ⇝ *handle*
  Handle des Sample-Identifikators.
- ▷ **ObjectIdx** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
  Index des im Bild SampleImage sichtbaren Objekts.
  Wertevorschläge: ObjectIdx ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5}
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Generischer Parametername.
  Default: []
  Werteliste: GenParamName ∈ {'image_resize_method', 'image_resize_value'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / string / integer
  Generischer Parameterwert.
  Default: []
  Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'none', 'scale_factor', 'subsampling_step', 'image_area', 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 2, 3, 4}
- ▷ **ObjectSampleIdx** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Index des hinzugefügten Objektsamples.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert add_sample_identifier_training_data den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

prepare_sample_identifier, read_sample_identifier

Nachfolger

train_sample_identifier

Alternativen

read_sample_identifier

Siehe auch

create_sample_identifier, add_sample_identifier_preparation_data, apply_sample_identifier, set_sample_identifier_param, get_sample_identifier_param, get_sample_identifier_object_info, remove_sample_identifier_preparation_data, remove_sample_identifier_training_data, write_sample_identifier, serialize_sample_identifier, deserialize_sample_identifier, clear_sample_identifier, set_sample_identifier_object_info

Modul

Matching

apply_sample_identifier (Image : : SampleIdentifier, NumResults, RatingThreshold, GenParamName, GenParamValue : ObjectIdx, Rating)

Identifizieren von Objekten mit einem Sample-Identifikator.

apply_sample_identifier ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die Operatoren für die Deep Learning-basierte Klassifikation verwenden, die in Deep Learning / Klassifikation beschrieben sind.

apply_sample_identifier identifiziert das Objekt im Bild Image mit dem gegebenen Sample-Identifikator SampleIdentifier und liefert den entsprechenden Objektindex in ObjectIdx zurück.

Das Konzept der samplebasierten Identifikation ist bei der Einleitung zu Kapitel Legacy / Identifizierung beschrieben.

Der Operator apply_sample_identifier kann nur ein Objekt pro Suchbild identifizieren. Das bedeutet, dass das in Image übergebene Suchbild, oder genauer gesagt dessen Domain, nur ein Objekt enthalten darf. Der Parameter NumResults gibt die Anzahl von Hypothesen an, die zurückgegeben werden. Die Hypothesen sind dabei nach ihrer Bewertung sortiert. Wenn der generische Parameter *'apply_rating_threshold'* auf *'true'* gesetzt ist (siehe unten), werden nur solche Hypothesen zurück gegeben, deren Bewertung besser als der in RatingThreshold angegebenen Schwellenwert ist.

Der Objektindex des identifizierten Objekts wird in ObjectIdx zurückgegeben und die entsprechende Bewertung in Rating. Wenn NumResults auf einen Wert größer als *1* gesetzt ist, werden die Objektindizes und die Bewertungen der besten NumResults Hypothesen in ObjectIdx und Rating zurückgegeben.

Mit den folgenden generischen Parametern kann das Verhalten des Sample-Identifikators SampleIdentifier beeinflusst werden. Die Parameter und ihre Werte können in GenParamName und GenParamValue übergeben werden. Die folgenden generischen Parameter können gesetzt werden:

'rating_method': Dieser Parameter legt fest, welche Bewertungsmethode für die Identifikation der Objekte verwendet wird. Es stehen drei unterschiedliche Bewertungsmethoden zur Auswahl:

'distance' Die Bewertung wird aufgrund der Distanz zwischen den Merkmalen im Suchbild und den trainierten Samplebildern durchgeführt. Die Bewertungen liegen zwischen *0.0* und *2.0*. Sind Suchbild und Samplebild identisch, so wird eine Bewertung von *0.0* im Parameter Rating zurückgegeben. Je stärker sich die Bilder unterscheiden, desto höher wird die Bewertung. Bei dieser Bewertungsmethode werden die Rohdaten der Bewertung zurückgegeben. Diese Bewertungsmethode hat den Vorteil, dass die Bewertung nur von den Samples für das Training abhängt, die für das identifizierte Objekt trainiert wurden. Die Bewertungen der beiden anderen Bewertungsmethoden hängen auch von allen übrigen Samples für das Training ab.

'score' Die Bewertung basiert auf einer komplizierten Kombination der einzelnen Auswertungen für Textur und Farbe. Die Bewertungen liegen zwischen *0.0* und *1.0*. Höhere Werte bedeuten eine bessere Übereinstimmung. Wird sowohl Textur als auch Farbe verwendet, liefert diese Bewertungsmethode die besten Ergebnisse und sollte daher in diesem Fall auch verwendet werden. Ein Nachteil dieser Bewertungsmethode ist, dass die Bewertungen von Trainingsbildern typischerweise deutlich unter *1.0* liegt. Außerdem muss ein passender Schwellenwert für jede Anwendung gesondert bestimmt werden.

'score_single' Die Bewertung basiert auf einer einfachen Kombination der einzelnen Auswertungen für Textur und Farbe. Die Bewertungen liegen zwischen *0.0* und *1.0*. Höhere Werte bedeuten eine bessere Übereinstimmung. Wird sowohl Textur wie auch Farbe verwendet, liefert die Bewertungsmethode *'score'* bessere Ergebnisse. Der Vorteil der Bewertungsmethode *'score_single'* ist, dass sie für Trainingsbilder die Bewertung *1.0* liefert. Daher sollte diese Methode angewendet werden, wenn nur Textur oder nur Farbe für die Identifikation verwendet werden. Bei dieser Bewertungsmethode ist es auch leichter einen passenden Schwellenwert festzulegen, als bei der Bewertungsmethode *'score'*.

Es ist zu beachten, dass die Wahl der Bewertungsmethode nicht nur die (Zahlenwerte der) Bewertung beeinflusst, die im Parameter Rating zurückgegeben wird, sondern auch die eigentliche Identifikation der Objekte.

Werteliste: *'distance'*, *'score'*, *'score_single'*

Default: *'score'*

'apply_rating_threshold': Dieser Parameter legt fest, ob der in RatingThreshold übergebene Schwellenwert angewendet wird, oder nicht. Wenn *'apply_rating_threshold'* auf *'true'* gesetzt ist, wird der Schwellenwert angewendet.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: *'true'*

'use_color_info': Siehe set_sample_identifier_param für eine Beschreibung dieses Parameters.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: So lange *'use_color_info'* nicht gesetzt wird, wird der Wert verwendet, der mit *'add_color_info'* in `create_sample_identifier` gesetzt wurde.

'use_texture_info': Siehe `set_sample_identifier_param` für eine Beschreibung dieses Parameters.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: So lange *'use_texture_info'* nicht gesetzt wird, wird der Wert verwendet, der mit *'add_texture_info'* in `create_sample_identifier` gesetzt wurde.

'image_resize_method': Siehe `create_sample_identifier` für eine Beschreibung dieses Parameters.

Werteliste: *'none'*, *'scale_factor'*, *'subsampling_step'*, *'image_area'*

Default: Wenn *'image_resize_method'* nicht explizit mit diesem Operator gesetzt wird, wird der Wert verwendet, der mit `create_sample_identifier` oder mit `set_sample_identifier_param` gesetzt wurde.

'image_resize_value': Siehe `create_sample_identifier` für eine Beschreibung dieses Parameters. Es ist hierbei zu beachten, dass die zu identifizierenden Objekte in den Suchbildern in etwa in derselben Größe erscheinen, wie in den Samples für das Training.

Wertevorschläge: *0.25*, *0.5*, *1.0*, *2*, *3*, *4*

Default: Wenn *'image_resize_value'* nicht explizit mit diesem Operator gesetzt wird, wird der Wert verwendet, der mit `create_sample_identifier` oder mit `set_sample_identifier_param` gesetzt wurde.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object : byte*
  Bild, das das zu identifizierende Objekt zeigt.
- ▷ **`SampleIdentifier`** (input_control) ..... sample_identifier ⇝ *handle*
  Handle des Sample-Identifikators.
- ▷ **`NumResults`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Hypothesen, die zurückgegeben werden.
  Default: 1
  Wertevorschläge: `NumResults` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 10}
- ▷ **`RatingThreshold`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Schwellenwert für die Bewertung.
  Default: 0.0
  Wertevorschläge: `RatingThreshold` ∈ {0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
- ▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
  Generischer Parametername.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'use_texture_info', 'use_color_info', 'image_resize_method', 'image_resize_value', 'rating_method', 'apply_rating_threshold'}
- ▷ **`GenParamValue`** (input_control) ..... attribute.value-array ⇝ *real* / string / integer
  Generischer Parameterwert.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false', 'distance', 'score', 'score_single'}
- ▷ **`ObjectIdx`** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Index des identifizierten Objekts.
- ▷ **`Rating`** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Bewertung des identifizierten Objekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `apply_sample_identifier` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

train_sample_identifier, read_sample_identifier

Nachfolger

add_sample_identifier_training_data

Siehe auch

create_sample_identifier, add_sample_identifier_preparation_data, prepare_sample_identifier, set_sample_identifier_param, get_sample_identifier_param, get_sample_identifier_object_info, remove_sample_identifier_preparation_data, remove_sample_identifier_training_data, write_sample_identifier, serialize_sample_identifier, deserialize_sample_identifier, clear_sample_identifier, set_sample_identifier_object_info

Modul

Matching

clear_sample_identifier (: : SampleIdentifier :)

Freigeben des Speichers eines Sample-Identifikators.

clear_sample_identifier ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die Operatoren für die Deep Learning-basierte Klassifikation verwenden, die in Deep Learning / Klassifikation beschrieben sind.

clear_sample_identifier gibt den Speicher eines Sample-Identifikators, der mit create_sample_identifier, read_sample_identifier, oder deserialize_sample_identifier angelegt wurde, wieder frei. Der Sample-Identifikator kann nach dem Aufruf nicht mehr verwendet werden. Der Handle SampleIdentifier ist nach dem Aufruf ungültig.

Das Konzept der samplebasierten Identifikation ist bei der Einleitung zu Kapitel Legacy / Identifizierung beschrieben.

Parameter

▷ **SampleIdentifier** (input_control) ..... sample_identifier ⇝ *handle*
Handle des Sample-Identifikators.

Ergebnis

Ist der Handle des Sample-Identifikators gültig, dann liefert clear_sample_identifier den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SampleIdentifier

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

write_sample_identifier, serialize_sample_identifier

Siehe auch

create_sample_identifier, add_sample_identifier_preparation_data, prepare_sample_identifier, add_sample_identifier_training_data, train_sample_identifier, apply_sample_identifier, set_sample_identifier_param, get_sample_identifier_param, get_sample_identifier_object_info,

remove_sample_identifier_preparation_data,
remove_sample_identifier_training_data, read_sample_identifier,
deserialize_sample_identifier, set_sample_identifier_object_info

Modul

Matching

create_sample_identifier (: : GenParamName,
GenParamValue : SampleIdentifier)

Anlegen eines neuen Sample-Identifikators.

create_sample_identifier ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die Operatoren für die Deep Learning-basierte Klassifikation verwenden, die in Deep Learning / Klassifikation beschrieben sind.

Der Operator create_sample_identifier legt einen neuen Sample-Identifikator an. Alternativ dazu kann ein bereits verfügbarer Sample-Identifikator mit dem Operator read_sample_identifier von Datei eingelesen werden.

Das Konzept der samplebasierten Identifikation ist bei der Einleitung zu Kapitel Legacy / Identifizierung beschrieben.

Wenn Farbinformation für die Identifikation verwendet werden soll, ist es notwendig, dies explizit anzugeben. Dies erfolgt durch das Setzen des generischen Parameters *'add_color_info'* auf *'true'*.

Mit den generischen Parametern kann das Verhalten des Sample-Identifikators beeinflusst werden. Typischerweise muss hierbei aber nur der Parameter *'add_color_info'* berücksichtigt werden. Die generischen Parameter und ihre Werte können in GenParamName und GenParamValue übergeben werden. Die folgenden generischen Parameter können gesetzt werden:

'add_color_info': Dieser Parameter legt fest, ob Farbinformation für die Identifikation verwendet wird. Ist *'add_color_info'* auf *'true'* gesetzt, so wird Farbinformation verwendet. In diesem Fall müssen alle Bilder, die für die Vorbereitung und das Training des Sample-Identifikators verwendet werden, RGB-Farbbilder sein. Ist *'add_color_info'* auf *'false'* gesetzt, wird keine Farbinformation verwendet. Farbinformation sollte verwendet werden, wenn die zu unterscheidenden Objekte unterschiedliche Farben haben und die Beleuchtung einigermaßen gut kontrolliert werden kann. In diesem Fall wird die Identifikation durch die Verwendung von Farbinformation robuster.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: *'false'*

'add_texture_info': Dieser Parameter legt fest, ob Texturinformation für die Identifikation verwendet wird. Ist *'add_texture_info'* auf *'true'* gesetzt, so wird Texturinformation verwendet. Ist *'add_texture_info'* auf *'false'* gesetzt, wird keine Texturinformation verwendet. Normalerweise sollte *'add_texture_info'* auf *'true'* gesetzt sein, da die samplebasierte Identifikation nur mit texturierten Objekten funktioniert. Es ist zu beachten, dass mindestens einer der beiden generischen Parameter *'add_color_info'* und *'add_texture_info'* auf *'true'* gesetzt sein muss.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: *'true'*

'image_resize_method': Um die Identifikation zu beschleunigen werden die Bilder intern auf eine vorgegebene Größe oder mit einem bestimmten Faktor skaliert. Ist *'image_resize_method'* auf *'none'* gesetzt, so wird diese Skalierung nicht durchgeführt. Für den Parameter *'scale_factor'* kann ein konstanter Skalierungsfaktor angegeben werden und für *'subsampling_step'* eine konstante Schrittweite für die Unterabtastung (der inverse Skalierungsfaktor). Für *'image_area'* kann eine feste Größe für das interne, skalierte Bild angegeben werden. Die entsprechenden Werte können mit *'image_resize_value'* gesetzt werden (siehe unten).

Um den Identifikationsprozess zu beschleunigen, sollte ein Wert gewählt werden, der zu einem kleineren internen Bild führt, also ein kleinerer Skalierungsfaktor oder eine kleinere Bildgröße bzw. eine größere Schrittweite für die Unterabtastung. Wenn die zu unterscheidenden Objekte hochfrequente Textur aufweisen, wird die Identifikation möglicherweise bessere Ergebnisse liefern, wenn eine größere interne Bildgröße verwendet wird, da ansonsten die Textur bei der Verkleinerung des Bildes verloren gehen kann.

Werteliste: *'none'*, *'scale_factor'*, *'subsampling_step'*, *'image_area'*

Default: *'image_area'*

'image_resize_value': Mit diesem Parameter wird die Skalierungsmethode (siehe *'image_resize_method'*) parametrisiert. Wenn für *'image_resize_method'* der Wert *'scale_factor'* gesetzt ist, wird mit *'image_resize_value'* der Skalierungsfaktor festgelegt. Wenn für *'image_resize_method'* der Wert *'subsampling_step'* gesetzt ist, wird mit *'image_resize_value'* die Schrittweite für die Unterabtastung, also der inverse Skalierungsfaktor, festgelegt. Wenn für *'image_resize_method'* der Wert *'image_area'* gesetzt ist, wird mit *'image_resize_value'* die Größe des internen, skalierten Bildes festgelegt. Diese Größe wird in Megapixeln, d.h., in Millionen Pixel angegeben.

Wertevorschläge: *0.25*, *0.5*, *1.0*, *2*, *3*, *4*

Default: Der Defaultwert hängt von der mit *'image_resize_method'* gewählten Methode ab. Er beträgt

- *0.5* für *'scale_factor'*,
- *2.0* für *'subsampling_step'* und
- *0.5* für *'image_area'*.

Parameter

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
Parametername.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'image_resize_method', 'image_resize_value', 'add_texture_info', 'add_color_info'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value-array ⇝ *string* / real / integer
Parameterwert.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'none', 'scale_factor', 'subsampling_step', 'image_area', 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 2, 3, 4, 'true', 'false'}

▷ **SampleIdentifier** (output_control) ..... sample_identifier ⇝ *handle*
Handle des Sample-Identifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_sample_identifier` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`add_sample_identifier_preparation_data`, `set_sample_identifier_param`

Alternativen

`read_sample_identifier`

Siehe auch

`prepare_sample_identifier`, `add_sample_identifier_training_data`, `train_sample_identifier`, `apply_sample_identifier`, `get_sample_identifier_param`, `get_sample_identifier_object_info`, `remove_sample_identifier_preparation_data`, `remove_sample_identifier_training_data`, `write_sample_identifier`, `serialize_sample_identifier`, `deserialize_sample_identifier`, `clear_sample_identifier`, `set_sample_identifier_object_info`

Modul

Matching

deserialize_sample_identifier (
: : SerializedItemHandle : SampleIdentifier)

Deserialisieren eines Sample-Identifikators.

deserialize_sample_identifier ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die Operatoren für die Deep Learning-basierte Klassifikation verwenden, die in Deep Learning / Klassifikation beschrieben sind.

deserialize_sample_identifier deserialisiert einen Sample-Identifikator, welcher mit serialize_sample_identifier serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Der serialisierte Sample-Identifikator wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten Sample-Identifikator mit dem Handle SampleIdentifier gespeichert.

Das Konzept der samplebasierten Identifikation ist bei der Einleitung zu Kapitel Legacy / Identifizierung beschrieben.

Parameter

- ▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.
- ▷ **SampleIdentifier** (output_control) . . . . . sample_identifier ⇝ *handle*
  Handle des Sample-Identifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_sample_identifier den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

apply_sample_identifier, add_sample_identifier_training_data

Alternativen

read_sample_identifier

Siehe auch

create_sample_identifier, add_sample_identifier_preparation_data, prepare_sample_identifier, train_sample_identifier, set_sample_identifier_param, get_sample_identifier_param, get_sample_identifier_object_info, remove_sample_identifier_preparation_data, remove_sample_identifier_training_data, write_sample_identifier, serialize_sample_identifier, clear_sample_identifier, set_sample_identifier_object_info

Modul

Matching

get_sample_identifier_object_info (: : SampleIdentifier,
ObjectIdx, InfoName : InfoValue)

Abfragen von Informationen über einen Sample-Identifikator.

get_sample_identifier_object_info ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die Operatoren für die Deep Learning-basierte Klassifikation verwenden, die in Deep Learning / Klassifikation beschrieben sind.

get_sample_identifier_object_info fragt Informationen über den Sample-Identifikator SampleIdentifier ab. Diese Informationen umfassen die Anzahl von Objekten und Objektsamples, sowie deren Indizes. Darüber hinaus können auch die Informationen abgefragt werden, die mit set_sample_identifier_object_info gesetzt wurden.

Das Konzept der samplebasierten Identifikation ist bei der Einleitung zu Kapitel Legacy / Identifizierung beschrieben.

Mit dem Parameter ObjectIdx wird der Index des Objekts angegeben, für das Informationen abgefragt werden. Dieser Parameter wird nicht ausgewertet, falls der Parameter InfoName auf *'num_preparation_objects'*, *'preparation_object_idx'*, *'num_training_objects'* oder *'training_object_idx'* gesetzt ist.

Mit dem Parameter InfoName wird die Art der abzufragende Information, die im Parameter InfoValue zurückgegeben wird, festgelegt. Folgende Werte sind für den Parameter InfoName möglich:

'num_preparation_objects': Die Anzahl von Vorbereitungsobjekten. Es ist dabei zu beachten, dass sämtliche Vorbereitungsobjekte, für die der Objektindex auf *'unknown'* gesetzt wurde, als ein einziges Vorbereitungsobjekt gezählt werden.

'preparation_object_idx': Die Liste der Indizes aller verfügbaren Vorbereitungsobjekte. Es ist dabei zu beachten, dass diese Liste die Zeichenkette *'unknown'* enthält, wenn der Objektindex von mindestens einem Vorbereitungsobjekt auf *'unknown'* gesetzt wurde.

'num_preparation_samples': Die Anzahl von Samples für die Vorbereitung, die dem Sample-Identifikator für das Vorbereitungsobjekt mit dem Objektindex ObjectIdx hinzugefügt wurden.

'preparation_sample_idx': Die Liste der Indizes aller verfügbaren Samples für die Vorbereitung, die dem Sample-Identifikator für das Vorbereitungsobjekt mit dem Objektindex ObjectIdx hinzugefügt wurden.

'num_training_objects': Die Anzahl der Trainingsobjekte.

'training_object_idx': Die Liste der Indizes aller verfügbaren Trainingsobjekte.

'num_training_samples': Die Anzahl von Samples für das Training, die dem Sample-Identifikator für das Trainingsobjekt mit dem Objektindex ObjectIdx hinzugefügt wurden.

'training_sample_idx': Die Liste der Indizes aller verfügbaren Samples für das Training, die dem Sample-Identifikator für das Trainingsobjekt mit dem Objektindex ObjectIdx hinzugefügt wurden.

'preparation_object_name': Die Information, die mit dem Operator set_sample_identifier_object_info für das Vorbereitungsobjekt mit dem Objektindex ObjectIdx gesetzt wurde.

'training_object_name': Die Information, die mit dem Operator set_sample_identifier_object_info für das Trainingsobjekt mit dem Objektindex ObjectIdx gesetzt wurde.

Parameter

▷ **SampleIdentifier** (input_control) ..... sample_identifier ⇝ *handle*
Handle des Sample-Identifikators.

▷ **ObjectIdx** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer* / string
Index des Objekts, für das Information abgefragt wird.
Wertevorschläge: ObjectIdx ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 'unknown'}

▷ **InfoName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Gibt an, welche Art von Information abgefragt wird.
Default: 'num_training_objects'
Werteliste: InfoName ∈ {'num_preparation_objects', 'preparation_object_idx', 'num_preparation_samples', 'preparation_sample_idx', 'num_training_objects', 'training_object_idx', 'num_training_samples', 'training_sample_idx', 'preparation_object_name', 'training_object_name'}

▷ **InfoValue** (output_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *integer* / string
Information zu dem Sample-Identifikator bzw. einem Objekt.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_sample_identifier_object_info den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

add_sample_identifier_preparation_data, add_sample_identifier_training_data

Siehe auch

create_sample_identifier, prepare_sample_identifier, train_sample_identifier, apply_sample_identifier, set_sample_identifier_param, get_sample_identifier_param, remove_sample_identifier_preparation_data, remove_sample_identifier_training_data, write_sample_identifier, read_sample_identifier, serialize_sample_identifier, deserialize_sample_identifier, clear_sample_identifier

Modul

Matching

get_sample_identifier_param (: : SampleIdentifier, GenParamName : GenParamValue)

Abfragen bestimmter Parameter eines Sample-Identifikators.

get_sample_identifier_param ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die Operatoren für die Deep Learning-basierte Klassifikation verwenden, die in Deep Learning / Klassifikation beschrieben sind.

Mit dem Operator get_sample_identifier_param können die Werte bestimmte Parameter des Sample-Identifikators SampleIdentifier abgefragt werden.

Das Konzept der samplebasierten Identifikation ist bei der Einleitung zu Kapitel Legacy / Identifizierung beschrieben.

Die Werte folgender Parameter können abgefragt werden:

'add_color_info': Fügen die Operatoren add_sample_identifier_preparation_data und add_sample_identifier_training_data dem Sample-Identifikator SampleIdentifier Farbinformation hinzu?

'add_texture_info': Fügen die Operatoren add_sample_identifier_preparation_data und add_sample_identifier_training_data dem Sample-Identifikator SampleIdentifier Texturinformation hinzu?

'use_color_info': Ist der Sample-Identifikator SampleIdentifier so konfiguriert, dass für die Identifikation von Objekten mit apply_sample_identifier Farbinformation verwendet wird?

'use_texture_info': Ist der Sample-Identifikator SampleIdentifier so konfiguriert, dass für die Identifikation von Objekten mit apply_sample_identifier Texturinformation verwendet wird?

'image_resize_method': Die eingestellte Methode für die Skalierung der internen Bilder.

'image_resize_value': Der eingestellte Skalierungswert, der für die Skalierung der internen Bilder verwendet wird.

'rating_method': Die gewählte Bewertungsmethode, die nur von apply_sample_identifier verwendet wird.

Parameter

▷ **SampleIdentifier** (input_control) ..... sample_identifier ⇝ *handle*
Handle des Sample-Identifikators.

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name ⇝ *string*
Parametername.
Default: 'rating_method'
Werteliste: GenParamName ∈ {'add_texture_info', 'add_color_info', 'use_texture_info', 'use_color_info', 'image_resize_method', 'image_resize_value', 'rating_method'}

▷ **GenParamValue** (output_control) ..... attribute.value ⇝ *real* / string / integer
Parameterwert.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_sample_identifier_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_sample_identifier`, `set_sample_identifier_param`

Siehe auch

`add_sample_identifier_preparation_data`, `prepare_sample_identifier`, `add_sample_identifier_training_data`, `train_sample_identifier`, `apply_sample_identifier`, `get_sample_identifier_object_info`, `remove_sample_identifier_preparation_data`, `remove_sample_identifier_training_data`, `write_sample_identifier`, `read_sample_identifier`, `serialize_sample_identifier`, `deserialize_sample_identifier`, `clear_sample_identifier`, `set_sample_identifier_object_info`

Modul

Matching

`prepare_sample_identifier` `( : : SampleIdentifier, RemovePreparationData, GenParamName, GenParamValue : )`

Anpassen der internen Datenstruktur eines Sample-Identifikators an die Art der zu unterscheidenden Objekte.

`prepare_sample_identifier` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die Operatoren für die Deep Learning-basierte Klassifikation verwenden, die in Deep Learning / Klassifikation beschrieben sind.

`prepare_sample_identifier` bereitet den Sample-Identifikator `SampleIdentifier` vor. Hierzu werden die Vorbereitungsdaten verwendet, die mit `add_sample_identifier_preparation_data` gesetzt wurden.

Das Konzept der samplebasierten Identifikation ist bei der Einleitung zu Kapitel Legacy / Identifizierung beschrieben.

Um die besten Identifikationsergebnisse zu erzielen, muss die interne Datenstruktur des Sample-Identifikators `SampleIdentifier` an die Art der Objekte angepasst werden, die unterschieden werden sollen.

Zur Vorbereitung des Sample-Identifikators `SampleIdentifier` müssen diesem zuerst alle relevanten Samplebilder der zu unterscheidenden Objekte mit `add_sample_identifier_preparation_data` hinzugefügt werden. Dann wird die interne Datenstruktur des Sample-Identifikators durch den Aufruf des Operators `prepare_sample_identifier` an die Merkmale der Samplebilder angepasst.

Dieser Vorgang dauert relativ lange und benötigt unter Umständen sehr viel Speicher. Wenn z.B. 100 Samplebilder für die Vorbereitung verwendet werden, dauert dies einige Minuten und es werden ca. 300 MB Speicher benötigt. Wenn 1000 Samplebilder verwendet werden, dauert die Vorbereitung je nach Rechner etwa eine Stunde und es werden ca. 2 GB Speicher benötigt.

Insbesondere die Vorbereitungsdaten benötigen viel Speicher. Normalerweise werden die Daten aber nach der Vorbereitung des Sample-Identifikators nicht mehr benötigt. Daher können sie durch das Setzen des Parameters `RemovePreparationData` auf *'true'* gelöscht werden.

Alternativ zur Vorbereitung des Sample-Identifikator kann ein bereits verfügbarer Sample-Identifikator mit dem Operator `read_sample_identifier` von Datei eingelesen werden. Dieser sollte mit ähnlichen Objekten vorbereitet worden sein. Allerdings ist zu beachten, dass die Qualität der Ergebnisse der Identifikation nicht so hoch sein wird, wie wenn der Sample-Identifikator mit Samples der zu unterscheidenden Objekte vorbereitet wurde.

Um die Vorbereitungsdaten für das Training wiederzuverwenden, ist es möglich, Trainingsdaten aus den Vorbereitungsdaten abzuleiten. Dies erspart den Aufwand, dem Sample-Identifikator die Trainingsdaten erneut mit `add_sample_identifier_training_data` hinzuzufügen (siehe `train_sample_identifier` für eine Beschreibung des Trainings eines Sample-Identifikators). Die Trainingsdaten erfordern deutlich weniger Speicher als die Vorbereitungsdaten. Wenn der generische Parameter *'copy_preparation_data_to_training_data'* auf *'true'* gesetzt ist, was der Default ist, so werden die Trainingsdaten automatisch aus den Vorbereitungsdaten abgeleitet. Dies ist allerdings nur für die Samples möglich, für die der Objektindex beim Hinzufügen zum Sample-Identifikator mit dem Operator `add_sample_identifier_preparation_data` gesetzt wurde. Der Objektindex wird dabei unverändert in die Trainingsdaten übernommen. Die Objektsampleindizes können sich allerdings ändern, wenn Samples für die Vorbereitung aus den Vorbereitungsdaten mit `remove_sample_identifier_preparation_data` gelöscht wurden, da Samples für das Training neu fortlaufend und beginnend bei null nummeriert werden.

Parameter

- ▷ **`SampleIdentifier`** (input_control) . . . . . sample_identifier ⇝ *handle*
  Handle des Sample-Identifikators.
- ▷ **`RemovePreparationData`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Gibt an, ob die Vorbereitungsdaten gelöscht werden sollen.
  Default: 'true'
  Werteliste: `RemovePreparationData` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Generischer Parametername.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'copy_preparation_data_to_training_data'}
- ▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / integer / real
  Generischer Parameterwert.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `prepare_sample_identifier` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`add_sample_identifier_preparation_data`

Nachfolger

`write_sample_identifier`, `add_sample_identifier_training_data`, `train_sample_identifier`

Alternativen

`read_sample_identifier`

Siehe auch

`create_sample_identifier`, `apply_sample_identifier`, `set_sample_identifier_param`, `get_sample_identifier_param`, `get_sample_identifier_object_info`, `remove_sample_identifier_preparation_data`, `remove_sample_identifier_training_data`, `write_sample_identifier`, `serialize_sample_identifier`, `deserialize_sample_identifier`, `clear_sample_identifier`, `set_sample_identifier_object_info`

Modul

Matching

read_sample_identifier (: : FileName : SampleIdentifier)

Einlesen eines Sample-Identifikators von Datei.

read_sample_identifier ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die Operatoren für die Deep Learning-basierte Klassifikation verwenden, die in Deep Learning / Klassifikation beschrieben sind.

read_sample_identifier liest einen Sample-Identifikator, der mit write_sample_identifier geschrieben wurde, aus der Datei FileName ein. Die Dateiendung für den Sample-Identifikator ist in HALCON 'sid'.

Das Konzept der samplebasierten Identifikation ist bei der Einleitung zu Kapitel Legacy / Identifizierung beschrieben.

Parameter

- ▷ **FileName** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
  Name der Datei.
  Dateiendung: .sid
- ▷ **SampleIdentifier** (output_control) ..... sample_identifier ⇝ *handle*
  Handle des Sample-Identifikators.

Ergebnis

Ist der Dateiname korrekt, dann liefert read_sample_identifier den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

apply_sample_identifier, add_sample_identifier_training_data

Alternativen

deserialize_sample_identifier

Siehe auch

create_sample_identifier, add_sample_identifier_preparation_data, prepare_sample_identifier, train_sample_identifier, apply_sample_identifier, set_sample_identifier_param, get_sample_identifier_param, get_sample_identifier_object_info, remove_sample_identifier_preparation_data, remove_sample_identifier_training_data, write_sample_identifier, serialize_sample_identifier, clear_sample_identifier, set_sample_identifier_object_info

Modul

Matching

remove_sample_identifier_preparation_data (: : SampleIdentifier, ObjectIdx, ObjectSampleIdx :)

Löschen von Vorbereitungsdaten eines Sample-Identifikators.

remove_sample_identifier_preparation_data ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die Operatoren für die Deep Learning-basierte Klassifikation verwenden, die in Deep Learning / Klassifikation beschrieben sind.

remove_sample_identifier_preparation_data löscht die Vorbereitungsdaten eines Sample-Identifikators.

Das Konzept der samplebasierten Identifikation ist bei der Einleitung zu Kapitel Legacy / Identifizierung beschrieben.

ObjectIdx gibt den Index des Vorbereitungsobjekts an, von dem Samples gelöscht werden sollen. Um Samples von Vorbereitungsobjekten zu löschen, für die der Objektindex mit add_sample_identifier_preparation_data auf *'unknown'* gesetzt wurde, muss ObjectIdx ebenfalls auf *'unknown'* gesetzt werden. Die Indexe aller momentan verfügbaren Vorbereitungsobjekte können mit get_sample_identifier_object_info abgefragt werden.

ObjectSampleIdx gibt den Index des Samples für die Vorbereitung an, das aus den Vorbereitungsdaten gelöscht werden soll. Beim Löschen des letzten Samples eines Vorbereitungsobjekts wird auch gleichzeitig das entsprechende Vorbereitungsobjekt selbst aus dem Sample-Identifikator SampleIdentifier gelöscht. Um alle Samples zu löschen, die zu dem Objekt mit dem gegebenen Objektindex ObjectIdx gehören, kann ObjectSampleIdx auf *'all'* gesetzt werden.

Um alle Samples **aller** Vorbereitungsobjekte zu löschen, müssen sowohl ObjectIdx als auch ObjectSampleIdx auf *'all'* gesetzt werden.

Parameter

- ▷ **SampleIdentifier** (input_control) . . . . . sample_identifier ⇝ *handle*
  Handle des Sample-Identifikators.
- ▷ **ObjectIdx** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
  Index des Vorbereitungsobjekts, dessen Samples gelöscht werden sollen.
  Wertevorschläge: ObjectIdx ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 'all', 'unknown'}
- ▷ **ObjectSampleIdx** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
  Index des Samples das gelöscht werden soll.
  Wertevorschläge: ObjectSampleIdx ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 'all'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert remove_sample_identifier_preparation_data den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

add_sample_identifier_preparation_data

Nachfolger

prepare_sample_identifier

Alternativen

create_sample_identifier

Siehe auch

add_sample_identifier_training_data, train_sample_identifier, apply_sample_identifier, set_sample_identifier_param, get_sample_identifier_param, get_sample_identifier_object_info, remove_sample_identifier_training_data, write_sample_identifier, read_sample_identifier, serialize_sample_identifier, deserialize_sample_identifier, clear_sample_identifier, set_sample_identifier_object_info

Modul

Matching

remove_sample_identifier_training_data (: : SampleIdentifier, ObjectIdx, ObjectSampleIdx :)

Löschen von Trainingsdaten eines Sample-Identifikators.

remove_sample_identifier_training_data ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die Operatoren für die Deep Learning-basierte Klassifikation verwenden, die in Deep Learning / Klassifikation beschrieben sind.

remove_sample_identifier_training_data löscht die Trainingsdaten eines Sample-Identifikators.

Das Konzept der samplebasierten Identifikation ist bei der Einleitung zu Kapitel Legacy / Identifizierung beschrieben.

ObjectIdx gibt den Index des Trainingsobjekts an, von dem Samples gelöscht werden sollen.

ObjectSampleIdx gibt den Index des Samples für das Training an, das aus den Trainingsdaten gelöscht werden soll. Um alle Samples zu löschen, die zu dem Objekt mit dem gegebenen Objektindex ObjectIdx gehören, kann ObjectSampleIdx auf *'all'* gesetzt werden. Hiermit wird auch gleichzeitig das entsprechende Trainingsobjekt selbst aus dem Sample-Identifikator SampleIdentifier gelöscht.

Um alle Samples aller Trainingsobjekte zu löschen, müssen sowohl ObjectIdx als auch ObjectSampleIdx auf *'all'* gesetzt werden.

Parameter

- ▷ **SampleIdentifier** (input_control) . . . . . sample_identifier ⇝ *handle*
  Handle des Sample-Identifikators.
- ▷ **ObjectIdx** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
  Index des Trainingsobjekts, dessen Samples gelöscht werden sollen.
  Wertevorschläge: ObjectIdx ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 'all'}
- ▷ **ObjectSampleIdx** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
  Index des Samples das gelöscht werden soll.
  Wertevorschläge: ObjectSampleIdx ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 'all'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert remove_sample_identifier_training_data den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

add_sample_identifier_training_data

Nachfolger

train_sample_identifier

Alternativen

read_sample_identifier

Siehe auch

create_sample_identifier, add_sample_identifier_preparation_data, prepare_sample_identifier, apply_sample_identifier, set_sample_identifier_param, get_sample_identifier_param, get_sample_identifier_object_info, remove_sample_identifier_preparation_data, write_sample_identifier, serialize_sample_identifier, deserialize_sample_identifier, clear_sample_identifier, set_sample_identifier_object_info

Modul

Matching

serialize_sample_identifier (: : SampleIdentifier : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines Sample-Identifikators.

serialize_sample_identifier ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die Operatoren für die Deep Learning-basierte Klassifikation verwenden, die in Deep Learning / Klassifikation beschrieben sind.

serialize_sample_identifier serialisiert die Daten eines Sample-Identifikators (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von write_sample_identifier in eine Datei geschrieben werden. Das Formmodell wird in dem Handle SampleIdentifier übergeben. Das serialisierte Formmodell wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_sample_identifier wieder deserialisiert werden.

Das Konzept der samplebasierten Identifikation ist bei der Einleitung zu Kapitel Legacy / Identifizierung beschrieben.

Parameter

▷ **SampleIdentifier** (input_control) ..... sample_identifier ⇝ *handle*
Handle des Sample-Identifikators.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert serialize_sample_identifier den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

prepare_sample_identifier, train_sample_identifier, add_sample_identifier_preparation_data, add_sample_identifier_training_data, set_sample_identifier_param

Nachfolger

clear_sample_identifier

Alternativen

write_sample_identifier

Modul

Matching

set_sample_identifier_object_info (: : SampleIdentifier, ObjectIdx, InfoName, InfoValue :)

Setzen eines Namens oder einer Beschreibung für ein Objekt eines Sample-Identifikators.

set_sample_identifier_object_info ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die Operatoren für die Deep Learning-basierte Klassifikation verwenden, die in Deep Learning / Klassifikation beschrieben sind.

set_sample_identifier_object_info setzt Informationen, wie z.B. einen Namen oder eine Beschreibung, zu einen Objekt des Sample-Identifikators SampleIdentifier. Diese Informationen können mit dem Operator get_sample_identifier_object_info wieder abgefragt werden.

Das Konzept der samplebasierten Identifikation ist bei der Einleitung zu Kapitel Legacy / Identifizierung beschrieben.

Um die Informationen für Vorbereitungsobjekte zu setzen, muss `InfoName` auf *'preparation_object_name'* gesetzt werden. Um die Informationen für Trainingsobjekte zu setzen, muss `InfoName` auf *'training_object_name'* gesetzt werden. Die Informationen selber werden mit dem Parameter `InfoValue` gesetzt.

Parameter

- ▷ **`SampleIdentifier`** (input_control) . . . . . sample_identifier ⇝ *handle*
  Handle des Sample-Identifikators.
- ▷ **`ObjectIdx`** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer* / string
  Index des Objekts für das Information gesetzt wird.
  Wertevorschläge: `ObjectIdx` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5}
- ▷ **`InfoName`** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
  Gibt an, für welche Objektart die Information gesetzt wird.
  Default: 'training_object_name'
  Werteliste: `InfoName` ∈ {'preparation_object_name', 'training_object_name'}
- ▷ **`InfoValue`** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string*
  Information zu dem Objekt.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_sample_identifier_object_info` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`add_sample_identifier_preparation_data`, `add_sample_identifier_training_data`

Siehe auch

`create_sample_identifier`, `prepare_sample_identifier`, `train_sample_identifier`, `apply_sample_identifier`, `get_sample_identifier_object_info`, `set_sample_identifier_param`, `get_sample_identifier_param`, `get_sample_identifier_object_info`, `remove_sample_identifier_preparation_data`, `remove_sample_identifier_training_data`, `write_sample_identifier`, `read_sample_identifier`, `serialize_sample_identifier`, `deserialize_sample_identifier`, `clear_sample_identifier`

Modul

Matching

`set_sample_identifier_param` `( : : SampleIdentifier, GenParamName, GenParamValue : )`

Setzen bestimmter Parameter eines Sample-Identifikators.

`set_sample_identifier_param` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die Operatoren für die Deep Learning-basierte Klassifikation verwenden, die in Deep Learning / Klassifikation beschrieben sind.

Mit dem Operator `set_sample_identifier_param` können bestimmte Parameter des Sample-Identifikators `SampleIdentifier` gesetzt oder geändert werden.

Das Konzept der samplebasierten Identifikation ist bei der Einleitung zu Kapitel Legacy / Identifizierung beschrieben.

Mit den folgenden Parametern kann das Verhalten des Sample-Identifikators `SampleIdentifier` beeinflusst werden. Die Parameter und ihre Werte können in `GenParamName` und `GenParamValue` übergeben werden. Die folgenden Parameter können gesetzt werden:

'use_color_info': Dieser Parameter legt fest, ob Farbinformation für die Identifikation verwendet wird. Ist *'use_color_info'* auf *'true'* gesetzt, so wird Farbinformation verwendet. In diesem Fall müssen die Bilder, die an `apply_sample_identifier` übergeben werden, RGB-Farbbilder sein. Ist *'use_color_info'* auf *'false'* gesetzt, wird keine Farbinformation verwendet. Farbinformation sollte verwendet werden, wenn die zu unterscheidenden Objekte unterschiedliche Farben haben und die Beleuchtung einigermaßen gut kontrolliert werden kann. In diesem Fall wird die Identifikation durch die Verwendung von Farbinformation robuster.

Es ist zu beachten, dass dieser Parameter, im Gegensatz zu dem generischen Parameter *'add_color_info'*, der nur mit `create_sample_identifier` gesetzt werden kann, nur das Verhalten des Operators `apply_sample_identifier` beeinflusst. Damit ist es z.B. möglich, den Sample-Identifikator unter Verwendung von Textur und Farbe zu trainieren, für die Identifikation bestimmter Objekte aber nur die Texturinformation zu verwenden.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: So lange *'use_color_info'* nicht gesetzt wird, wird der Wert verwendet, der mit *'add_color_info'* in `create_sample_identifier` gesetzt wurde.

'use_texture_info': Dieser Parameter legt fest, ob Texturinformation für die Identifikation verwendet wird. Ist *'use_texture_info'* auf *'true'* gesetzt, so wird Texturinformation verwendet. Ist *'use_texture_info'* auf *'false'* gesetzt, wird keine Texturinformation verwendet. Normalerweise sollte *'use_texture_info'* auf *'true'* gesetzt sein, da die samplebasierte Identifikation nur mit texturierten Objekten funktioniert. Es ist zu beachten, dass mindestens einer der beiden generischen Parameter *'use_color_info'* und *'use_texture_info'* auf *'true'* gesetzt sein muss.

Es ist zu beachten, dass dieser Parameter, im Gegensatz zu dem generischen Parameter *'add_texture_info'*, der nur mit `create_sample_identifier` gesetzt werden kann, nur das Verhalten des Operators `apply_sample_identifier` beeinflusst.

Werteliste: *'true'*, *'false'*

Default: So lange *'use_texture_info'* nicht gesetzt wird, wird der Wert verwendet, der mit *'add_texture_info'* in `create_sample_identifier` gesetzt wurde.

'image_resize_method': Siehe `create_sample_identifier` für eine Beschreibung dieses Parameters.

Werteliste: *'none'*, *'scale_factor'*, *'subsampling_step'*, *'image_area'*

Default: Wenn *'image_resize_method'* nicht explizit mit diesem Operator gesetzt wird, wird der Wert verwendet, der mit `create_sample_identifier` gesetzt wurde.

'image_resize_value': Siehe `create_sample_identifier` für eine Beschreibung dieses Parameters.

Wertevorschläge: *0.25*, *0.5*, *1.0*, *2*, *3*, *4*

Default: Wenn *'image_resize_value'* nicht explizit mit diesem Operator gesetzt wird, wird der Wert verwendet, der mit `create_sample_identifier` gesetzt wurde.

'rating_method': Siehe `apply_sample_identifier` für eine Beschreibung dieses Parameters, der ausschließlich von `apply_sample_identifier` verwendet wird.

Werteliste: *'distance'*, *'score'*, *'score_single'*

Default: *'score'*

Parameter

▷ **`SampleIdentifier`** (input_control) ..... sample_identifier ⇝ *handle*
Handle des Sample-Identifikators.

▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... attribute.name ⇝ *string*
Parametername.
Default: 'rating_method'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'use_texture_info', 'use_color_info', 'image_resize_method', 'image_resize_value', 'rating_method'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) ..... attribute.value ⇝ *real* / integer / string
Parameterwert.
Default: 'score_single'
Werteliste: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false', 'none', 'scale_factor', 'subsampling_step', 'distance', 'score', 'score_single', 'image_area', 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 2, 3, 4}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_sample_identifier_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_sample_identifier`, `read_sample_identifier`

Alternativen

`create_sample_identifier`

Siehe auch

`add_sample_identifier_preparation_data`, `prepare_sample_identifier`, `add_sample_identifier_training_data`, `train_sample_identifier`, `apply_sample_identifier`, `get_sample_identifier_param`, `get_sample_identifier_object_info`, `remove_sample_identifier_preparation_data`, `remove_sample_identifier_training_data`, `write_sample_identifier`, `serialize_sample_identifier`, `deserialize_sample_identifier`, `set_sample_identifier_object_info`

Modul

Matching

`train_sample_identifier` `( : : SampleIdentifier, GenParamName, GenParamValue : )`

Trainieren eines Sample-Identifikators.

`train_sample_identifier` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die Operatoren für die Deep Learning-basierte Klassifikation verwenden, die in Deep Learning / Klassifikation beschrieben sind.

`train_sample_identifier` führt das Training des Sample-Identifikators `SampleIdentifier` durch. Hierzu werden die Trainingsdaten verwendet, die mit `add_sample_identifier_training_data` gesetzt wurden.

Das Konzept der samplebasierten Identifikation ist bei der Einleitung zu Kapitel Legacy / Identifizierung beschrieben.

Um Objekte identifizieren zu können, muss der Sample-Identifikator `SampleIdentifier` mit einem repräsentativen Satz von Samplebildern der zu unterscheidenden Objekte trainiert werden (siehe `add_sample_identifier_training_data`).

Zum Training des Sample-Identifikators `SampleIdentifier` müssen diesem zuerst alle relevanten Samplebilder der zu unterscheidenden Objekte mit `add_sample_identifier_training_data` hinzugefügt werden. Alternativ dazu können die Vorbereitungsdaten wiederverwendet werden. Siehe `prepare_sample_identifier` für eine Beschreibung, wie die Vorbereitungsdaten für das Training des Sample-Identifikators wiederverwendet werden können. Dann wird das Training des Sample-Identifikators durch den Aufruf des Operators `train_sample_identifier` durchgeführt.

Das Training selbst läuft sehr schnell ab und es benötigt auch nur wenig Speicher. Daher ist es sehr gut möglich, den `SampleIdentifier` neu zu trainieren, z.B., wenn neue Objekte hinzugefügt oder bestehende Objekte gelöscht werden sollen.

Um einen bestehenden Sample-Identifikator mit neuen Objekten neu zu trainieren, müssen ihm lediglich die relevanten Samplebilder mit dem Operator `add_sample_identifier_training_data` hinzugefügt werden. Anschließend kann der Sample-Identifikator mit dem Operator `train_sample_identifier` neu trainiert werden. Bestehende Objekte können mit dem Operator `remove_sample_identifier_training_data` entfernt werden. Anschließend kann der Sample-Identifikator mit dem Operator `train_sample_identifier` neu trainiert werden.

Das Training des Sample-Identifikators kann nur dann durchgeführt werden, wenn der Sample-Identifikator Trainingsdaten für mindestens zwei unterschiedliche Trainingsobjekte enthält.

Die generischen Parameter GenParamName und GenParamValue sind lediglich für eine mögliche zukünftige Verwendung vorhanden.

Parameter

▷ **SampleIdentifier** (input_control) ..... sample_identifier ⇝ *handle*
Handle des Sample-Identifikators.

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
Parametername.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {[]}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value-array ⇝ *real* / string / integer
Parameterwert.
Default: []
Werteliste: GenParamValue ∈ {[]}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert train_sample_identifier den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

add_sample_identifier_training_data

Nachfolger

apply_sample_identifier, write_sample_identifier

Alternativen

read_sample_identifier

Siehe auch

create_sample_identifier, add_sample_identifier_preparation_data, prepare_sample_identifier, apply_sample_identifier, set_sample_identifier_param, get_sample_identifier_param, get_sample_identifier_object_info, remove_sample_identifier_preparation_data, remove_sample_identifier_training_data, serialize_sample_identifier, deserialize_sample_identifier, clear_sample_identifier, set_sample_identifier_object_info

Modul

Matching

write_sample_identifier (: : SampleIdentifier, FileName :)

Schreiben eines Sample-Identifikators in eine Datei.

write_sample_identifier ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die Operatoren für die Deep Learning-basierte Klassifikation verwenden, die in Deep Learning / Klassifikation beschrieben sind.

write_sample_identifier schreibt einen Sample-Identifikator in die Datei FileName. Der Sample-Identifikator kann mit read_sample_identifier wieder eingelesen werden. Die Dateiendung für den Sample-Identifikator ist in HALCON 'sid'.

Das Konzept der samplebasierten Identifikation ist bei der Einleitung zu Kapitel Legacy / Identifizierung beschrieben.

Parameter

▷ **SampleIdentifier** (input_control) . . . . . sample_identifier ⇝ *handle*
Handle des Sample-Identifikators.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.sid`

Ergebnis

Ist der Dateiname korrekt (Schreiberlaubnis), dann liefert `write_sample_identifier` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`prepare_sample_identifier`, `train_sample_identifier`, `add_sample_identifier_preparation_data`, `add_sample_identifier_training_data`, `set_sample_identifier_param`

Nachfolger

`clear_sample_identifier`

Alternativen

`serialize_sample_identifier`

Siehe auch

`create_sample_identifier`, `prepare_sample_identifier`, `train_sample_identifier`, `apply_sample_identifier`, `get_sample_identifier_param`, `get_sample_identifier_object_info`, `remove_sample_identifier_preparation_data`, `remove_sample_identifier_training_data`, `read_sample_identifier`, `deserialize_sample_identifier`, `set_sample_identifier_object_info`

Modul

Matching

17.6 Matching, Komponentenbasiert

clear_component_model (: : ComponentModelID :)

Freigabe des Speichers eines Komponentenmodells.

`clear_component_model` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

`clear_component_model` gibt den Speicher eines Komponentenmodells, das mit `create_component_model` oder `create_trained_component_model` angelegt wurde, wieder frei. Das Modell kann nach dem Aufruf nicht mehr verwendet werden. Der Handle `ComponentModelID` ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **ComponentModelID** (input_control) . . . . . component_model ⇝ *handle*
Handle des Komponentenmodells.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert `clear_component_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ComponentModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Modul

Matching

clear_training_components (: : ComponentTrainingID :)

Freigabe des Speichers eines Komponenten-Trainingsergebnisses.

clear_training_components ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

clear_training_components gibt den mit train_model_components angelegten Speicher eines Trainingsergebnisses wieder frei. Das Trainingsergebnis kann nach dem Aufruf nicht mehr verwendet werden. Der Handle ComponentTrainingID ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **ComponentTrainingID** (input_control) ..... component_training ⇝ *handle*
Handle des Trainingsergebnisses.

Ergebnis

Ist der Handle des Trainingsergebnisses gültig, dann liefert clear_training_components den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ComponentTrainingID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Modul

Matching

cluster_model_components (TrainingImages : ModelComponents : ComponentTrainingID, AmbiguityCriterion, MaxContourOverlap, ClusterThreshold :)

Übernahme neuer Parameter zur Bildung der Modellkomponenten in das Trainingsergebnis.

cluster_model_components ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

Mit cluster_model_components lassen sich Parameter ändern nachdem ein erstes Training mit train_model_components erfolgt ist. cluster_model_components ändert das Kriterium AmbiguityCriterion zur Lösung der Mehrdeutigkeiten, die maximale Konturüberlappung

MaxContourOverlap und den Cluster-Schwellenwert ClusterThreshold des Trainingsergebnisses ComponentTrainingID auf die angegebenen Werte ab. Eine detaillierte Beschreibung dieser Parameter ist in der Dokumentation zu train_model_components nachzulesen. Durch das Ändern dieser Parameter ändert sich die Art, wie die initialen Komponenten zu starren Modellkomponenten zusammengefasst werden. Je größer z.B. der Cluster-Schwellenwert gewählt wird, desto weniger Zusammenschlüsse finden statt. Die für eine bestimmte Anwendung geeigneten Parameterwerte lassen sich durch wiederholten Aufruf von inspect_clustered_components interaktiv finden. Die ausgewählten Parameterwerte können dann mit get_training_components übernommen werden.

Die starren Modellkomponenten werden in ModelComponents zurückgeliefert. Um sinnvolle Ergebnisse zu erhalten, ist es wichtig in TrainingImages dieselben Trainingsbilder zu übergeben, die auch zum Trainieren mit train_model_components verwendet wurden. Die Lage der neu zusammengefassten Komponenten in den Trainingsbildern wird erneut mit Hilfe des formbasierten Matchings bestimmt. Dabei kann mit set_system ('pregenerate_shape_models',...) wie bei train_model_components entschieden werden, ob die entsprechenden Formmodelle vorab generiert werden sollen. Es kann sein, dass Modelle, die in einer Pyramidenebene den Bildrand berühren, nicht gefunden werden, auch wenn sie im ursprünglichen Bild vollständig enthalten sind. Mittels set_system('border_shape_models',...) kann festgelegt werden, ob die Modelle vollständig in den Trainingsbildern liegen müssen, oder ob sie auch teilweise über den Bildrand hinausragen können.

Parameter

- ▷ **TrainingImages** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Zum Trainieren der Modellkomponenten verwendete Trainingsbilder.
- ▷ **ModelComponents** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Konturregionen der starren Modellkomponenten.
- ▷ **ComponentTrainingID** (input_control) ..... component_training ⇝ *handle*
  Handle des Trainingsergebnisses.
- ▷ **AmbiguityCriterion** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Kriterium zur Lösung der Mehrdeutigkeiten.
  Default: 'rigidity'
  Werteliste: AmbiguityCriterion ∈ {'distance', 'orientation', 'distance_orientation', 'rigidity'}
- ▷ **MaxContourOverlap** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Maximale Konturüberlappung gefundener initialer Komponenten.
  Default: 0.2
  Wertevorschläge: MaxContourOverlap ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.05
  Restriktion: 0 <= MaxContourOverlap && MaxContourOverlap <= 1
- ▷ **ClusterThreshold** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Schwellenwert für das Zusammenfassen initialer Komponenten.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: ClusterThreshold ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Restriktion: 0 <= ClusterThreshold && ClusterThreshold <= 1

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert cluster_model_components den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Matching

```
create_component_model ( ModelImage,
    ComponentRegions : : VariationRow, VariationColumn, VariationAngle,
    AngleStart, AngleExtent, ContrastLowComp, ContrastHighComp,
    MinSizeComp, MinContrastComp, MinScoreComp, NumLevelsComp,
    AngleStepComp, OptimizationComp, MetricComp,
    PregenerationComp : ComponentModelID, RootRanking )
```

Vorbereiten eines Komponentenmodells für das Matching auf der Basis explizit vorgegebener Komponenten und Relationen.

create_component_model ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

create_component_model bereitet Muster, die in Form eines Modellbildes ModelImage und mehrerer Regionen ComponentRegions übergeben werden, als Komponentenmodell für das Matching vor. Der Ausgabeparameter ComponentModelID ist ein Handle für dieses Modell, der in nachfolgenden Aufrufen von find_component_model verwendet wird. Im Gegensatz zu create_trained_component_model ist ein mit train_model_components durchgeführtes Training zum Aufruf von create_component_model nicht erforderlich.

Jede der in ComponentRegions übergebenen Regionen beschreibt eine separate Modellkomponente. In nachfolgenden Operatoren wird der Index einer Komponenten in ComponentRegions verwendet, um die Modellkomponente zu bezeichnen. Der Referenzpunkt einer Modellkomponente ist festgelegt durch den Schwerpunkt der in ComponentRegions übergebenen Region und kann mit area_center ermittelt werden.

Die relativen Bewegungen (Relationen) zwischen den einzelnen Modellkomponenten können mit Hilfe der Parameter VariationRow, VariationColumn und VariationAngle festgelegt werden. Da eine direkte Angabe der Relationen sehr aufwendig ist, werden anstatt der Relationen die Variationen der Modellkomponenten übergeben. Die Variationen beschreiben die Bewegungen der Komponenten unabhängig voneinander relativ zu deren Lagen im Modellbild ModelImage. Dabei beschreiben die Parameter VariationRow und VariationColumn die Bewegung der Komponenten in Zeilen- und Spaltenrichtung um $\pm\frac{1}{2}$VariationRow und $\pm\frac{1}{2}$VariationColumn. Der Parameter VariationAngle beschreibt die Winkelbewegung der Komponente um $\pm\frac{1}{2}$VariationAngle. Aus diesen Angaben werden die Relationen zwischen den Komponenten automatisch berechnet. Die drei Parameter müssen entweder genau ein Element enthalten oder dieselbe Anzahl von Elementen wie ComponentRegions. Im ersten Fall wird der Wert des Eingabeparameters für alle Modellkomponenten gleich verwendet. Im zweiten Fall wird das jeweilige Element des Eingabeparameters für die entsprechende Modellkomponente in ComponentRegions verwendet.

Die Parameter AngleStart und AngleExtent legen den Winkelbereich für die möglichen Rotationen des Komponentenmodells im Bild fest.

Im Wesentlichen wird intern für jede Modellkomponente ein separates Formmodell erzeugt (siehe create_shape_model). Daher entsprechen die Parameter ContrastLowComp, ContrastHighComp, MinSizeComp, MinContrastComp, MinScoreComp, NumLevelsComp, AngleStepComp, OptimizationComp, MetricComp und PregenerationComp den Parametern in create_shape_model mit folgenden Unterschieden: Im Parameter Contrast von create_shape_model kann sowohl der obere, als auch der untere Schwellenwert für das Hysterese-Schwellenwert-Verfahren übergeben werden. Zusätzlich kann ein dritter Wert angegeben werden, der die Unterdrückung kleiner zusammenhängender Konturregionen ermöglicht. Der Operator create_component_model bietet dagegen zum Einstellen dieser drei Werte drei separate Parameter ContrastHighComp, ContrastLowComp und MinScoreComp. Daraus ergibt sich für die automatische Bestimmung der Kontrastwerte folgender Unterschied: Sollen beide Hysterese-Schwellen automatisch bestimmt werden, so müssen sowohl ContrastLowComp als auch ContrastHighComp jeweils auf *'auto'* gesetzt werden. Soll dagegen lediglich ein Kontrastwert automatisch bestimmt werden, so muss ContrastLowComp auf *'auto'* und ContrastHighComp auf einen beliebigen Wert ungleich *'auto'* gesetzt werden. Im Parameter Optimization von create_shape_model kann neben einer möglichen Reduktion der Modellpunkte auch entschieden werden, ob das Formmodell vollständig vorab generiert wird oder nicht. Der Operator create_trained_component_model bietet dagegen für die Vorabgenerierung der Formmodelle einen separaten Parameter PregenerationComp. Ein dritter Unterschied bezieht sich auf den Parameter MinScoreComp, der beim formbasierten Matching nicht bereits beim Vorbereiten des Modells mit create_shape_model sondern erst bei der Suche mit find_shape_model übergeben wird. Beim Vorbereiten des Komponentenmodells ist es jedoch vorteilhaft, auftretende Rotationssymmetrien der Modellkomponenten und Ähnlichkeiten zwischen den Modellkomponenten zu analysieren und beim Aufbau des

Komponentenmodells zu berücksichtigen. Diese Analyse kann jedoch nur dann zu sinnvollen Ergebnissen führen, wenn der zur Suche verwendete Wert für `MinScoreComp` (siehe `find_component_model`) bereits annähernd bekannt ist.

Neben den Parametern `ContrastLowComp`, `ContrastHighComp` und `MinSizeComp` können auch die Parameter `MinContrastComp`, `NumLevelsComp`, `AngleStepComp` und `OptimizationComp` jeweils durch die Angabe von *'auto'* automatisch ermittelt werden.

Alle komponentenspezifischen Eingabeparameter (Parameternamen enden jeweils auf `Comp`) müssen entweder genau ein Element enthalten oder dieselbe Anzahl von Elementen wie `ComponentRegions`. Im ersten Fall wird der Wert des Eingabeparameters für alle Modellkomponenten gleich verwendet. Im zweiten Fall wird das jeweilige Element des Eingabeparameters für die entsprechende Modellkomponente in `ComponentRegions` verwendet.

Das Komponentenmodell enthält neben den einzelnen Formmodellen auch die Information über die Art und Weise, wie die einzelnen Modellkomponenten mit `find_component_model` relativ zueinander gesucht werden müssen, damit die Rechenzeit während der Suche minimal ist. Dabei werden die Komponenten durch eine Baumstruktur repräsentiert. Zunächst wird die Komponente, die an der Wurzel des Baumes (Wurzelkomponente) steht, gesucht. Anschließend werden die übrigen Komponenten jeweils relativ zur Lage ihres Vorgängers im Baum gesucht.

Die Wurzelkomponente kann bei der Suche mit `find_component_model` als Parameter übergeben werden. Inwiefern sich eine Modellkomponente als Wurzelkomponente eignet, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Prinzipiell sollte eine Modellkomponente gewählt werden, die mit hoher Wahrscheinlichkeit im Bild wiedergefunden werden kann. Eine im Bild stark verdeckte oder fehlende Komponente eignet sind daher nur bedingt als Wurzelkomponente. Auch die mit der Wurzelkomponente verbundene Rechenzeit während der Suche kann als Auswahlkriterium herangezogen werden. Eine nach diesem Kriterium sortierte Rangfolge der Modellkomponenten wird im Parameter `RootRanking` zurückgeliefert. In diesem Parameter sind die Indizes der Modellkomponenten nach der mit ihnen verbundenen Suchzeit aufsteigend sortiert, d.h. `RootRanking`[0] enthält den Index der Modellkomponente, die - als Wurzelkomponente gewählt - die schnellste Suche ermöglicht. Die in `RootRanking` ermittelte Reihenfolge stellt jedoch nur eine grobe Abschätzung dar. Die Abschätzung setzt außerdem voraus, dass sowohl die Bildgröße als auch der Wert des Systemparameters *'border_shape_models'* beim Aufruf von `create_component_model` und `find_component_model` identisch sind.

Parameter

▷ **`ModelImage`** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild, aus dem die Formmodelle für die Modellkomponenten generiert werden sollen.

▷ **`ComponentRegions`** (input_object) . . . . . region-array ⇝ *object*
Eingaberegionen, aus denen die Formmodelle für die Modellkomponenten generiert werden sollen.

▷ **`VariationRow`** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Variation der Modellkomponenten in Zeilenrichtung.
Wertevorschläge: `VariationRow` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150}
Restriktion: VariationRow >= 0

▷ **`VariationColumn`** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Variation der Modellkomponenten in Spaltenrichtung.
Wertevorschläge: `VariationColumn` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150}
Restriktion: VariationColumn >= 0

▷ **`VariationAngle`** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
Winkel-Variation der Modellkomponenten.
Wertevorschläge: `VariationAngle` ∈ {0.0, 0.017, 0.035, 0.05, 0.07, 0.09, 0.17, 0.35, 0.52, 0.67, 0.87}
Restriktion: VariationAngle >= 0

▷ **`AngleStart`** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Kleinste auftretende Rotation des Komponentenmodells.
Default: -0.39
Wertevorschläge: `AngleStart` ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}

▷ **`AngleExtent`** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Ausdehnung des Winkelbereichs des Komponentenmodells.
Default: 0.79
Wertevorschläge: `AngleExtent` ∈ {6.28, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39}
Restriktion: AngleExtent >= 0

▷ **ContrastLowComp** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer* / string
Unterer Hystereseschwellenwert für den Kontrast der Komponenten im Modellbild.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `ContrastLowComp` ∈ {'auto', 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160}
Restriktion: ContrastLowComp > 0

▷ **ContrastHighComp** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer* / string
Oberer Hystereseschwellenwert für den Kontrast der Komponenten im Modellbild.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `ContrastHighComp` ∈ {'auto', 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160}
Restriktion: ContrastHighComp > 0 && ContrastHighComp >= ContrastLowComp

▷ **MinSizeComp** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer* / string
Mindestgröße der Konturregionen im Modell.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `MinSizeComp` ∈ {'auto', 0, 5, 10, 20, 30, 40}
Restriktion: MinSizeComp >= 0

▷ **MinContrastComp** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer* / string
Minimaler Kontrast der Komponenten in den Suchbildern.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `MinContrastComp` ∈ {'auto', 10, 20, 20, 40}
Restriktion: MinContrastComp <= ContrastLowComp && MinContrastComp >= 0

▷ **MinScoreComp** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen der Komponenten.
Default: 0.5
Wertevorschläge: `MinScoreComp` ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05
Restriktion: 0 <= MinScoreComp && MinScoreComp <= 1

▷ **NumLevelsComp** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer* / string
Maximale Anzahl von Pyramidenebenen für die Komponenten.
Default: 'auto'
Werteliste: `NumLevelsComp` ∈ {'auto', 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **AngleStepComp** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real* / string
Schrittweite der Winkel (Auflösung) für die Komponenten.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `AngleStepComp` ∈ {'auto', 0.0175, 0.0349, 0.0524, 0.0698, 0.0873}
Restriktion: AngleStepComp >= 0

▷ **OptimizationComp** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Optimierung für die Komponenten.
Default: 'auto'
Werteliste: `OptimizationComp` ∈ {'auto', 'none', 'point_reduction_low', 'point_reduction_medium', 'point_reduction_high'}

▷ **MetricComp** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Art der zum Matchen der Komponenten verwendeten Metrik.
Default: 'use_polarity'
Werteliste: `MetricComp` ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity', 'ignore_local_polarity', 'ignore_color_polarity'}

▷ **PregenerationComp** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Komplette Vorabgenerierung der Formmodelle für die Komponenten falls *'true'*.
Default: 'false'
Werteliste: `PregenerationComp` ∈ {'true', 'false'}

▷ **ComponentModelID** (output_control) . . . . . component_model ⇝ *handle*
Handle des Komponentenmodells.

▷ **RootRanking** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Reihenfolge der Modellkomponenten, die deren Eignung als Wurzelkomponente zu fungieren ausdrückt.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_component_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Modul

Matching

```
create_trained_component_model ( : : ComponentTrainingID,
    AngleStart, AngleExtent, MinContrastComp, MinScoreComp,
    NumLevelsComp, AngleStepComp, OptimizationComp, MetricComp,
    PregenerationComp : ComponentModelID, RootRanking )
```

Vorbereiten eines Komponentenmodells für das Matching auf der Basis trainierter Komponenten.

create_trained_component_model ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

create_trained_component_model bereitet das Trainingsergebnis, das in ComponentTrainingID übergeben wird, als Komponentenmodell für das Matching vor. Der Ausgabeparameter ComponentModelID ist ein Handle für dieses Modell, der in nachfolgenden Aufrufen von find_component_model verwendet wird. Im Gegensatz zu create_component_model müssen die Modellkomponenten mit train_model_components trainiert worden sein bevor create_trained_component_model aufgerufen werden kann.

Die Parameter AngleStart und AngleExtent legen den Winkelbereich für die möglichen Rotationen des Komponentenmodells im Bild fest.

Im Wesentlichen wird intern für jede Modellkomponente ein separates Formmodell erzeugt (siehe create_shape_model). Daher entsprechen die Parameter MinContrastComp, MinScoreComp, NumLevelsComp, AngleStepComp, OptimizationComp, MetricComp und PregenerationComp den Parametern in create_shape_model mit den folgenden Unterschieden: Im Parameter Optimization von create_shape_model kann neben einer möglichen Reduktion der Modellpunkte auch entschieden werden, ob das Formmodell vollständig vorab generiert wird oder nicht. Der Operator create_trained_component_model bietet dagegen für die Vorabgenerierung der Formmodelle einen separaten Parameter PregenerationComp. Ein zweiter Unterschied bezieht sich auf den Parameter MinScoreComp, der beim formbasierten Matching nicht bereits beim Vorbereiten des Modells mit create_shape_model sondern erst bei der Suche mit find_shape_model übergeben wird. Beim Vorbereiten des Komponentenmodells ist es jedoch vorteilhaft, auftretende Rotationssymmetrien der Modellkomponenten und Ähnlichkeiten zwischen den Modellkomponenten zu analysieren und beim Aufbau des Komponentenmodells zu berücksichtigen. Diese Analyse kann jedoch nur dann zu sinnvollen Ergebnissen führen, wenn der zur Suche verwendete Wert für MinScoreComp (siehe find_component_model) bereits annähernd bekannt ist. Die von find_component_model ermittelten Lagekoordinaten der Modellkomponenten in einem Suchbild beziehen sich auf deren Referenzpunkt. Der Referenzpunkt einer Modellkomponente ist festgelegt durch den Schwerpunkt der entsprechenden von train_model_components in ModelComponents zurückgelieferten Region.

Die Parameter MinContrastComp, NumLevelsComp, AngleStepComp und OptimizationComp können jeweils durch die Angabe von *'auto'* automatisch ermittelt werden.

Alle komponentenspezifischen Eingabeparameter (Parameternamen enden jeweils auf Comp) müssen entweder genau ein Element enthalten oder dieselbe Anzahl von Elementen wie in ComponentTrainingID enthaltene Modellkomponenten. Im ersten Fall wird der Wert des Eingabeparameters für alle Modellkomponenten gleich verwendet. Im zweiten Fall wird das jeweilige Element des Eingabeparameters für die entsprechende Modellkomponente in ComponentTrainingID verwendet.

Das Komponentenmodell enthält neben den einzelnen Formmodellen auch die Information über die Art und Weise, wie die einzelnen Modellkomponenten mit `find_component_model` relativ zueinander gesucht werden müssen, damit die Rechenzeit während der Suche minimal ist. Dabei werden die Komponenten durch eine Baumstruktur repräsentiert. Zunächst wird die Komponente, die an der Wurzel des Baumes (Wurzelkomponente) steht, gesucht. Anschließend werden die übrigen Komponenten jeweils relativ zur Lage ihres Vorgängers im Baum gesucht.

Die Wurzelkomponente kann bei der Suche mit `find_component_model` als Parameter übergeben werden. Inwiefern sich eine Modellkomponente als Wurzelkomponente eignet, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Prinzipiell sollte eine Modellkomponente gewählt werden, die mit hoher Wahrscheinlichkeit im Bild wiedergefunden werden kann. Eine im Bild stark verdeckte oder fehlende Komponente eignet sind daher nur bedingt als Wurzelkomponente. Auch die mit der Wurzelkomponente verbundene Rechenzeit während der Suche kann als Auswahlkriterium herangezogen werden. Eine nach diesem Kriterium sortierte Rangfolge der Modellkomponenten wird im Parameter `RootRanking` zurückgeliefert. In diesem Parameter sind die Indizes der Modellkomponenten nach der mit ihnen verbundenen Rechenzeit aufsteigend sortiert, d.h. `RootRanking`[0] enthält den Index der Modellkomponente, die - als Wurzelkomponente gewählt - die schnellste Suche ermöglicht. Die in `RootRanking` ermittelte Reihenfolge stellt jedoch nur eine grobe Abschätzung dar. Die Abschätzung setzt außerdem voraus, dass sowohl die Bildgröße als auch der Wert des Systemparameters *'border_shape_models'* beim Aufruf von `create_trained_component_model` und `find_component_model` identisch sind.

Parameter

- ▷ **`ComponentTrainingID`** (input_control) . . . . . component_training ⇝ *handle*
  Handle des Trainingsergebnisses.
- ▷ **`AngleStart`** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Rotation des Komponentenmodells.
  Default: -0.39
  Wertevorschläge: `AngleStart` ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}
- ▷ **`AngleExtent`** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Ausdehnung des Winkelbereichs.
  Default: 0.79
  Wertevorschläge: `AngleExtent` ∈ {6.28, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39}
  Restriktion: AngleExtent >= 0
- ▷ **`MinContrastComp`** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer* / string
  Minimaler Kontrast der Komponenten in den Suchbildern.
  Default: 'auto'
  Wertevorschläge: `MinContrastComp` ∈ {'auto', 10, 20, 20, 40}
  Restriktion: MinContrastComp >= 0
- ▷ **`MinScoreComp`** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen der Komponenten.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: `MinScoreComp` ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.05
  Restriktion: 0 <= MinScoreComp && MinScoreComp <= 1
- ▷ **`NumLevelsComp`** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer* / string
  Maximale Anzahl von Pyramidenebenen für die Komponenten.
  Default: 'auto'
  Werteliste: `NumLevelsComp` ∈ {'auto', 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}
- ▷ **`AngleStepComp`** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real* / string
  Schrittweite der Winkel (Auflösung) für die Komponenten.
  Default: 'auto'
  Wertevorschläge: `AngleStepComp` ∈ {'auto', 0.0175, 0.0349, 0.0524, 0.0698, 0.0873}
  Restriktion: AngleStepComp >= 0
- ▷ **`OptimizationComp`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Art der Optimierung für die Komponenten.
  Default: 'auto'
  Werteliste: `OptimizationComp` ∈ {'auto', 'none', 'point_reduction_low', 'point_reduction_medium', 'point_reduction_high'}

▷ **MetricComp** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Art der zum Matchen der Komponenten verwendeten Metrik.
Default: 'use_polarity'
Werteliste: `MetricComp` ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity', 'ignore_local_polarity', 'ignore_color_polarity'}

▷ **PregenerationComp** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Komplette Vorabgenerierung der Formmodelle für die Komponenten falls *'true'*.
Default: 'false'
Werteliste: `PregenerationComp` ∈ {'true', 'false'}

▷ **ComponentModelID** (output_control) . . . . . component_model ⇝ *handle*
Handle des Komponentenmodells.

▷ **RootRanking** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Reihenfolge der Modellkomponenten, die deren Eignung als Wurzelkomponente zu fungieren ausdrückt.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_trained_component_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Modul

Matching

deserialize_component_model (: : SerializedItemHandle : ComponentModelID)

Deserialisieren eines serialisierten Komponentenmodells.

deserialize_component_model ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

`deserialize_component_model` deserialisiert ein Komponentenmodell, welches mit `serialize_component_model` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte Komponentenmodell wird in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten Komponentenmodell mit dem Handle `ComponentModelID` gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **ComponentModelID** (output_control) . . . . . component_model ⇝ *handle*
Handle des Komponentenmodells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_component_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Matching

deserialize_training_components (: : SerializedItemHandle : ComponentTrainingID)

Deserialisieren eines Komponenten-Trainingsergebnisses.

deserialize_training_components ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

deserialize_training_components deserialisiert ein Komponenten-Trainingsergebnis, welches mit serialize_training_components serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte Komponenten-Trainingsergebnis wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten Komponenten-Trainingsergebnis mit dem Handle ComponentTrainingID gespeichert.

Parameter

- ▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.
- ▷ **ComponentTrainingID** (output_control) ..... component_training ⇝ *handle*
  Handle des Trainingsergebnisses.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_training_components den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Matching

find_component_model (Image : : ComponentModelID, RootComponent, AngleStartRoot, AngleExtentRoot, MinScore, NumMatches, MaxOverlap, IfRootNotFound, IfComponentNotFound, PosePrediction, MinScoreComp, SubPixelComp, NumLevelsComp, GreedinessComp : ModelStart, ModelEnd, Score, RowComp, ColumnComp, AngleComp, ScoreComp, ModelComp)

Suche der besten Matches eines Komponentenmodells in einem Bild.

find_component_model ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

find_component_model findet die besten NumMatches Instanzen des Komponentenmodells ComponentModelID im Eingabebild Image.

Das Ergebnis der Suche kann mit get_found_component_model visualisiert werden. Ebenso können damit die Matches der Komponenten einer bestimmten Instanz extrahiert werden.

Weitere Informationen zu Eingabeparametern

ComponentModelID: Handle des Komponentenmodells.

Das Modell muss zuvor mit create_trained_component_model oder create_component_model erzeugt oder mit read_component_model eingelesen worden sein.

RootComponent: Index der Wurzelkomponente.

Die Komponenten des Komponentenmodells ComponentModelID sind durch eine Baumstruktur repräsentiert. Die Wurzelkomponente steht an der Wurzel des Baumes.

Die Wurzelkomponente wird während der Suche im gesamten Parameterraum gesucht, d.h. innerhalb aller erlaubten Positionen und Orientierungen. Die übrigen Komponenten werden dagegen jeweils relativ zur Lage ihres Vorgängers im Baum in einem eingeschränkten Parameterraum gesucht (rekursive Suche). Die eingeschränkten Suchräume werden dabei aus den entsprechenden Relationen berechnet.

Inwiefern sich eine Modellkomponente als Wurzelkomponente eignet, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Prinzipiell sollte eine Modellkomponente gewählt werden, die mit hoher Wahrscheinlichkeit im Bild wiedergefunden werden kann. Eine im Bild stark verdeckte oder fehlende Komponente eignet sind daher nur bedingt als Wurzelkomponente. Für Verhalten des Operators in solchen Fällen, siehe den Eintrag zu IfRootNotFound weiter unten.

Ein anderes mögliches Auswahlkriterium ist die mit der Wurzelkomponente verbundene Rechenzeit während der Suche. Eine entsprechende Rangfolge der Modellkomponenten wird über den Parameter RootRanking des Operators create_trained_component_model bzw. create_component_model zurückgegeben. Wird die komplette Rangfolge RootRanking in RootComponent übergeben, dann wird der erste Wert RootComponent[0] als Wurzelkomponente ausgewählt.

AngleStartRoot und AngleExtentRoot: Legen den erlaubten Winkelbereich fest (in [rad]), in dem nach der Wurzelkomponente gesucht wird.

Der Winkelbereich wird gegebenenfalls auf den Bereich beschnitten, der bei der Erzeugung des Komponentenmodells mit create_trained_component_model bzw. create_component_model festgelegt worden ist. Der Winkelbereich kann für die einzelnen Formmodelle mit get_shape_model_params abgefragt werden. Das dazu notwendige Handle des entsprechenden Formmodells kann mit get_component_model_params erhalten werden.

MinScore: Minimale Bewertung, die ein potentieller Match des Komponentenmodells erhalten muss um als Instanz zu zählen.

Falls erwartet werden kann, dass das Komponentenmodell niemals verdeckt wird, kann MinScore auf so hohe Werte wie *0.8* oder sogar *0.9* gesetzt werden. Der Wert dieses Parameters nur geringen Einfluss auf die Rechenzeit. Ausnahme ist im Fall IfRootNotFound auf *'select_new_root'*, siehe unten.

NumMatches: Bestimmt die maximale Anzahl zurückgegebener Instanzen.

Werden weniger Instanzen als NumMatches gefunden, werden nur diese Instanzen zurückgeliefert, d.h. der Parameter MinScore hat höhere Priorität.

Werden mehr Instanzen als NumMatches mit einer Bewertung besser MinScore gefunden, werden nur die besten NumMatches Instanzen zurückgeliefert. Sollen jedoch alle Modellinstanzen, deren Bewertung MinScore übersteigt, im Bild gefunden werden, muss NumMatches auf *0* gesetzt werden.

MaxOverlap: Bestimmt die maximal erlaubte Überlappung zweier Instanzen, wobei dieser Anteil als Zahl zwischen 0 und 1 ausgedrückt wird.

In manchen Fällen kann es vorkommen, dass sich verschiedene Instanzen nur durch die Lage einer oder weniger Komponenten unterscheiden. Überlappen sich zwei Instanzen um mehr als MaxOverlap, wird nur die bessere zurückgeliefert. Dies bedeutet, bei MaxOverlap = *0* werden nur Instanzen zurückgeliefert die sich überhaupt nicht überlappen, während bei MaxOverlap = *1* keine Überprüfung der Überlappung stattfindet und alle gefundenen Instanzen zurückgeliefert werden. Die Berechnung der Überlappung erfolgt anhand der kleinsten umschließenden Rechtecke beliebiger Orientierung der Konturen der einzelnen Komponenten (siehe smallest_rectangle2).

IfRootNotFound: Steuert das Verhalten des Operators bei einem fehlenden oder stark verdeckten Wurzelobjekt.

Mögliche Werte:

- *'stop_search'*: Es wird davon ausgegangen, dass die Wurzelkomponente im Bild immer gefunden wird. Folglich wird für eine Instanz die Suche nach den restlichen Komponenten nicht fortgesetzt, wenn die Wurzelkomponente nicht gefunden wurde.
- *'select_new_root'*: Unterschiedliche Komponenten werden sukzessive als Wurzelkomponente gewählt um den gesamten Suchraum zu durchsuchen. Die Auswahl der Wurzelkomponenten erfolgt in der Reihenfolge, die in RootRanking übergeben wurde. Die Lagen der gefundenen Instanzen aller Wurzelkomponenten werden dann dazu genutzt die rekursiven Suchen nach den übrigen Komponenten zu starten. Dadurch ist es zwar möglich, Instanzen auch dann zu finden, wenn die ursprüngliche Wurzelkomponente nicht gefunden wird, die Rechenzeit der Suche steigt allerdings im Vergleich zur Suche

mit *'stop_search'* deutlich an. Dies ist insbesondere bei kleinem `MinScore` der Fall, da dann mehr Wurzelkomponenten gesucht werden müssen. Sollten bei der Suche mehr Wurzelkomponenten benötigt werden, als in `RootComponent` übergeben wurden, so werden die Wurzelkomponenten in der automatisch berechneten Reihenfolge ergänzt (siehe `create_trained_component_model` bzw. `create_component_model`).

`IfComponentNotFound`: Bestimmt inwiefern Komponenten gesucht werden, wenn die Vorgänger-Komponente selbst nicht gefunden wurde (z.B. weil sie fehlt oder stark verdeckt ist).

Mögliche Werte:

- *'prune_branch'*: Solche Komponenten werden nicht gesucht und ebenfalls als 'nicht gefunden' eingestuft.
- *'search_from_upper'*: Solche Komponenten werden relativ zur Lage der Vorgänger-Komponente der Vorgänger-Komponente gesucht.
- *'search_from_best'*: Solche Komponenten werden relativ zur Lage der bereits gefundenen Komponente gesucht, von der aus die relative Suche mit dem geringsten Rechenaufwand durchgeführt werden kann.

`PosePrediction`: Gibt an, ob die Lage von nicht gefundenen Komponenten nach der Suche geschätzt werden soll.

Mögliche Werte:

- *'none'*: Nur für die gefundenen Komponenten werden die Lagen zurückgeliefert.
- *'from_neighbors'*: Die Lagen der nicht gefundenen Komponenten geschätzt und mit einer Bewertung von `ScoreComp` = *0.0* zurückgeliefert. Die Schätzung der Lage erfolgt auf Grundlage der Lagen gefundener Nachbarkomponenten im Suchbaum.
- *'from_all'*: Die Lagen der nicht gefundenen Komponenten geschätzt und mit einer Bewertung von `ScoreComp` = *0.0* zurückgeliefert. Die Schätzung der Lage erfolgt auf Grundlage der Lagen aller gefundenen Komponenten

`MinScoreComp`: Minimale notwendige Bewertung der Komponenten einer zu findenden Instanz.

Dieser Parameter verhält sich analog zu `MinScore` in `find_shape_model`.

Setzbar sind genau ein Wert oder dieselbe Anzahl Werte wie Modellkomponenten in `ComponentModelID`. Im ersten Fall wird der Wert des Eingabeparameters für alle Modellkomponenten verwendet. Im zweiten Fall wird das jeweilige Element des Eingabeparameters für die entsprechende Komponente in `ComponentModelID` verwendet.

`SubPixelComp`: Bestimmt, ob die Extraktion subpixelgenau erfolgen soll und in gegebenem Fall die maximal zulässige Objektdeformation in Pixeln.

Dieser Parameter verhält sich analog zu `SubPixel` in `find_shape_model`. Somit ist die maximale Objektdeformation im gleichen String als Ganzzahl anzugeben.

Setzbar sind genau ein Wert oder dieselbe Anzahl Werte wie Modellkomponenten in `ComponentModelID`. Im ersten Fall wird der Wert des Eingabeparameters für alle Modellkomponenten verwendet. Im zweiten Fall wird das jeweilige Element des Eingabeparameters für die entsprechende Komponente in `ComponentModelID` verwendet.

Beispiel: ['least_squares', 'max_deformation 2'].

`NumLevelsComp`: Bestimmt die verwendeten Pyramidenebenen für die Modellkomponenten.

Dieser Parameter verhält sich analog zu `NumLevels` in `find_shape_model`.

Er bestimmt die Anzahl der verwendeten Pyramidenebenen, die während der Suche benutzt werden. Setzbar sind genau ein Wert oder dieselbe Anzahl Werte wie Modellkomponenten in `ComponentModelID`. Im ersten Fall wird der Wert des Eingabeparameters für alle Modellkomponenten verwendet. Im zweiten Fall wird das jeweilige Element des Eingabeparameters für die entsprechende Komponente in `ComponentModelID` verwendet.

Optional kann man für diesen Parameter auch Wertepaare setzen: Dann spezifiziert der erste Wert weiterhin die Anzahl an zu verwendende Pyramidenebenen. Der zweite Wert spezifiziert die unterste Pyramidenebene, bis auf welche die Matches verfolgt werden. Dabei kann man ein einzelnes Wertepaar für alle Komponenten angeben oder für jede Komponente in `ComponentModelID` ein eigenes. Sollen für unterschiedliche Komponenten unterschiedliche Wertepaare berücksichtigt werden, so sind diese im selben Tupel anzugeben.

Enthält `ComponentModelID` genau zwei Komponenten und `NumLevelsComp` zwei gesetzte Werte, so werden diese Werte als jeweilige Anzahl zu verwendende Pyramidenebenen aufgefasst und nicht als Wertepaar.

Beispiel: In ComponentModelID sind zwei Komponenten enthalten, für welche unterschiedliche Pyramidenebenen verwendet werden sollen. Für die erste Komponente sollen 5 Pyramidenebenen verwendet werden, mit Ebene 2 als der untersten. Für die zweite Komponente sollen 4 Pyramidenebenen verwendet werden, mit Ebene 1 als der untersten. Dann ist NumLevelsComp = *[5,2,4,1]*.

GreedinessComp: „Gierigkeit“ der Suchheuristik für die Komponenten: Wert von 0 bis 1. Dabei bedeutet 0: sicher aber langsam, 1: schnell aber Matches können „übersehen“ werden.

Dieser Parameter verhält sich analog zu Greediness in find_shape_model.

Setzbar sind genau ein Wert oder dieselbe Anzahl Werte wie Modellkomponenten in ComponentModelID. Im ersten Fall wird der Wert des Eingabeparameters für alle Modellkomponenten verwendet. Im zweiten Fall wird das jeweilige Element des Eingabeparameters für die entsprechende Komponente in ComponentModelID verwendet.

Weitere Informationen zu Ausgabeparametern

ModelStart und ModelEnd: Geben den ersten, respektive letzten Index und damit den Indexbereich all jener Komponentenmatches die zur selben gefundenen Instanz des Komponentenmodells gehören

Die Komponentenmatches, die zur ersten gefundenen Instanz des Komponentenmodells gehören, werden somit durch das Intervall an Indizes [ModelStart[0],ModelEnd[0]] beschrieben. Dabei beziehen sich die Indizes auf die Werte der Parameter RowComp, ColumnComp, AngleComp, ScoreComp und ModelComp.

Beispiel: Das Komponentenmodell besteht aus drei Komponenten. Auf dem Bild werden zwei Instanzen gefunden, wobei für die zweite Instanz lediglich zwei Komponenten (Komponente 0 und Komponente 2) gefunden werden konnten. Dann könnten die zurückgegebenen Parameter wie folgt aussehen:

RowComp = *[100,200,300,150,250]*	ModelStart = *[0,3]*
ColumnComp = *[200,210,220,400,425]*	ModelEnd = *[2,4]*
AngleComp = *[0,0.1,-0.2,0.1,0.2]*	ModelComp = *[0,1,2,0,2]*
ScoreComp = *[1,1,1,1,1]*	Score = *[1,1]*

Aus der rechten Spalte ersichtlich, dass in der linken Spalte:

- Werte mit Index 0 bis 2 gehören zu den Komponenten 0 bis 2 von Instanz 1.
- Werte mit Index 3 bis 4 gehören zu den Komponenten 0 und 2 von Instanz 2.

Score: Bewertung der Instanzen des gesamten Komponentenmodells.

Score ist das gewichtete Mittel der einzelnen Komponentenbewertungen, den Werten in ScoreComp. Dabei erfolgt die Gewichtung proportional zur Anzahl an Modellpunkten in der jeweiligen Komponente.

RowComp, ColumnComp und AngleComp: Positionen (RowComp, ColumnComp) und Rotationen (AngleComp) der Modellkomponenten aller gefundenen Instanzen des Komponentenmodells.

Die Koordinaten RowComp und ColumnComp sind die Koordinaten des Komponenten-Ursprungs (Referenzpunkts) im Suchbild. Der Komponenten-Ursprung hängt davon ab, wie das Modell erzeugt wurde:

- Mit create_trained_component_model durch Trainieren: Der Ursprung einer Komponente ist der Schwerpunkt der Konturregion, die der Operator train_model_components in ModelComponents zurück lieferte.
- Mit create_component_model manuell: Der Ursprung einer Komponente ist der Schwerpunkt Komponentenregion, die über ComponentRegions dem Operator create_component_model übergeben wurde.

Da sich die Relationen zwischen den Komponenten in ComponentModelID auf diesen Schwerpunkt beziehen, darf der Ursprung einer Komponente nicht mit set_shape_model_origin verändert werden.

ScoreComp: Bewertung der gefundenen Komponenteninstanzen.

Die Bewertung ist eine Zahl zwischen 0 und 1 und ist ein ungefähres Maß dafür, welcher Anteil der Komponente im Bild zu sehen ist. Falls z.B. die Hälfte der Komponente im Bild verdeckt ist, kann die Bewertung nicht größer als 0.5 sein.

ModelComp: Index der gefundenen Komponenten.

Das Tupel enthält die Indizes der jeweiligen gefundenen Modellkomponenten (siehe create_component_model bzw. train_model_components). Damit können die Werte in RowComp, ColumnComp, AngleComp und ScoreComp den verschieden Modellkomponenten zugeordnet werden. Siehe auch das Beispiel bei ModelStart und ModelEnd.

Informationen zum Suchverlauf

Im Wesentlichen wird intern für die Suche der einzelnen Komponenten das formbasierte Matching verwendet (siehe `find_shape_model`).

Der Definitionsbereich des Bildes `Image` gibt den Suchbereich für den Referenzpunkt, d.h. die erlaubte Position, der Wurzelkomponente an.

Im Normalfall wird das Komponentenmodell innerhalb des Definitionsbereiches des Eingabebildes nur an den Stellen gesucht, an denen das Modell vollständig in das Bild passt. Das bedeutet, dass die Komponenten nicht gefunden werden können, wenn sie aus dem Bild herausragen, selbst wenn sie eine Bewertung größer als `MinScoreComp` erreichen würden (siehe oben).

Außerdem kann es sein, dass das Komponentenmodell, wenn es in einer der Pyramidenebenen den Bildrand berührt, ebenfalls nicht gefunden wird, auch wenn es im ursprünglichen Bild vollständig enthalten ist. Als Daumenregel gilt hier, dass das Modell dann nicht gefunden werden könnte, wenn seine Distanz zum Bildrand unter $2^{NumLevels-1}$ fällt. Dieses Verhalten kann mit `set_system('border_shape_models','true')` umgestellt werden, so dass auch Komponenten gefunden werden, die aus dem Bild herausragen, falls sie eine Bewertung größer als `MinScoreComp` erreichen. Dabei werden Punkte außerhalb des Bildes als verdeckt angesehen, d.h. sie verringern die Bewertung. Es ist zu beachten, dass dieser Modus die Laufzeit der Suche erhöht.

Es ist weiter zu beachten, dass in seltenen Fällen, die typischerweise nur in künstlichen Bildern auftreten, auch dann kein Modell gefunden wird, wenn das Modell in einer Pyramidenebene die reduzierte Bilddomäne berührt. In diesem Fall kann es helfen, die Region der Domäne um $2^{NumLevels-1}$, z.B., mit `dilation_circle` zu vergrößern.

Beim Tracken der Matches durch die Bildpyramide werden auf jeder Ebene Matches verworfen, die wenig vielversprechend sind. Dadurch ist es möglich, dass Matches verworfen werden, die auf der niedrigsten Pyramidenebene einen höheren Score gehabt hätten. Beispielsweise kann das dazu führen, dass der gefundene Match für `NumMatches` gleich *1* nicht mit dem Match mit dem höchsten Score übereinstimmt, der von `NumMatches` gleich *0* oder > *1* zurückgegeben wird.

Empfehlungen

Falls erwartet wird, dass mehrere Objekte mit einem ähnlichen Score gefunden werden können, aber nur das Modell mit dem höchsten Score zurückgegeben werden soll, kann es vorteilhaft sein, `NumMatches` zu erhöhen, und dann den Match mit dem höchsten Score auszuwählen.

Für einen aussagekräftigen Score und zum Vermeiden falscher Matches wird empfohlen, das Erlauben einer Deformation mit einer Subpixel-Extraktion mit einer der Least-Squares-Adjustment-Methoden zu kombinieren. Falls die Subpixel-Extraktion und/oder die maximale Objektdeformation für jede Komponente einzeln spezifiziert werden sollen, muss in `SubPixelComp` die Subpixel-Extraktion genauso oft angegeben werden, wie die Anzahl an Modellkomponenten in `ComponentModelID`. Nach jedem übergebenen Wert für die Subpixel-Extraktion kann optional ein zweiter Wert übergeben werden, der die maximale Objektdeformation für die jeweilige Komponente beschreibt. Wird nach dem Wert für die Subpixel-Extraktion kein Wert für die Objektdeformation übergeben, wird die entsprechende Komponente ohne Deformation gesucht. Weitere Details sind in der Dokumentation von `find_shape_models` zu finden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild, in dem das Komponentenmodell gefunden werden soll.
- ▷ **`ComponentModelID`** (input_control) ..... component_model ⇝ *handle*
  Handle des Komponentenmodells.
- ▷ **`RootComponent`** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Index der Wurzelkomponente.
  Wertevorschläge: `RootComponent` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}
- ▷ **`AngleStartRoot`** (input_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Rotation der Wurzelkomponente
  Default: -0.39
  Wertevorschläge: `AngleStartRoot` ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}
- ▷ **`AngleExtentRoot`** (input_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Ausdehnung des Winkelbereichs.
  Default: 0.79
  Wertevorschläge: `AngleExtentRoot` ∈ {6.28, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39, 0.0}
  Restriktion: AngleExtentRoot >= 0

▷ **MinScore** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen des Komponentenmodells.
Default: 0.5
Wertevorschläge: MinScore ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05
Restriktion: 0 <= MinScore && MinScore <= 1

▷ **NumMatches** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der zu findenden Instanzen des Komponentenmodells (oder 0 für alle Treffer).
Default: 1
Wertevorschläge: NumMatches ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}

▷ **MaxOverlap** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximale Überlappung der zu findenden Instanzen des Komponentenmodells.
Default: 0.5
Wertevorschläge: MaxOverlap ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05
Restriktion: 0 <= MaxOverlap && MaxOverlap <= 1

▷ **IfRootNotFound** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Verhalten bei fehlender Wurzelkomponente.
Default: 'stop_search'
Werteliste: IfRootNotFound ∈ {'stop_search', 'select_new_root'}

▷ **IfComponentNotFound** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Verhalten bei fehlenden Komponenten.
Default: 'prune_branch'
Werteliste: IfComponentNotFound ∈ {'prune_branch', 'search_from_upper', 'search_from_best'}

▷ **PosePrediction** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Schätzung der Lagen nicht gefundener Komponenten.
Default: 'none'
Werteliste: PosePrediction ∈ {'none', 'from_neighbors', 'from_all'}

▷ **MinScoreComp** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen der Komponenten.
Default: 0.5
Wertevorschläge: MinScoreComp ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05
Restriktion: 0 <= MinScoreComp && MinScoreComp <= 1

▷ **SubPixelComp** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Subpixelgenauigkeit der Komponentenlagen falls ungleich *'none'*.
Default: 'least_squares'
Wertevorschläge: SubPixelComp ∈ {'none', 'interpolation', 'least_squares', 'least_squares_high', 'least_squares_very_high', 'max_deformation 1', 'max_deformation 2', 'max_deformation 3', 'max_deformation 4', 'max_deformation 5', 'max_deformation 6'}

▷ **NumLevelsComp** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der verwendeten Pyramidenebenen für die Komponenten (und unterste zu verwendende Pyramidenebene falls $|\texttt{NumLevelsComp}| = 2$ oder $2n$).
Default: 0
Werteliste: NumLevelsComp ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **GreedinessComp** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
„Gierigkeit" der Suchheuristik für die Komponenten.
Default: 0.9
Wertevorschläge: GreedinessComp ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05
Restriktion: 0 <= GreedinessComp && GreedinessComp <= 1

▷ **ModelStart** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Startindex jeder gefundenen Instanz des Komponentenmodells auf die Tupel, die die Komponentenmatches beschreiben.

▷ **ModelEnd** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Endindex jeder gefundenen Instanz des Komponentenmodells auf die Tupel, die die Komponentenmatches beschreiben.

▷ **Score** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Bewertung der gefunden Instanzen des Komponentenmodells.

▷ **RowComp** (output_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
Zeilenkoordinate der gefundenen Komponentenmatches.

▷ **ColumnComp** (output_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
Spaltenkoordinate der gefundenen Komponentenmatches.

▷ **AngleComp** (output_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
Rotationswinkel der gefundenen Komponentenmatches.

▷ **ScoreComp** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Bewertung der gefundenen Komponentenmatches.

▷ **ModelComp** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Index der gefundenen Komponenten.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `find_component_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebild vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Matching

gen_initial_components (ModelImage : InitialComponents : ContrastLow, ContrastHigh, MinSize, Mode, GenericName, GenericValue :)

Erzeugung der initialen Komponenten eines Komponentenmodells.

gen_initial_components ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

Im Allgemeinen bestehen zwei Möglichkeiten, `gen_initial_components` zu verwenden. Die erste Möglichkeit sollte gewählt werden, wenn die initialen Komponenten eines Komponentenmodells nicht bekannt sind. Dann erzeugt `gen_initial_components` die initialen Komponenten automatisch aus einem Modellbild. Die zweite Möglichkeit kann gewählt werden, um geeignete Werte für die Merkmalsextraktionsparameter von `train_model_components` und `create_component_model` zu finden. Somit ist die zweite Möglichkeit vergleichbar mit der Funktion von `inspect_shape_model` innerhalb des formbasierten Matchings.

Wenn die erste Möglichkeit verwendet wird, erzeugt `gen_initial_components` die initialen Komponenten eines Komponentenmodells aus einem Modellbild `ModelImage`. Wie bereits erwähnt, ist dies besonders dann hilfreich, wenn die initialen Komponenten eines Komponentenmodells nicht bekannt sind. In diesem Fall können die zurückgelieferten initialen Komponenten dazu genutzt werden, das Komponentenmodell automatisch mit `train_model_components` zu trainieren, was die Extraktion der (endgültigen) Modellkomponenten und deren Relationen umfasst. `gen_initial_components` liefert die initialen Komponenten in einem Regionenobjekttupel `InitialComponents` zurück, das für jede initiale Komponente deren Konturregion enthält.

Zur automatischen Bestimmung der initialen Komponenten muss der Definitionsbereich des Modellbildes `ModelImage` das gesamte zusammengesetzte Objekt inklusive aller Komponenten beinhalten. Mit `Mode` kann die Art der automatischen Berechnung gewählt werden. Zur Zeit ist nur der Modus *'connection'* verfügbar. In diesem Modus erfolgt die automatische Berechnung in zwei Schritten: Im ersten Schritt werden Merkmale extrahiert unter Verwendung der Parameter `ContrastLow`, `ContrastHigh` und `MinSize`. Diese Parameter legen fest, aus welchen Konturen die initialen Komponenten aufgebaut werden sollen, und sollten so gewählt werden, dass die initialen Komponenten nur die signifikanten Merkmale des Modellbildes enthalten.

ContrastLow und ContrastHigh legen den Grauwertkontrast fest, den die Punkte der initialen Komponenten besitzen müssen. Der Kontrast ist ein Maß für die lokalen Grauwertdifferenzen zwischen dem Objekt und dem Hintergrund und zwischen verschiedenen Teilen des Objektes. Dabei wird bei der Segmentierung des Modellbildes ein Verfahren, das ähnlich zum Hysterese-Schwellenwert-Verfahren in edges_image ist, eingesetzt. Dabei ist ContrastLow der untere Schwellenwert und ContrastHigh der obere Schwellenwert. Wird für ContrastLow und ContrastHigh der gleiche Wert übergeben, dann wird eine einfache Schwellenwertoperation ausgeführt. MinSize dient zur Selektion von signifikanten Merkmalen für die initialen Komponenten basierend auf der Größe der zusammenhängenden Konturregionen. Das bedeutet, dass Konturregionen, die weniger als MinSize Pixel umfassen, unterdrückt werden.

Die dabei entstehenden zusammenhängenden Konturregionen werden in einem zweiten Schritt iterativ zusammengefasst. Dabei werden zwei Konturregionen vereinigt, falls der Abstand der beiden Regionen einen bestimmten Schwellenwert unterschreitet (siehe unten). Die daraus resultierenden Regionen werden in InitialComponents zurückgeliefert und können zum Trainieren des Komponentenmodells an train_model_components übergeben werden.

Zur Steuerung der internen Bildverarbeitung können über die Parameter GenericName und GenericValue gezielt Steuerparameter übergeben werden. Dies geschieht, indem bei GenericName die Liste der Namen der Parameter als Strings übergeben werden. Bei GenericValue werden die zugehörigen Werte an den gleichen Indexpositionen übergeben.

Normalerweise ist es nicht nötig, die Werte zu ändern. Dies ist nur dann empfehlenswert, wenn das Ergebnis der automatischen Bestimmung der initialen Komponenten nicht den Erwartungen entspricht. Die zwei Parameter, die verändert werden können, sind *'merge_distance'* und *'merge_fraction'*; beide werden bei der iterativen Zusammenfassung von Konturregionen verwendet (siehe oben). Dazu wird zunächst der Anteil an Konturpixeln einer Konturregion berechnet, die maximal *'merge_distance'* Pixel von einer anderen Konturregion entfernt liegen. Ist dieser Anteil größer als der in *'merge_fraction'* übergebene Wert, dann werden diese beiden Konturregionen zusammengefasst. Daraus folgt, dass je größer *'merge_distance'* und je kleiner *'merge_fraction'* gewählt wird, desto mehr Konturregionen werden zusammengefasst. Vorbesetzung für *'merge_distance'* ist *5* und für *'merge_distance'* *0.5* (entspricht 50 Prozent).

Wenn die zweite Möglichkeit verwendet wird, d.h. wenn bereits näherungsweise bekannt ist, aus welchen Komponenten sich das Komponentenmodell zusammensetzt, kann das Training mit train_model_components ohne vorheriges Ausführen von gen_initial_components gestartet werden. Dabei können die initialen Komponenten vom Benutzer vorgegeben werden und direkt an train_model_components übergeben werden. Sind sowohl die Komponenten als auch die relativen Bewegungen (Relationen) der Komponenten bekannt, so kann sowohl auf gen_initial_components als auch auf train_model_components ganz verzichtet werden und das Komponentenmodell unmittelbar mit create_component_model erstellt werden. Dabei werden die Komponenten direkt an create_component_model übergeben. In diesen beiden Fällen kann gen_initial_components jedoch dazu genutzt werden, die Auswirkung der Merkmalsextraktionsparameter ContrastLow, ContrastHigh und MinSize von train_model_components und create_component_model zu evaluieren und somit geeignete Parameterwerte für eine bestimmte Anwendung zu finden.

Dabei müssen die Bildregionen für die (initialen) Komponenten explizit vorgegeben werden, d.h. für jede (initiale) Komponente wird ein eigenes Bild übergeben, aus dem die (initiale) Komponente generiert werden soll. In diesem Fall besteht das Modellbild ModelImage demzufolge aus einem Bildobjekttupel. Der Definitionsbereich jedes Bildobjektes wird als Region zur Berechnung der entsprechenden (initialen) Komponente verwendet. Dabei muss die Bildmatrix, die allen Bildobjekten des Bildobjekttupels zugrunde liegt, identisch sein. D.h. ModelImage kann nicht in beliebiger Weise mit concat_obj aufgebaut werden, sondern muss aus demselben Bild mit add_channels oder äquivalenten Aufrufen erzeugt werden. Ist dies nicht der Fall, wird eine Fehlermeldung zurückgeliefert. Wird für ContrastLow, ContrastHigh oder MinSize nur ein Wert übergeben, so gilt dieser Wert für alle (initialen) Komponenten. Sollen dagegen für unterschiedliche (initiale) Komponenten unterschiedliche Parameter verwendet werden, kann dies durch die Übergabe von Tupeln von Werten für die drei Parameter erreicht werden. In diesem Fall müssen die Tupel eine Länge habe, die der Anzahl an (initialen) Komponenten, d.h. der Anzahl an Bildobjekten in ModelImage, entspricht. Die Konturregionen der (initialen) Komponenten werden in InitialComponents zurückgeliefert.

Damit ist die zweite Möglichkeit äquivalent zur Funktion von inspect_shape_model innerhalb des formbasierten Matchings. Jedoch werden bei gen_initial_components im Unterschied zu inspect_shape_model die Konturregionen nicht auf mehreren Pyramidenebenen generiert. Deshalb sollte für den Fall, dass die Anzahl an Pyramidenebenen manuell gewählt wird, vorzugsweise inspect_shape_model für jede (initiale) Komponente individuell aufgerufen werden.

Für beide oben beschriebenen Möglichkeiten können die Parameter `ContrastLow`, `ContrastHigh` und `MinSize` auch automatisch bestimmt werden. In diesem Fall muss der Wert *'auto'* übergeben werden. Sollen beide Hysterese-Schwellen automatisch bestimmt werden, so müssen sowohl `ContrastLow` als auch `ContrastHigh` jeweils auf *'auto'* gesetzt werden. Soll dagegen lediglich ein Kontrastwert automatisch bestimmt werden, so muss `ContrastLow` auf *'auto'* und `ContrastHigh` auf einen beliebigen Wert ungleich *'auto'* gesetzt werden.

Falls das Eingabebild `ModelImage` einen Kanal besitzt, wird zur Berechnung der Repräsentation des Modells das Verfahren verwendet, das auch bei `create_component_model` oder `create_trained_component_model` für die Metriken *'use_polarity'*, *'ignore_global_polarity'* und *'ignore_local_polarity'* verwendet wird. Falls das Eingabebild mehr als einen Kanal besitzt, wird das Verfahren verwendet, das für die Metrik *'ignore_color_polarity'* verwendet wird.

Parameter

- ▷ **`ModelImage`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild, aus dem die initialen Komponenten erstellt werden sollen.
- ▷ **`InitialComponents`** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Konturregionen der initiale Komponenten.
- ▷ **`ContrastLow`** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer* / string
  Unterer Hystereseschwellenwert für den Kontrast der initialen Komponenten im Bild.
  Default: 'auto'
  Wertevorschläge: `ContrastLow` ∈ {'auto', 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160}
  Restriktion: ContrastLow > 0
- ▷ **`ContrastHigh`** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer* / string
  Oberer Hystereseschwellenwert für den Kontrast der initialen Komponenten im Bild.
  Default: 'auto'
  Wertevorschläge: `ContrastHigh` ∈ {'auto', 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160}
  Restriktion: ContrastHigh > 0 && ContrastHigh >= ContrastLow
- ▷ **`MinSize`** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer* / string
  Mindestgröße der initialen Komponenten.
  Default: 'auto'
  Wertevorschläge: `MinSize` ∈ {'auto', 0, 5, 10, 20, 30, 40}
  Restriktion: MinSize >= 0
- ▷ **`Mode`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der automatischen Segmentierung.
  Default: 'connection'
  Werteliste: `Mode` ∈ {'connection'}
- ▷ **`GenericName`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Namen der optionalen Steuerparameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenericName` ∈ {'merge_distance', 'merge_fraction'}
- ▷ **`GenericValue`** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Wert der optionalen Steuerparameter.
  Default: []

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_initial_components` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`inspect_shape_model`

Modul

Matching

get_component_model_params (: : ComponentModelID : MinScoreComp, RootRanking, ShapeModelIDs)

Auslesen der Parameter eines Komponentenmodells.

get_component_model_params ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

Der Operator get_component_model_params gibt die Parameter des Komponentenmodells ComponentModelID zurück. Dies ist insbesondere hilfreich, um nach einem Einlesen eines Komponentenmodells mit read_component_model die Parameter MinScoreComp und RootRanking zu überprüfen. Außerdem gibt der Operator die IDs ShapeModelIDs der Formmodelle aller Modellkomponenten zurück. Die Reihenfolge der zurückgelieferten IDs entspricht den Indizes der entsprechenden Komponenten im Komponentenmodell ComponentModelID. Die IDs können dazu verwendet werden, die Parameter der zugehörigen Formmodelle mit get_shape_model_params abzufragen.

Parameter

- ▷ **ComponentModelID** (input_control) ..... component_model ⇝ *handle*
  Handle des Komponentenmodells.
- ▷ **MinScoreComp** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen der Komponenten.
- ▷ **RootRanking** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Reihenfolge der Modellkomponenten, die deren Eignung als Wurzelkomponente zu fungieren ausdrückt.
- ▷ **ShapeModelIDs** (output_control) ..... shape_model(-array) ⇝ *handle*
  Handles der Formmodelle der einzelnen Modellkomponenten.

Ergebnis

Ist der Handle des Komponentenmodells gültig, dann liefert get_component_model_params den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Modul

Matching

get_component_model_tree (: Tree, Relations : ComponentModelID, RootComponent, Image : StartNode, EndNode, Row, Column, Phi, Length1, Length2, AngleStart, AngleExtent)

Liefert den Suchbaum eines Komponentenmodells zurück.

get_component_model_tree ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

get_component_model_tree liefert den Suchbaum Tree und die zugehörigen Relationen Relations des Komponentenmodells, das in ComponentModelID übergeben wird, sowohl in Form von Regionen als auch in numerischer Form zurück. get_component_model_tree ist besonders hilfreich, um die mit create_trained_component_model oder create_component_model berechnete Suchreihenfolge der einzelnen Komponenten zu visualisieren.

Da je nach Wurzelkomponente ein anderer Suchbaum verwendet wird, muss die Wurzelkomponente in RootComponent übergeben werden. Die Knoten im Baum Tree repräsentieren die einzelnen Komponenten im Modell, die Verbindungen zwischen den Knoten zeigen an, welche Komponenten relativ zueinander gesucht werden. Die Lage der Knoten im Baum entspricht der Lage der Komponenten im Modellbild (wenn Image = *'model_image'* oder Image = *0*) oder in einem Trainingsbild (wenn Image ≥ *1*).

Falls `Image` $\geq$ *1* gewählt wird, muss das Komponentenmodell basierend auf dem Trainingsergebnis mit `create_trained_component_model` generiert worden sein.

Sei *n* die Anzahl an Komponenten in `ComponentModelID`. Das Regionenobjekttupel `Relations` der Länge *n* hat folgenden Aufbau: Für jede Komponente wird eine eigene Region zurückgeliefert. Die Positionen aller Komponenten im Bild werden durch Kreise mit einem Radius von 3 Pixel dargestellt. Für jede Komponente, die nicht der Wurzelkomponente `RootComponent` entspricht, werden zusätzlich die Positionsrelation und die Winkelrelation relativ zur Vorgänger-Komponente im Baum dargestellt. Die Positionsrelation wird dabei durch ein Rechteck und die Winkelrelation durch einen Kreissektor mit einem Radius von 30 Pixel dargestellt. Der Kreismittelpunkt liegt dabei an der mittleren relativen Position der Komponente. Das Rechteck beschreibt die Referenzpunktbewegung der jeweiligen Komponente relativ zur Lage der Vorgänger-Komponente, der Öffnungswinkel des Kreissektors beschreibt die Variation der relativen Orientierung. Eine relative Orientierung von 0 entspricht der relativen Orientierung der beiden Komponenten im Modellbild.

Zusätzlich zu den Regionen werden der Suchbaum und die entsprechenden Relationen auch in numerischer Form zurückgeliefert. Der Suchbaum wird dabei in Form zweier Tupel `StartNode` und `EndNode` der Länge *n* beschrieben, die die jeweiligen Anfangs- und Endknoten aller Verbindungen im Baum enthalten. Dabei enthalten die Knoten die Indizes der entsprechenden Komponenten. Während der Suche wird die Komponenten, die durch den Endknoten beschrieben ist, relativ zur Lage der Komponente, die durch den Anfangsknoten beschrieben ist (Vorgängerkomponente), gesucht. Da die Wurzelkomponente nicht relativ zu einer anderen Komponente gesucht wird und somit keine Vorgängerkomponente besitzt, wird der entsprechende Anfangsknoten auf *-1* gesetzt. Die Relationen werden in Form von numerischen Werten in `Row`, `Column`, `Phi`, `Length1`, `Length2`, `AngleStart` und `AngleExtent` zurückgeliefert. Diese Parameter sind Tupel der Länge *n* und enthalten die Relationen aller Komponenten relativ zu ihrer Vorgängerkomponente im Baum, wobei die Reihenfolge der Werte in den Tupeln durch den Index der entsprechenden Komponenten festgelegt ist. Die Positionsrelation wird dabei durch die Parameter des entsprechenden Rechtecks `Row`, `Column`, `Phi`, `Length1` und `Length2` beschrieben (siehe `gen_rectangle2`). Die Winkelrelation wird durch den Anfangswinkel `AngleStart` und die Winkelausdehnung `AngleExtent` beschrieben.

Für die Wurzelkomponente und für Komponenten, die in dem entsprechenden Bild keine Vorgängerkomponente besitzen oder nicht gefunden wurden, wird eine leere Region zurückgeliefert und die entsprechenden Werte der sieben Parameter auf *0* gesetzt.

Parameter

- ▷ **`Tree`** (output_object) ..... region ⇝ *object*
  Suchbaum
- ▷ **`Relations`** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Relationen der im Suchbaum verbundenen Komponenten.
- ▷ **`ComponentModelID`** (input_control) ..... component_model ⇝ *handle*
  Handle des Komponentenmodells.
- ▷ **`RootComponent`** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Index der Wurzelkomponente.
  Wertevorschläge: `RootComponent` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}
- ▷ **`Image`** (input_control) ..... string ⇝ *string* / integer
  Bild, für das der Baum zurückgeliefert werden soll.
  Default: 'model_image'
  Wertevorschläge: `Image` ∈ {'model_image', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}
- ▷ **`StartNode`** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Komponentenindex des Startknotens einer Verbindung im Suchbaum.
- ▷ **`EndNode`** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Komponentenindex des Endknotens einer Verbindung im Suchbaum.
- ▷ **`Row`** (output_control) ..... rectangle2.center.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Mittelpunktes des Rechtecks, das die Relation beschreibt.
- ▷ **`Column`** (output_control) ..... rectangle2.center.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenindex des Mittelpunktes des Rechtecks, das die Relation beschreibt.
- ▷ **`Phi`** (output_control) ..... rectangle2.angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Orientierung des Rechtecks, das die Relation beschreibt (Bogenmaß).
  Zusicherung: - pi / 2 < Phi && Phi <= pi / 2
- ▷ **`Length1`** (output_control) ..... rectangle2.hwidth(-array) ⇝ *real*
  Erster Halbmesser (halbe Länge) des Rechtecks, das die Relation beschreibt.
  Zusicherung: Length1 >= 0.0

▷ **Length2** (output_control) . . . . . rectangle2.hheight(-array) ⇝ *real*
Zweiter Halbmesser (halbe Breite) des Rechtecks, das die Relation beschreibt.
Zusicherung: Length2 >= 0.0 && Length2 <= Length1

▷ **AngleStart** (output_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
Kleinster relativer Orientierungswinkel.

▷ **AngleExtent** (output_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
Ausdehnung des relativen Orientierungswinkelbereichs.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_component_model_tree` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Matching

get_component_relations (: Relations : ComponentTrainingID, ReferenceComponent, Image : Row, Column, Phi, Length1, Length2, AngleStart, AngleExtent)

Liefert die in einem Trainingsergebnis gespeicherten Relationen zwischen den Modellkomponenten zurück.

`get_component_relations` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

`get_component_relations` liefert die Relationen zwischen Modellkomponenten nachdem sie mit `train_model_components` trainiert worden sind. Mit dem Parameter `ReferenceComponent` kann eine Referenzkomponente ausgewählt werden. `get_component_relations` liefert dann die Relationen zwischen der Referenzkomponente und allen übrigen Komponenten im Modellbild (wenn `Image` = *'model_image'* oder `Image` = *0*) oder in einem Trainingsbild (wenn `Image` $\geq$ *1*). Um die Relationen im *i*. Trainingsbild zu erhalten, muss `Image` auf *i* gesetzt werden. Das Ergebnis des mit `train_model_components` durchgeführten Trainings muss in `ComponentTrainingID` übergeben werden. `ReferenceComponent` beschreibt den Index der entsprechenden Referenzkomponente und muss somit im Bereich von 0 bis *n*-1 liegen, wenn *n* die Anzahl der Modellkomponenten darstellt (siehe `train_model_components`).

Die Relationen werden sowohl in Form von Regionen in `Relations` als auch in Form von numerischen Werten in `Row`, `Column`, `Phi`, `Length1`, `Length2`, `AngleStart` und `AngleExtent` zurückgeliefert.

Das Regionenobjekttupel `Relations` hat folgenden Aufbau: Für jede Komponente wird eine eigene Region zurückgeliefert. Somit beinhaltet `Relations` *n* Regionen, wobei die Reihenfolge der Regionen im Tupel durch den Index der entsprechenden Komponenten festgelegt ist. Die Positionen aller Komponenten im Bild werden durch Kreise mit einem Radius von 3 Pixel dargestellt. Für jede Komponente, die nicht der Referenzkomponente `ReferenceComponent` entspricht, werden zusätzlich die Positionsrelation und die Winkelrelation relativ zur Referenzkomponente dargestellt. Die Positionsrelation wird dabei durch ein Rechteck und die Winkelrelation durch einen Kreissektor mit einem Radius von 30 Pixel dargestellt. Der Kreismittelpunkt liegt dabei an der mittleren relativen Position der Komponente. Das Rechteck beschreibt die Referenzpunktbewegung der jeweiligen Komponente relativ zur Lage der Referenzkomponente, der Öffnungswinkel des Kreissektors beschreibt die Variation der relativen Orientierung (siehe `train_model_components`). Eine relative Orientierung von 0 entspricht der relativen Orientierung der beiden Komponenten im Modellbild. Zeigen die beiden Komponenten in allen Bildern die gleiche relative Orientierung entartet der Kreissektor demzufolge zu einer Geraden.

Neben dem Regionenobjekttupel `Relations` werden die Relationen auch in Form von numerischen Werten `Row`, `Column`, `Phi`, `Length1`, `Length2`, `AngleStart` und `AngleExtent` zurückgeliefert. Diese Parameter sind Tupel der Länge *n* und enthalten die Relationen aller Komponenten relativ zur Referenzkomponente, wobei die Reihenfolge der Werte in den Tupeln durch den Index der entsprechenden Komponenten festgelegt ist. Die Positionsrelation wird dabei durch die Parameter des entsprechenden Rechtecks `Row`, `Column`, `Phi`,

Length1 und Length2 beschrieben (siehe gen_rectangle2). Die Winkelrelation wird durch den Anfangswinkel AngleStart und die Winkelausdehnung AngleExtent beschrieben. Für die Referenzkomponente wird lediglich deren Position im Bild in Row und Column zurückgeliefert. Alle anderen Werte sind dagegen auf *0* gesetzt.

Wurde die Referenzkomponente im Bild nicht gefunden, so wird ein Tupel leerer Regionen zurückgeliefert und die entsprechenden Parameterwerte werden auf *0* gesetzt.

Der Operator get_component_relations kann dazu genutzt werden, das Ergebnis des mit train_model_components durchgeführten Trainings zu visualisieren. Damit ist es möglich, die in den Trainingsbildern enthaltenen Variationen einzuschätzen. Eventuell kann es sinnvoll sein, mit einem veränderten Satz von Trainingsbildern das Training mit train_model_components erneut durchzuführen.

Parameter

- ▷ **Relations** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Darstellung der Relationen in Form von Regionen.
- ▷ **ComponentTrainingID** (input_control) . . . . . component_training ⇝ *handle*
  Handle des Trainingsergebnisses.
- ▷ **ReferenceComponent** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Index der Referenzkomponente.
  Restriktion: ReferenceComponent >= 0
- ▷ **Image** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer
  Bild, für das die Relationen zwischen den Komponenten zurückgeliefert werden sollen.
  Default: 'model_image'
  Wertevorschläge: Image ∈ {'model_image', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}
- ▷ **Row** (output_control) . . . . . rectangle2.center.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Mittelpunktes des Rechtecks, das die Relation beschreibt.
- ▷ **Column** (output_control) . . . . . rectangle2.center.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenindex des Mittelpunktes des Rechtecks, das die Relation beschreibt.
- ▷ **Phi** (output_control) . . . . . rectangle2.angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Orientierung des Rechtecks, das die Relation beschreibt (Bogenmaß).
  Zusicherung: - pi / 2 < Phi && Phi <= pi / 2
- ▷ **Length1** (output_control) . . . . . rectangle2.hwidth(-array) ⇝ *real*
  Erster Halbmesser (halbe Länge) des Rechtecks, das die Relation beschreibt.
  Zusicherung: Length1 >= 0.0
- ▷ **Length2** (output_control) . . . . . rectangle2.hheight(-array) ⇝ *real*
  Zweiter Halbmesser (halbe Breite) des Rechtecks, das die Relation beschreibt.
  Zusicherung: Length2 >= 0.0 && Length2 <= Length1
- ▷ **AngleStart** (output_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Kleinster relativer Orientierungswinkel.
- ▷ **AngleExtent** (output_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Ausdehnung des relativen Orientierungswinkelbereichs.

Ergebnis

Ist der Handle des Trainingsergebnisses gültig, dann liefert get_component_relations den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

gen_rectangle2

Modul

Matching

get_found_component_model (: FoundComponents : ComponentModelID, ModelStart, ModelEnd, RowComp, ColumnComp, AngleComp, ScoreComp, ModelComp, ModelMatch, MarkOrientation : RowCompInst, ColumnCompInst, AngleCompInst, ScoreCompInst)

Liefert die Komponenten einer gefundenen Instanz eines Komponentenmodells zurück.

get_found_component_model ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

get_found_component_model liefert die Komponenten einer gefundenen Instanz des Komponentenmodells ComponentModelID sowohl in Form von Konturregionen in FoundComponents als auch in numerischer Form zurück.

Der Operator get_found_component_model kann dazu genutzt werden, das Ergebnis der mit find_component_model erhaltenen Matches zu visualisieren.

Die Lage der zurückgelieferten Komponenten entspricht deren Lage im Suchbild, wie sie mit find_component_model erhalten wurde. Daher müssen die Parameter ModelStart, ModelEnd, RowComp, ColumnComp, AngleComp, ScoreComp und ModelComp an get_found_component_model so übergeben werden wie sie von find_component_model zurückgeliefert worden sind. In ModelMatch muss der Index der gefunden Instanz des Komponentenmodells übergeben werden. ModelMatch muss somit zwischen 0 und *m*-1 liegen, wobei *m* gleich der Anzahl an Elemente in den Parametern ModelStart und ModelEnd ist und somit der Anzahl der gefundenen Instanzen entspricht. Soll zum Beispiel der beste aller gefundenen Matches zurückgeliefert werden, so muss ModelMatch auf *0* gesetzt werden.

Bei rotationssymmetrischen Komponenten kann es darüber hinaus hilfreich sein, deren Orientierung zu markieren. Dies kann erreicht werden, indem MarkOrientation auf *'true'* gesetzt wird. In diesem Fall wird die Konturregion der jeweiligen Komponente an ihrem Referenzpunkt durch einen Pfeil ergänzt, der in die Referenzrichtung zeigt. Die Referenzrichtung einer Komponente ergibt sich aus deren Orientierung im Modellbild (siehe train_model_components oder create_component_model) und wird beschrieben durch einen vom Referenzpunkt horizontal nach rechts zeigenden Pfeil.

Zur Vereinfachung werden sowohl die Lageparameter jeder Komponente als auch deren Bewertung (Score) der gefunden Instanz zusätzlich in numerischer Form in RowCompInst, ColumnCompInst, AngleCompInst und ScoreCompInst zurückgegeben. Diese vier Tupel haben immer die Länge *n*, wobei *n* die Anzahl der Komponenten im Komponentenmodell ComponentModelID beschreibt. Konnte während der Suche eine Komponente nicht gefunden werden, so wird im entsprechenden Element in FoundComponents eine leere Region zurückgeliefert und der Wert des entsprechenden Elements in RowCompInst, ColumnCompInst, AngleCompInst und ScoreCompInst auf *0* gesetzt.

Parameter

- ▷ **FoundComponents** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Gefundene Komponenten der ausgewählten Komponentenmodell-Instanz.
- ▷ **ComponentModelID** (input_control) ..... component_model ⇝ *handle*
  Handle des Komponentenmodells.
- ▷ **ModelStart** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Startindex jeder gefundenen Instanz des Komponentenmodells auf die Tupel, die die Komponentenmatches beschreiben.
- ▷ **ModelEnd** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Endindex jeder gefundenen Instanz des Komponentenmodells auf die Tupel, die die Komponentenmatches beschreiben.
- ▷ **RowComp** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate der gefundenen Komponentenmatches.
- ▷ **ColumnComp** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate der gefundenen Komponentenmatches.
- ▷ **AngleComp** (input_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Rotationswinkel der gefundenen Komponentenmatches.
- ▷ **ScoreComp** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Bewertung der gefundenen Komponentenmatches.

▷ **ModelComp** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Index der gefundenen Komponenten.

▷ **ModelMatch** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Index der gefundenen Instanz des Komponentenmodells, die zurückgeliefert werden soll.

▷ **MarkOrientation** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Markieren der Komponentenorientierung.
Default: 'false'
Werteliste: `MarkOrientation` ∈ {'true', 'false'}

▷ **RowCompInst** (output_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real*
Zeilenkoordinate aller Komponenten der gewählten Modellinstanz.

▷ **ColumnCompInst** (output_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real*
Spaltenkoordinate aller Komponenten der gewählten Modellinstanz.

▷ **AngleCompInst** (output_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
Rotationswinkel aller Komponenten der gewählten Modellinstanz.

▷ **ScoreCompInst** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Bewertung aller Komponenten der gewählten Modellinstanz.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_found_component_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Matching

get_training_components (: TrainingComponents : ComponentTrainingID, Components, Image, MarkOrientation : Row, Column, Angle, Score)

Liefert die initialen Komponenten oder die Modellkomponenten in einem bestimmten Bild zurück.

get_training_components ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

`get_training_components` liefert alle initialen Komponenten (wenn `Components` = *'initial_components'*) oder alle Modellkomponenten (wenn `Components` = *'model_components'*) in Form von Konturregionen in `TrainingComponents` sowie in numerischer Form zurück. Alternativ dazu können durch direkte Angabe des Index einer initialen Komponente alle deren gefundenen Lagen (d.h. vor Auflösung der Mehrdeutigkeiten in `train_model_components`) erhalten werden.

Die Lage der zurückgelieferten Komponenten entspricht deren Lage im Modellbild (wenn `Image` = *'model_image'* oder `Image` = *0*) oder in einem Trainingsbild (wenn `Image` ≥ *1*). Um die Komponenten in der Lage zu erhalten, in der sie im *i*ten Trainingsbild gefunden wurden, muss `Image` auf *i* gesetzt werden. Darüber hinaus kann es bei rotationssymmetrischen Komponenten hilfreich sein, deren Orientierung im jeweiligen Bild zu markieren. Dies kann erreicht werden, indem `MarkOrientation` auf *'true'* gesetzt wird. In diesem Fall wird die Konturregion der jeweiligen Komponente an ihrem Referenzpunkt durch einen Pfeil ergänzt, der in die Referenzrichtung zeigt. Die Referenzrichtung einer Komponente ergibt sich aus deren Orientierung im Modellbild und wird beschrieben durch einen vom Referenzpunkt horizontal nach rechts zeigenden Pfeil.

Zusätzlich zu den Konturregionen wird auch die Lage und die Bewertung aller gefundenen Komponenten in `Row`, `Column`, `Angle` und `Score` zurückgeliefert (siehe `find_shape_model`). Wurde für `Components` *'initial_components'* bzw. *'model_components'* gewählt, so enthalten die Tupel `TrainingComponents`, `Row`, `Column`, `Angle` und `Score` immer die gleiche Anzahl an Elementen wie initiale Komponenten bzw. Modellkomponenten in `ComponentTrainingID` enthalten sind. Wurde eine Komponente im Bild nicht gefunden, so wird für `TrainingComponents` eine leere Region und für die Ausgabe-Steuerparameter jeweils *0* als Wert zurückgeliefert. Wurde für `Components` dagegen der Index einer initialen Komponente übergeben, so enthalten

die genannten Tupel genauso viele Elemente wie Matches der jeweiligen initialen Komponente im Bild gefunden wurden.

Der Operator `get_training_components` kann dazu genutzt werden, das Ergebnis `ComponentTrainingID` des mit `train_model_components` durchgeführten Trainings zu visualisieren. Damit ist es möglich, die Eignung der Trainingsbilder einzuschätzen oder auch die Parameterwahl von `train_model_components` zu überprüfen. Eventuell kann es sinnvoll sein, mit einem veränderten Satz von Trainingsbildern oder nach Justieren der Parameter das Training mit `train_model_components` erneut durchzuführen.

Parameter

- ▷ **`TrainingComponents`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Konturregionen der initialen Komponenten oder der Modellkomponenten.
- ▷ **`ComponentTrainingID`** (input_control) ..... component_training ⇝ *handle*
  Handle des Trainingsergebnisses.
- ▷ **`Components`** (input_control) ..... string ⇝ *string* / integer
  Art der zurückgelieferten Komponenten oder Index der initialen Komponente.
  Default: 'model_components'
  Wertevorschläge: `Components` ∈ {'model_components', 'initial_components', 0, 1, 2, 3, 4, 5}
- ▷ **`Image`** (input_control) ..... string ⇝ *string* / integer
  Bild, für das die Komponenten zurückgeliefert werden sollen.
  Default: 'model_image'
  Wertevorschläge: `Image` ∈ {'model_image', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}
- ▷ **`MarkOrientation`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Markieren der Komponentenorientierung.
  Default: 'false'
  Werteliste: `MarkOrientation` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **`Row`** (output_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate der gefundenen Instanz aller initialen Komponenten oder Modellkomponenten.
- ▷ **`Column`** (output_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate der gefundenen Instanz aller initialen Komponenten oder Modellkomponenten.
- ▷ **`Angle`** (output_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Rotationswinkel der gefundenen Instanz aller initialen Komponenten oder Modellkomponenten.
- ▷ **`Score`** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Bewertung der gefundenen Instanz aller initialen Komponenten oder Modellkomponenten.

Ergebnis

Ist der Handle des Trainingsergebnisses gültig, dann liefert `get_training_components` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Matching

```
inspect_clustered_components (
    : ModelComponents : ComponentTrainingID,  AmbiguityCriterion,
    MaxContourOverlap,  ClusterThreshold : )
```

überprüfen der im Training ermittelten starren Modellkomponenten.

`inspect_clustered_components` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

inspect_clustered_components erzeugt eine Repräsentation der starren Modellkomponenten in Form von Konturregionen, auf Grundlage des Trainingsergebnisses ComponentTrainingID. Die resultierenden starren Modellkomponenten werden in Abhängigkeit des Kriteriums zur Lösung der Mehrdeutigkeiten AmbiguityCriterion, der maximalen Konturüberlappung MaxContourOverlap und des Cluster-Schwellenwertes ClusterThreshold berechnet (siehe train_model_components). Der Cluster-Schwellenwert beschreibt zum Beispiel das Maß, in dem initiale Komponenten zu starren Modellkomponenten zusammengefasst werden. Je größer der Cluster-Schwellenwert gewählt wird, desto weniger Zusammenschlüsse finden statt. Die ermittelten starren Modellkomponenten werden in ModelComponents zurückgeliefert.

Mit Hilfe von inspect_clustered_components ist es damit möglich, nach einmaligem Trainieren der Komponenten mit train_model_components die Auswirkungen verschiedener Werte der Parameter AmbiguityCriterion, MaxContourOverlap und ClusterThreshold auf die Bildung der starren Modellkomponenten abzuschätzen, ohne das komplette Training mehrmals durchführen zu müssen. Sind die gewünschten Parameterwerte gefunden, können diese effizient in das Trainingsergebnis mit cluster_model_components übernommen werden.

Parameter

- ▷ **ModelComponents** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Konturregionen der starren Modellkomponenten.
- ▷ **ComponentTrainingID** (input_control) ..... component_training ⇝ *handle*
  Handle des Trainingsergebnisses.
- ▷ **AmbiguityCriterion** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Kriterium zur Lösung der Mehrdeutigkeiten.
  Default: 'rigidity'
  Werteliste: AmbiguityCriterion ∈ {'distance', 'orientation', 'distance_orientation', 'rigidity'}
- ▷ **MaxContourOverlap** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Maximale Konturüberlappung gefundener initialer Komponenten.
  Default: 0.2
  Wertevorschläge: MaxContourOverlap ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.05
  Restriktion: 0 <= MaxContourOverlap && MaxContourOverlap <= 1
- ▷ **ClusterThreshold** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Schwellenwert für das Zusammenfassen initialer Komponenten.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: ClusterThreshold ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Restriktion: 0 <= ClusterThreshold && ClusterThreshold <= 1

Ergebnis

Ist der Handle des Trainingsergebnisses gültig, dann liefert inspect_clustered_components den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Matching

```
modify_component_relations ( : : ComponentTrainingID,
    ReferenceComponent, ToleranceComponent, PositionTolerance,
    AngleTolerance : )
```

Verändert die Relationen innerhalb eines Trainingsergebnisses.

modify_component_relations ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

modify_component_relations verändert die Relationen zwischen den Modellkomponenten innerhalb des Trainingsergebnisses ComponentTrainingID. Die Auswahl der zu ändernden Relation(en) erfolgt mit ReferenceComponent und ToleranceComponent, d.h. die Bewegung der Komponente ToleranceComponent relativ zur Komponente ReferenceComponent wird verändert. Diese beiden Parameter beschreiben den Index der entsprechenden Komponenten und müssen somit im Bereich von 0 bis *n*-1 liegen, wenn *n* die Anzahl der Komponenten darstellt.

Das Maß der Veränderung wird durch die Angabe von Toleranzwerten festgelegt. Durch die Angabe einer Positionstoleranz PositionTolerance wird erreicht, dass die Halbachsen des Rechtecks, das die Referenzpunktbewegung beschreibt (siehe train_model_components), um PositionTolerance Pixel vergrößert werden. Dementsprechend wird durch die Angabe einer Winkeltoleranz AngleTolerance erreicht, dass der Winkelbereich, der die Variation der relativen Orientierung beschreibt (siehe train_model_components), um AngleTolerance in beide Richtungen vergrößert wird. Negative Toleranzwerte führen konsequenter Weise zur Verkleinerung der jeweiligen Relationen. Die Verwendung von modify_component_relations ist insbesondere dann sinnvoll, wenn davon ausgegangen werden muss, dass die während des Trainierens verwendeten Trainingsbildern nicht das gesamte Spektrum der relativen Bewegungen abdecken.

Für die Auswahl der zu ändernden Relationen mit Hilfe von ReferenceComponent und ToleranceComponent sind folgende Möglichkeiten vorgesehen. Für jeden der beiden Parameter können jeweils entweder ein Wert, mehrere Werte, oder *'all'* übergeben werden. Folgende Tabelle veranschaulicht die verschiedenen Möglichkeiten durch Angabe der betroffenen Relation(en) für verschiedene Kombinationen von Parameterwerten. Dabei wird von vier Modellkomponenten (0, 1, 2 und 3) ausgegangen. Werden zum Beispiel ReferenceComponent auf *0* und ToleranceComponent auf *1* gesetzt, dann wird die Relation (0,1), die die Bewegung der Komponente 1 relativ zur Komponente 0 beschreibt, verändert.

ReferenceComponent	**ToleranceComponent**	**Betroffene Relation(en)**
'all'	'all'	(0,1) (0,2) (0,3) (1,0) (1,2) (1,3) (2,0) (2,1) (2,3) (3,0) (3,1) (3,2)
'all'	[1,2]	(0,1) (0,2) (1,2) (2,1) (3,1) (3,2)
[0,1]	'all'	(0,1) (0,2) (0,3) (1,0) (1,2) (1,3)
0	1	(0,1)
0	[1,2]	(0,1) (0,2)
[0,1]	2	(0,2) (1,2)
[0,1,2]	[1,2,3]	(0,1) (1,2) (2,3)

Die Anzahl an übergebenen Toleranzwerten in PositionTolerance und AngleTolerance muss gleich 1 sein oder mit der Anzahl an betroffenen Relationen übereinstimmen. Im ersten Fall werden alle betroffenen Relationen um den gleichen Wert verändert, wohingegen im zweiten Fall jede Relation individuell durch einen eigenen Wert verändert werden kann.

Parameter

▷ **ComponentTrainingID** (input_control) . . . . . component_training ⇝ *handle*
Handle des Trainingsergebnisses.

▷ **ReferenceComponent** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer
Modellkomponente(n) relativ zu der die Bewegung(en) verändert werden soll(en).
Default: 'all'
Wertevorschläge: `ReferenceComponent` ∈ {'all', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6}

▷ **ToleranceComponent** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer
Modellkomponente(n), deren relative Bewegung(en) verändert werden soll(en).
Default: 'all'
Wertevorschläge: `ToleranceComponent` ∈ {'all', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6}

▷ **PositionTolerance** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Veränderung der Positionsrelation in Pixel.
Wertevorschläge: `PositionTolerance` ∈ {1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 10.0, 20.0, 30.0}

▷ **AngleTolerance** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
Veränderung der Winkelrelation im Bogenmaß.
Wertevorschläge: `AngleTolerance` ∈ {0.017, 0.035, 0.052, 0.070, 0.087, 0.175, 0.349}

Ergebnis

Ist der Handle des Trainingsergebnisses gültig, dann liefert `modify_component_relations` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ComponentTrainingID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Modul

Matching

read_component_model (: : FileName : ComponentModelID)

Einlesen eines Komponentenmodells von Datei.

read_component_model ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

`read_component_model` liest ein Komponentenmodell, das mit `write_component_model` geschrieben wurde, aus der Datei `FileName` ein und gibt es in `ComponentModelID` zurück. Die Dateiendung für das Komponentenmodell ist in HALCON 'cbm'.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.cbm`

▷ **ComponentModelID** (output_control) . . . . . component_model ⇝ *handle*
Handle des Komponentenmodells.

Ergebnis

Ist der Dateiname korrekt, dann liefert `read_component_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Modul

Matching

read_training_components (: : FileName : ComponentTrainingID)

Einlesen eines Komponenten-Trainingsergebnisses von Datei.

read_training_components ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

read_training_components liest ein Komponenten-Trainingsergebnis, das mit write_training_components geschrieben wurde, aus der Datei FileName ein und gibt es in ComponentTrainingID zurück. Die Dateiendung für das Komponenten-Trainingsergebnis ist in HALCON 'ct'.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: .ct

▷ **ComponentTrainingID** (output_control) ..... component_training ⇝ *handle*
Handle des Trainingsergebnisses.

Ergebnis

Ist der Dateiname korrekt, dann liefert read_training_components den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Modul

Matching

serialize_component_model (
: : ComponentModelID : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines Komponentenmodells.

serialize_component_model ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

serialize_component_model serialisiert die Daten eines Komponentenmodells (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von write_component_model in eine Datei geschrieben werden. Das Komponentenmodell wird in dem Handle ComponentModelID übergeben. Das serialisierte Komponentenmodell wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_component_model wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **ComponentModelID** (input_control) . . . . . component_model ⇝ *handle*
Handle des Komponentenmodells.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_component_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Matching

serialize_training_components (
: : ComponentTrainingID : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines Komponenten-Trainingsergebnisses.

serialize_training_components ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

`serialize_training_components` serialisiert die Daten eines Komponenten-Trainingsergebnisses (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von `write_training_components` in eine Datei geschrieben werden. Das Komponenten-Trainingsergebnis wird in dem Handle `ComponentTrainingID` übergeben. Das serialisierte Komponenten-Trainingsergebnis wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben. und kann mit `deserialize_training_components` wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **ComponentTrainingID** (input_control) . . . . . component_training ⇝ *handle*
Handle des Trainingsergebnisses.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_training_components` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Matching

train_model_components (ModelImage, InitialComponents,
TrainingImages : ModelComponents : ContrastLow, ContrastHigh,
MinSize, MinScore, SearchRowTol, SearchColumnTol, SearchAngleTol,
TrainingEmphasis, AmbiguityCriterion, MaxContourOverlap,
ClusterThreshold : ComponentTrainingID)

Trainieren von Komponenten und Relationen für das komponentenbasierte Matching.

train_model_components ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

train_model_components ermittelt die endgültigen (starren) Modellkomponenten und trainiert deren gegenseitige Relationen, d.h. deren relative Bewegungen, auf der Grundlage der initialen Komponenten anhand mehrerer Trainingsbilder. Das Ergebnis des Trainings wird in ComponentTrainingID als Handle zurückgegeben. Das Trainingsergebnis kann anschließend dazu verwendet werden, das eigentliche Komponentenmodell mit create_trained_component_model aufzubauen.

train_model_components sollte in den Fällen verwendet werden, in denen die Relationen der Komponenten nicht bekannt sind und daher automatisch trainiert werden sollen. Sind die Relationen dagegen bekannt, kann auf den Einsatz von train_model_components verzichtet werden und das Komponentenmodell direkt mit create_component_model generiert werden.

Sind die initialen Komponenten automatisch mit gen_initial_components erzeugt worden, so enthält InitialComponents die Konturregionen der initialen Komponenten. Sollen die initialen Komponenten dagegen von Hand vorgegeben werden, so können diese in InitialComponents direkt übergeben werden. Dabei dürfen allerdings keine Konturregionen, sondern die initialen Komponenten umschließende Regionen übergeben werden. Die übergebenen (Kontur-)Regionen beziehen sich auf das Modellbild ModelImage. Wurden die initialen Komponenten mit Hilfe von gen_initial_components bestimmt, sollte das übergebene Modellbild folglich mit dem Modellbild in gen_initial_components übereinstimmen. In jedem Fall ist zu beachten, dass jede initiale Komponente Bestandteil von höchstens einer starren Modellkomponente ist. Der Grund hierfür ist, dass während des Trainings initiale Komponenten zwar bei Bedarf zu starren Modellkomponenten zusammengefasst werden (siehe unten), nicht jedoch in kleinere Einheiten zerlegt und auf verschiedene Modellkomponenten aufgeteilt werden können.

Folgendes Vorgehen wird in train_model_components zum Trainieren angewendet: Im ersten Schritt werden die initialen Komponenten in allen Trainingsbildern gesucht. Es kann vorkommen, dass eine initiale Komponente in einem Trainingsbild mehrfach gefunden wird. Daher werden im zweiten Schritt die daraus resultierenden Mehrdeutigkeiten gelöst, d.h. die wahrscheinlichste Lage jeder initialen Komponente wird ermittelt. Nach dem Lösen der Mehrdeutigkeiten bleibt demnach in jedem Trainingsbild für jede initiale Komponente höchstens eine gefundene Instanz übrig. Im nächsten Schritt werden die (nun eindeutigen) Lagen der initialen Komponenten analysiert. Diejenigen initialen Komponenten, die sich nicht relativ zueinander bewegen, werden zu den endgültigen starren Modellkomponenten zusammengefasst. Schließlich werden im letzten Schritt die Relationen zwischen den Modellkomponenten ermittelt indem ihre relativen Bewegungen über die Sequenz an Trainingsbildern analysiert werden. Die mit den beschriebenen Schritten verbundenen Parameter werden im Folgenden erläutert.

Das Training erfolgt auf der Grundlage der in TrainingImages übergebenen Trainingsbilder. Die Trainingsbilder dürfen jeweils höchstens eine Instanz des zusammengesetzten Objektes zeigen und sollten nach Möglichkeit die relativen Bewegungen aller Modellkomponenten in vollem Umfang beinhalten. Soll z.B. das Komponentenmodell eines Ein-Aus-Schalters trainiert werden, so genügt ein Trainingsbild, in dem der Schalter im ausgeschalteten Zustand zu sehen ist für den Fall, dass der Schalter im Modellbild im eingeschalteten Zustand vorliegt, bzw. umgekehrt.

Das Prinzip des Trainings ist es, die initialen Komponenten in den Trainingsbildern wiederzufinden und deren Lage (Position und Orientierung) zu analysieren. Dazu wird für jede initiale Komponente ein Formmodell erzeugt (siehe create_shape_model), das dann dazu genutzt wird, die Lage der initialen Komponente in den Trainingsbildern zu bestimmen (siehe find_shape_model). Je nachdem welcher Modus mit set_system ('pregenerate_shape_models',...) eingestellt ist, wird das komplette Formmodell vorab generiert oder erst während der Suche online erzeugt. Dieser Modus hat sowohl Einfluss auf die Laufzeit als auch auf die Robustheit des Trainings. Weiterhin ist zu beachten, dass bei Verwendung von einkanaligen Bildern sowohl in ModelImage als auch in TrainingImages intern die Metrik *'use_polarity'* für create_shape_model verwendet wird, während bei mehrkanaligen Bildern in ModelImage oder in TrainingImages intern die Metrik *'ignore_color_polarity'* verwendet wird. Schließlich ist zu beachten, dass die Anzahl der Kanäle in ModelImage und TrainingImages zwar unterschiedlich sein darf, z.B. um die Modellgenerierung aus synthetischen Bildern zu erlauben, dass aber die Anzahl der Kanäle für alle Bilder in TrainingImages gleich sein muss. Weitere Informationen können bei create_shape_model nachgelesen werden. Das Generieren der Formmodelle kann mit Hilfe der Parameter ContrastLow, ContrastHigh und MinSize beeinflusst werden. Diese Parameter erfüllen dieselbe Funktion wie in gen_initial_components und können durch die Angabe von *'auto'* auch automatisch bestimmt werden: Sollen beide Hysterese-Schwellen automatisch bestimmt werden, so müssen sowohl ContrastLow als auch ContrastHigh jeweils auf *'auto'* gesetzt werden. Soll dagegen lediglich ein Kontrastwert automatisch bestimmt werden, so muss ContrastLow auf *'auto'* und ContrastHigh auf einen beliebigen Wert ungleich *'auto'* gesetzt werden. Wurden die initialen Kom-

ponenten automatisch mit gen_initial_components erzeugt, so sollten die Parameter ContrastLow, ContrastHigh und MinSize mit den selben Werten besetzt werden wie in gen_initial_components.

Zur Steuerung der Suche nach den initialen Komponenten dienen die Parameter MinScore, SearchRowTol, SearchColumnTol, SearchAngleTol und TrainingEmphasis. Der Parameter MinScore legt fest, welche Bewertung ein potentieller Match mindestens besitzen muss, damit er als eine Instanz der initialen Komponente im Trainingsbild angesehen wird. Je größer der Wert von MinScore gewählt werden kann, desto schneller verläuft das Training. Falls erwartet werden kann, dass die initialen Komponenten in den Trainingsbildern niemals verdeckt sind, kann MinScore auf so hohe Werte wie 0.8 oder sogar 0.9 gesetzt werden (siehe auch find_shape_model).

Im Normalfall werden die Komponenten nur an den Stellen der Trainingsbilder gesucht, an denen die jeweilige Komponente vollständig in das Bild passt. Das bedeutet, dass eine Komponente nicht gefunden werden kann, wenn sie aus dem Bild herausragt, selbst wenn sie eine Bewertung größer als MinScore erreichen würde. Dieses Verhalten kann mit set_system('border_shape_models','true') umgestellt werden, so dass auch Komponenten gefunden werden, die aus dem Bild herausragen, falls sie eine Bewertung größer als MinScore erreichen. Dabei werden Punkte außerhalb des Bildes als verdeckt angesehen, d.h. sie verringern die Bewertung. Es ist zu beachten, dass dieser Modus die Laufzeit des Trainings erhöht.

Bei einer hohen Anzahl an initialen Komponenten und vielen Trainingsbildern kann das Trainieren unter Umständen sehr lange (bis zu mehreren Minuten) dauern. Um das Trainieren zu beschleunigen besteht die Möglichkeit, den Suchbereich in den Trainingsbildern für die einzelnen initialen Komponenten einzuschränken. Dabei gilt die Lage der initialen Komponenten im Modellbild als Referenzlage. Die Parameter SearchRowTol und SearchColumnTol geben an, in welchem Toleranzbereich relativ zur Referenzposition gesucht werden soll. Wenn z.B. die Position einer initialen Komponente im Modellbild (100,200) ist und für SearchRowTol = *20* und für SearchColumnTol = *10* gewählt wird, dann wird diese initiale Komponente in den Trainingsbildern lediglich innerhalb des achsenparallelen Rechtecks gesucht, dessen linke obere Ecke bei (80,190) und dessen rechte untere Ecke bei (120,210) liegt. Das gleiche gilt für den Winkelsuchbereich, der durch die Angabe der Winkeltoleranz SearchAngleTol auf [-SearchAngleTol,+SearchAngleTol] eingeschränkt werden kann. Damit ist es möglich durch geschickte Aufnahme der Trainingsbilder den Rechenaufwand während des Trainierens deutlich zu reduzieren. Wird für einen dieser drei Parameter der Wert *-1* übergeben, erfolgt in der entsprechenden Dimension keine Einschränkung des Parameterraums.

Die Eingabeparameter ContrastLow, ContrastHigh, MinSize, MinScore, SearchRowTol, SearchColumnTol und SearchAngleTol müssen entweder genau ein Element enthalten, oder dieselbe Anzahl wie initiale Komponenten in InitialComponents. Im ersten Fall wird der Wert des Eingabeparameters für alle initiale Komponenten gleich verwendet. Im zweiten Fall wird das jeweilige Element des Eingabeparameters für die entsprechende initiale Komponente in InitialComponents verwendet.

Der Parameter TrainingEmphasis bietet eine weitere Möglichkeit, auf die Geschwindigkeit des Trainingsvorgangs Einfluss zu nehmen und gleichzeitig dessen Robustheit zu steuern. Wird TrainingEmphasis auf *'speed'* gesetzt, so verläuft das Training zwar vergleichsweise schnell, es kann allerdings in einigen Fällen dazu führen, dass einzelne initiale Komponenten in den Trainingsbildern nicht oder in falscher Lage gefunden werden. Das würde zu einer fehlerhaften Berechnung der starren Modellkomponenten und deren Relationen führen. Die Lage der gefundenen initialen Komponenten in den einzelnen Trainingsbildern kann mit Hilfe von get_training_components kontrolliert werden. Bei auftretenden Fehlzuordnungen sollte dann TrainingEmphasis auf *'reliability'* gesetzt und das Training erneut gestartet werden. Dadurch wird eine höhere Robustheit gegenüber Fehlzuordnungen erreicht, allerdings auf Kosten einer längeren Rechenzeit.

Bei der Bestimmung der Lage kann es außerdem zu Mehrdeutigkeiten kommen, falls die initialen Komponenten Rotationssymmetrien aufweisen oder wenn mehrere initiale Komponenten identisch oder sich sehr ähnlich sind. Zur Lösung dieser Mehrdeutigkeiten wird jeweils die wahrscheinlichste Lage für jede initiale Komponenten in jedem Trainingsbild ermittelt. Dazu müssen die einzelnen mehrdeutigen Lagen bewertet werden. Die Lage einer initialen Komponente im Trainingsbild wird dann gut bewertet, wenn die relative Lage zu den übrigen initialen Komponenten möglichst gut mit der entsprechenden relativen Lage im Modellbild übereinstimmt. Die Bewertung der Übereinstimmungen kann mit AmbiguityCriterion gewählt werden. In fast allen Fällen liefert *'rigidity'* die besten Ergebnisse. Dabei wird von der Starrheit des zusammengesetzten Objektes ausgegangen. Je mehr die Starrheit des zusammengesetzten Objektes durch die Lage der initialen Komponente verletzt wird, desto geringer fällt deren Bewertung aus. Bei *'distance'* wird nur die Entfernung zwischen den initialen Komponenten als Maß herangezogen. In diesem Fall erhält die Lage einer initialen Komponente eine gute Bewertung wenn ihre Distanzen zu den übrigen Komponenten mit den entsprechenden Distanzen im Modellbild gut übereinstimmen. Dementsprechend ist bei *'orientation'* nur die relative Orientierung für die Bewertung ausschlaggebend. Schlussendlich kann die gleichzeitige Berücksichtigung von Entfernung und relativer Orientierung mit *'distance_orientation'* erreicht

werden. Im Gegensatz zu *'rigidity'* wird bei *'distance_orientation'* die relative Lage der initialen Komponenten vernachlässigt.

Die Lösung der Mehrdeutigkeiten kann auch durch den Parameter `MaxContourOverlap` beeinflusst werden. Dieser Parameter beschreibt das Ausmaß, zu dem sich die Konturen zweier Matches initialer Komponenten überlappen dürfen. Angenommen, es sollen, z.B. zwei initiale Komponenten 'I' und 'T' in einem Trainingsbild, das den Schriftzug 'IT' enthält, gefunden werden. Dann wird zwar die initiale Komponente 'T' in ihrer richtigen Lage gefunden, aufgrund der Ähnlichkeiten der beiden initialen Komponenten wird die initiale Komponente 'I' allerdings sowohl in ihrer richtigen Lage ('I') als auch in der falschen Lage an der Position des 'T' gefunden. Durch geeignete Wahl von `MaxContourOverlap` ist es möglich, den falschen Match zu verwerfen: Sollen überlappende Matches toleriert werden, dann sollte `MaxContourOverlap` auf *1* gesetzt werden. Sollen überlappende Matches vollkommen ausgeschlossen werden, dann sollte `MaxContourOverlap` auf *0* gesetzt werden. Durch die Wahl eines Wertes zwischen *0* und *1* kann der maximale Prozentsatz an überlappenden Konturpixeln stufenlos eingestellt werden.

Aufgrund der Lagen der initialen Komponenten im Modellbild und in den Trainingsbildern wird dann zunächst entschieden, welche initialen Komponenten zu starren Modellkomponenten zusammengefasst werden können. Zwei initiale Komponenten können genau dann zusammengefasst werden, wenn sie über alle Bilder keine relative Bewegung zeigen. Würde im Falle des Schalters das Trainingsbild den gleichen Schalterzustand zeigen wie das Modellbild, so würde der Algorithmus die entsprechenden initialen Komponenten zusammenfassen in der Annahme, es handele sich um eine starre Modellkomponente. Das Maß, in dem initiale Komponenten zusammengefasst werden, kann über den Parameter `ClusterThreshold` gesteuert werden. Dieser Schwellenwert basiert auf der Wahrscheinlichkeit, dass zwei initiale Komponenten zur gleichen starren Modellkomponente gehören. `ClusterThreshold` gibt somit die minimale Wahrscheinlichkeit an, die zwei initiale Komponenten aufweisen müssen, damit sie zusammengefasst werden. Da es sich um Wahrscheinlichkeiten handelt, muss der Schwellenwert im Bereich von *0* bis *1* liegen. Je größer der Cluster-Schwellenwert gewählt wird, desto weniger Zusammenschlüsse finden statt. Für einen Schwellenwert von *0* werden all initialen Komponenten zu einer starren Komponente zusammengefasst, für einen Schwellenwert von *1* finden keine Zusammenschlüsse statt und jede initiale Komponente wird als starre Modellkomponente übernommen.

Die endgültigen starren Modellkomponenten werden in `ModelComponents` zurückgeliefert. In nachfolgenden Operatoren wird der Index einer Komponenten in `ModelComponents` verwendet, um die Modellkomponente zu bezeichnen. Die Lage der gefundenen Modellkomponenten in den Trainingsbildern kann mit `get_training_components` kontrolliert werden.

Nach der Bestimmung der Modellkomponenten werden deren relative Bewegungen analysiert. Dabei wird für jedes Komponentenpaar die Bewegung der zweiten Komponente relativ zur ersten bestimmt. Dazu werden die Komponenten zunächst auf ihren Referenzpunkt bezogen. Der Referenzpunkt einer Komponente ergibt sich aus dem Schwerpunkt seiner Konturregion, die in `ModelComponents` zurückgeliefert wird und kann mit `area_center` berechnet werden. Die relative Bewegung wird dann durch das kleinste umschließende Rechteck beliebiger Orientierung der relativen Referenzpunktbewegung und durch den kleinsten umschließenden Winkelbereich der relativen Orientierung der zweiten Komponente über alle Bilder repräsentiert. Die ermittelten Relationen können mit `get_component_relations` inspiziert werden.

Parameter

- ▷ **`ModelImage`** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild, aus dem die Formmodelle für die initialen Komponenten generiert werden sollen.
- ▷ **`InitialComponents`** (input_object) . . . . . region-array ⇝ *object*
  Konturregionen oder umschließende Regionen der initiale Komponenten.
- ▷ **`TrainingImages`** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Zum Trainieren der Modellkomponenten verwendete Trainingsbilder.
- ▷ **`ModelComponents`** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Konturregionen der starren Modellkomponenten.
- ▷ **`ContrastLow`** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer* / string
  Unterer Hystereseschwellenwert für den Kontrast der initialen Komponenten im Bild.
  Default: 'auto'
  Wertevorschläge: `ContrastLow` ∈ {'auto', 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160}
  Restriktion: ContrastLow > 0

▷ **ContrastHigh** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer* / string
Oberer Hystereseschwellenwert für den Kontrast der initialen Komponenten im Bild.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: ContrastHigh ∈ {'auto', 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160}
Restriktion: ContrastHigh > 0 && ContrastHigh >= ContrastLow

▷ **MinSize** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer* / string
Mindestgröße zusammenhängender Konturregionen.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: MinSize ∈ {'auto', 0, 5, 10, 20, 30, 40}
Restriktion: MinSize >= 0

▷ **MinScore** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen der initialen Komponenten
Default: 0.5
Wertevorschläge: MinScore ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05
Restriktion: 0 <= MinScore && MinScore <= 1

▷ **SearchRowTol** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Suchtoleranz in Zeilenrichtung.
Default: -1
Wertevorschläge: SearchRowTol ∈ {0, 10, 20, 30, 50, 100}
Restriktion: SearchRowTol == -1 || SearchColumnTol >= 0

▷ **SearchColumnTol** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Suchtoleranz in Spaltenrichtung.
Default: -1
Wertevorschläge: SearchColumnTol ∈ {0, 10, 20, 30, 50, 100}
Restriktion: SearchColumnTol == -1 || SearchColumnTol >= 0

▷ **SearchAngleTol** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
Winkel-Suchtoleranz.
Default: -1
Wertevorschläge: SearchAngleTol ∈ {0.0, 0.17, 0.39, 0.78, 1.57}
Restriktion: SearchAngleTol == -1 || SearchAngleTol >= 0

▷ **TrainingEmphasis** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Entscheidung, ob das Trainieren auf dem Grundsatz einer schnellen Berechnung oder einen hohen Robustheit basiert.
Default: 'speed'
Werteliste: TrainingEmphasis ∈ {'speed', 'reliability'}

▷ **AmbiguityCriterion** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Kriterium zur Lösung mehrdeutiger Matches der initialen Komponenten in einem Trainingsbild.
Default: 'rigidity'
Werteliste: AmbiguityCriterion ∈ {'distance', 'orientation', 'distance_orientation', 'rigidity'}

▷ **MaxContourOverlap** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximale Konturüberlappung gefundener initialer Komponenten in einem Trainingsbild.
Default: 0.2
Wertevorschläge: MaxContourOverlap ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05
Restriktion: 0 <= MaxContourOverlap && MaxContourOverlap <= 1

▷ **ClusterThreshold** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Schwellenwert für das Zusammenfassen initialer Komponenten.
Default: 0.5
Wertevorschläge: ClusterThreshold ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: 0 <= ClusterThreshold && ClusterThreshold <= 1

▷ **ComponentTrainingID** (output_control) . . . . . component_training ⇝ *handle*
Handle des Trainingsergebnisses.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert train_model_components den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder oder Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels

set_system('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Modul

Matching

write_component_model (: : ComponentModelID, FileName :)

Schreiben eines Komponentenmodells auf Datei.

write_component_model ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

write_component_model schreibt ein Komponentenmodell ComponentModelID in die Datei FileName. Das Modell kann mit read_component_model wieder eingelesen werden. Die Dateiendung für das Komponentenmodell ist in HALCON 'cbm'.

Parameter

▷ **ComponentModelID** (input_control) ..... component_model ⇝ *handle*
Handle des Komponentenmodells.

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: .cbm

Ergebnis

Ist der Dateiname korrekt (Schreiberlaubnis), dann liefert write_component_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Matching

write_training_components (: : ComponentTrainingID, FileName :)

Schreiben eines Komponenten-Trainingsergebnisses auf Datei.

write_training_components ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 26.11 entfernt.

write_training_components schreibt das Komponenten-Trainingsergebnis ComponentTrainingID in die Datei FileName. Das Trainingsergebnis kann mit read_training_components wieder eingelesen werden Die Dateiendung für das Komponenten-Trainingsergebnis ist in HALCON 'ct'.

Parameter

▷ **ComponentTrainingID** (input_control) . . . . . component_training ⇝ *handle*
Handle des Trainingsergebnisses.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: .ct

Ergebnis

Ist der Dateiname korrekt (Schreiberlaubnis), dann liefert write_training_components den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Matching

17.7 Morphologie

closing_golay (Region : RegionClosing : GolayElement, Rotation :)

Ausführen einer Closing-Operation mit Golay-Alphabet als strukturierendes Element.

closing_golay ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

closing_golay ist als Hintereinanderschaltung von Minkowski-Addition und Minkowski-Subtraktion definiert. Dabei wird zuerst die Minkowski-Addition der Eingaberegion (Region) mit dem durch GolayElement und Rotation ausgewählten strukturierenden Element des Golay-Alphabets durchgeführt. Mit dem Ergebnis der Minkowski-Addition und dem um 180° gedrehten strukturierenden Element, wird dann eine Minkowski-Subtraktion durchgeführt.

Für die strukturierenden Elemente gibt es folgende Wahlmöglichkeiten

'l', 'm', 'd', 'c', 'e', 'i', 'f', 'f2', 'h', 'k'.

Die Rotationsnummer (Rotation) gibt dabei an, welche Rotation des gewählten Elements verwendet werden soll. Durch closing_golay werden Löcher, die kleiner sind als das strukturierende Element, geschlossen und die Regionenränder geglättet. Die Golay-Elemente mit allen möglichen Rotationen sind in der Funktionsbeschreibung von golay_elements aufgeführt.

Achtung

Es ist zu beachten, dass nicht bei jedem Golayelement alle Werte von Rotation zulässig sind. Bei einigen Werten für Rotation entsteht die identische Abbildung.

Parameter

▷ **Region** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Regionen,die verarbeitet werden sollen.

▷ **RegionClosing** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Regionen, auf die die Closing-Operation angewandt wurde.

▷ **GolayElement** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Strukturierendes Element aus dem Golay-Alphabet.
Default: 'h'
Werteliste: GolayElement ∈ {'l', 'm', 'd', 'c', 'e', 'i', 'f', 'f2', 'h', 'k'}

▷ **Rotation** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Rotation des Golay-Elements. Je nach Element sind nicht alle Rotationen zulässig.
Default: 0
Werteliste: Rotation ∈ {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(6 \cdot \sqrt{F}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `closing_golay` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`, `union1`, `watersheds`, `class_ndim_norm`

Nachfolger

`reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Alternativen

`closing`

Siehe auch

`erosion_golay`, `dilation_golay`, `opening_golay`, `hit_or_miss_golay`, `thinning_golay`, `thickening_golay`, `golay_elements`

Modul

Foundation

`dilation_golay` `( Region : RegionDilation : GolayElement, Iterations, Rotation : )`

Ausdehnen von Regionen (Golay).

`dilation_golay` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

`dilation_golay` berechnet die Dilatation der Eingaberegionen mit einem ausgewählten strukturierenden Element aus dem Golay-Alphabet, das durch `GolayElement` bestimmt ist. Für die strukturierenden Elemente gibt es folgende Wahlmöglichkeiten:

'l', 'm', 'd', 'c', 'e', 'i', 'f', 'f2', 'h', 'k'.

Die Rotationsnummer `Rotation` gibt dabei an, welche Rotation, bzw. ob die Vordergrund- (gerade) oder die Hintergrundvariante (ungerade Werte) des gewählten Elements verwendet werden soll. Die Golay-Elemente mit allen möglichen Rotationen sind in der Funktionsbeschreibung von `golay_elements` aufgeführt. Das strukturierende Element wird dabei über die zu verarbeitende Region (`Region`) geschoben. Für alle Positionen des strukturierenden Elementes, an denen sie sich mit dem Objekt schneidet, wird der Bezugspunkt (relativ zum strukturierenden Element) in die Ausgaberegion aufgenommen. Es wird also die Vereinigungsmenge über alle Verschiebungen des strukturierenden Elementes über die Region gebildet.

Der Parameter `Iterations` bezeichnet die Anzahl der Iterationen, die mit dem strukturierenden Element ausgeführt werden sollen. Als Eingaberegion für die Iteration n wird die Ergebnisregion der Iteration $(n-1)$ verwendet.

Achtung

Es ist zu beachten, dass nicht bei jedem Golayelement alle Werte von `Rotation` zulässig sind. Bei einigen Werten für `Rotation` entsteht die identische Abbildung.

Parameter

▷ **Region** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Regionen, die verarbeitet werden sollen.

▷ **RegionDilation** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Das Ergebnis der Dilation-Operation.

▷ **GolayElement** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Strukturierendes Element aus dem Golay-Alphabet.
Default: 'h'
Werteliste: `GolayElement` ∈ {'l', 'm', 'd', 'c', 'e', 'i', 'f', 'f2', 'h', 'k'}

▷ **Iterations** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Iterationen.
Default: 1
Wertevorschläge: `Iterations` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 20, 30, 40, 50}
Wertebereich: 1 ≤ Iterations (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Rotation** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Rotation des Golay-Elements. Je nach Element sind nicht alle Rotationen zulässig.
Default: 0
Werteliste: `Rotation` ∈ {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(3 \cdot \sqrt{F}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `dilation_golay` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`, `union1`, `watersheds`, `class_ndim_norm`

Nachfolger

`reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Alternativen

`dilation1`, `dilation2`, `dilation_seq`

Siehe auch

`erosion_golay`, `opening_golay`, `closing_golay`, `hit_or_miss_golay`, `thinning_golay`, `thickening_golay`, `golay_elements`

Modul

Foundation

dilation_seq (Region : RegionDilation : GolayElement, Iterations :)

Ausdehnen von Regionen (sequentiell).

dilation_seq ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

dilation_seq berechnet die sequentielle Dilatation der Eingaberegionen mit dem durch GolayElement ausgewählten strukturierenden Element aus dem Golay-Alphabet. Dazu führt dilation_seq den Operator dilation_golay mit allen Rotationen des strukturierenden Elements so oft durch, wie der Parameter Iterations angibt. Für die strukturierenden Elemente gibt es folgende Wahlmöglichkeiten:

'l', 'd', 'c', 'f', 'h', 'k'.

Für die Skelettbildung werden meistens die Elemente 'l' und 'm' verwendet. Es werden nur die „Vordergrund Elemente" des Golayalphabets (gerade Rotationsnummern) verwendet. Die Elemente 'i' und 'e' erzeugen hier die identische Abbildung, d.h. sie verändern die Eingaberegion nicht. Die Elemente 'l', 'm' und 'f2' sind im Vordergrund identisch. Die Golay-Elemente mit allen möglichen Rotationen sind in der Funktionsbeschreibung von golay_elements aufgeführt.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **RegionDilation** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Das Ergebnis der Dilation-Operation.
- ▷ **GolayElement** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Strukturierendes Element aus dem Golay-Alphabet.
  Default: 'h'
  Werteliste: GolayElement ∈ {'l', 'd', 'c', 'f', 'h', 'k'}
- ▷ **Iterations** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Iterationen.
  Default: 1
  Wertevorschläge: Iterations ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 20, 30, 40, 50}
  Wertebereich: 1 ≤ Iterations (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(\texttt{Iterations} \cdot 20 \cdot \sqrt{F}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion dilation_seq den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, union1, watersheds, class_ndim_norm

Nachfolger

reduce_domain, select_shape, area_center, connection

Alternativen

dilation1, dilation2, dilation_golay

Siehe auch

erosion_seq, hit_or_miss_seq, thinning_seq

Modul

Foundation

erosion_golay (Region : RegionErosion : GolayElement, Iterations, Rotation :)

Verdünnen von Regionen (Golay).

erosion_golay ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

Dieser Operator berechnet die Erosion der Eingaberegionen mit dem strukturierenden Element aus dem Golay-Alphabet, das durch GolayElement ausgewählt wird. Für die strukturierenden Elemente gibt es folgende Wahlmöglichkeiten:

'l', 'm', 'd', 'c', 'e', 'i', 'f', 'f2', 'h', 'k'.

Die Rotationsnummer (Rotation) gibt dabei an, welche Rotation des gewählten Elements verwendet werden soll. Die Golay-Elemente mit allen möglichen Rotationen sind in der Funktionsbeschreibung von golay_elements aufgeführt. erosion_golay ist eine Regionenoperation. Das strukturierende Element wird dabei über die zu verarbeitende Region Region geschoben. Für alle Positionen des strukturierenden Elementes, an denen sie sich mit dem Objekt völlig deckt, wird der Bezugspunkt relativ zum strukturierenden Element gesetzt. Es wird also die Schnittmenge über alle Verschiebungen des strukturierenden Elementes über die Region gebildet.

Der Parameter Iterations bezeichnet die Anzahl der Iterationen, die mit dem strukturierenden Element ausgeführt werden sollen. Als Eingaberegion für die n-te Iteration wird die Ergebnisregion der $(n-1)$-ten Iteration verwendet.

Achtung

Es ist zu beachten, dass nicht bei jedem Golayelement alle Werte von Rotation möglich sind. Bei einigen Werten für Rotation entsteht die identische Abbildung.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **RegionErosion** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Das Ergebnis der Erosion.
- ▷ **GolayElement** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Strukturierendes Element aus dem Golay-Alphabet.
  Default: 'h'
  Werteliste: GolayElement ∈ {'l', 'm', 'd', 'c', 'e', 'i', 'f', 'f2', 'h', 'k'}
- ▷ **Iterations** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Iterationen.
  Default: 1
  Wertevorschläge: Iterations ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 20, 30, 40, 50}
  Wertebereich: 1 ≤ Iterations (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **Rotation** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Rotation des Golay-Elements. Je nach Element sind nicht alle Rotationen zulässig.
  Default: 0
  Werteliste: Rotation ∈ {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(3 \cdot \sqrt{F}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `erosion_golay` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `watersheds`, `class_ndim_norm`

Nachfolger

`reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Alternativen

`erosion_seq`, `erosion1`, `erosion2`

Siehe auch

`dilation_golay`, `opening_golay`, `closing_golay`, `hit_or_miss_golay`, `thinning_golay`, `thickening_golay`, `golay_elements`

Modul

Foundation

`erosion_seq` (`Region : RegionErosion : GolayElement, Iterations : )`

Verdünnen von Regionen (sequentiell).

`erosion_seq` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

`erosion_seq` berechnet die sequentielle Erosion der Eingaberegionen mit dem durch `GolayElement` ausgewählten strukturierenden Element aus dem Golay-Alphabet. Dazu führt `erosion_seq` den Operator `erosion_golay` mit allen Rotationen des strukturierenden Elements so oft durch, wie der Parameter `Iterations` angibt. Für die strukturierenden Elemente gibt es folgende Wahlmöglichkeiten

'l', 'd', 'c', 'f', 'h', 'k'.

Es werden nur die „Vordergrund Elemente“ des Golayalphabets (gerade Rotationsnummern) verwendet. Die Elemente 'i' und 'e' erzeugen hier die identische Abbildung, d.h. sie verändern die Eingaberegion nicht. Die Elemente 'l', 'm' und 'f2' sind im Vordergrund identisch. Die Golay-Elemente mit allen möglichen Rotationen sind in der Funktionsbeschreibung von `golay_elements` aufgeführt. Für die Skelettbildung werden meistens die Elemente 'l' und 'm' verwendet.

Parameter

▷ **`Region`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen, die verarbeitet werden sollen.

▷ **`RegionErosion`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Das Ergebnis der Erosion.

▷ **`GolayElement`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Strukturierendes Element aus dem Golay-Alphabet.
Default: 'h'
Werteliste: `GolayElement` ∈ {'l', 'd', 'c', 'f', 'h', 'k'}

▷ **Iterations** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Iterationen.
Default: 1
Wertevorschläge: Iterations ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 20, 30, 40, 50}
Wertebereich: 1 ≤ Iterations (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(\texttt{Iterations} \cdot 20 \cdot \sqrt{F}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion erosion_seq den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, watersheds, class_ndim_norm

Nachfolger

connection, reduce_domain, select_shape, area_center

Alternativen

erosion_golay, erosion1, erosion2

Siehe auch

dilation_seq, hit_or_miss_seq, thinning_seq

Modul

Foundation

fitting (Region, StructElements : RegionFitted : :)

Ausführen eines Closings nach einem Opening mit mehreren strukturierenden Elementen.

fitting ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

fitting führt die beiden Grundoperationen opening und closing nacheinander aus. Die acht strukturierenden Elemente, die typischerweise zum Einsatz kommen, können mit der Funktion gen_struct_elements erzeugt werden. Jedoch ist auch der Einsatz einzelner, eigens erzeugter Elemente sinnvoll. Sei(en) R die Eingaberegion(en) und M_i bezeichne die strukturierenden Elemente. Sei weiterhin P das Zwischenergebnis nach dem opening und Q das Endergebnis, dann lässt sich die Funktion formal folgendermaßen schreiben:

$$P = \bigcup_{i=1}^{n} (R \circ M_i)$$
$$Q = \bigcap_{i=1}^{n} (P \bullet M_i)$$

Regionen, die größer sind als die strukturierenden Elemente bleiben erhalten, während kleine Löcher beim Closing geschlossen werden.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen die bearbeitet werden.

▷ **StructElements** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Strukturierende Elemente.

▷ **RegionFitted** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen, die strukturierenden Elemente enthalten.

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `fitting` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_struct_elements`, `gen_region_points`

Nachfolger

`reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Alternativen

`opening`, `closing`, `connection`, `select_shape`

Modul

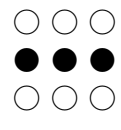
Foundation

gen_struct_elements (: StructElements : Type, Row, Column :)

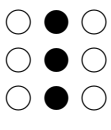
Erzeugen von strukturierenden Elementen.

gen_struct_elements ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

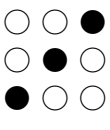
`gen_struct_elements` dient zur Erzeugung von acht strukturierenden Elementen, die üblicherweise für die Funktion `fitting` Verwendung finden. Die Standardbelegung *'noise'* für den Parameter `Type` erzeugt Elemente, die insbesondere für die Eliminierung von Rauschen geeignet sind.



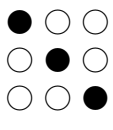
M_1



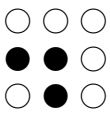
M_2



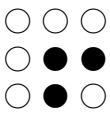
M_3



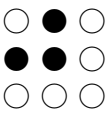
M_4



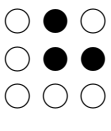
M_5



M_6



M_7



M_8

Parameter

▷ **StructElements** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Erzeugte strukturierende Elemente.

▷ **Type** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der strukturierende Elemente.
Default: 'noise'
Werteliste: `Type` ∈ {'noise'}

▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *integer*
Zeilenindex des Bezugspunktes.
Default: 1
Wertevorschläge: `Row` ∈ {0, 1, 10, 50, 100, 200, 300, 400}
(lin)

▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *integer*
Spaltenindex des Bezugspunktes.
Default: 1
Wertevorschläge: `Column` ∈ {0, 1, 10, 50, 100, 200, 300, 400}
(lin)

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `gen_struct_elements` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`fitting`, `hit_or_miss`, `opening`, `closing`, `erosion2`, `dilation2`

Siehe auch

`golay_elements`

Modul

Foundation

golay_elements (: StructElement1, StructElement2 : GolayElement, Rotation, Row, Column :)

Erzeugen der strukturierenden Elemente des Golay-Alphabets.

golay_elements ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

`golay_elements` erzeugt die strukturierenden Elemente aus dem Golay-Alphabet. Der Parameter `GolayElement` legt den Namen, `Rotation` die Rotation fest. Die strukturierenden Elemente sind für `hit_or_miss` ausgelegt: In `StructElement1` wird das strukturierende Element für den Vordergrund in `StructElement2` das für den Hintergrund übergeben. `Row` und `Column` legen den Bezugspunkt fest.

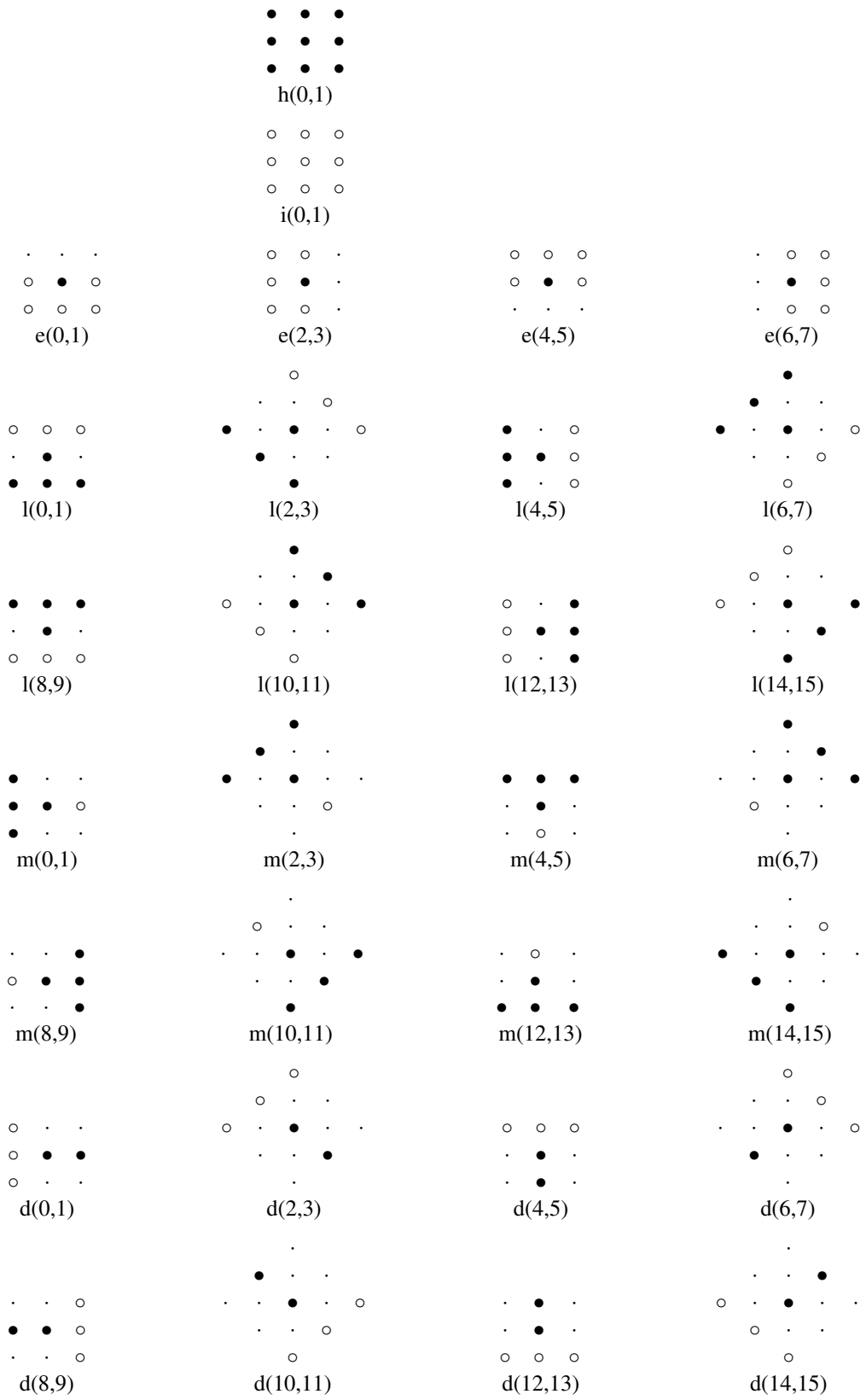
Die Rotationen sind von 0 bis 15 durchnummeriert. Das heißt aber nicht, dass es 16 verschiedene Rotationen gibt: Die geraden Werte bezeichnen die Rotationen der Vordergrundelemente, die ungeraden die der Hintergrundelemente.

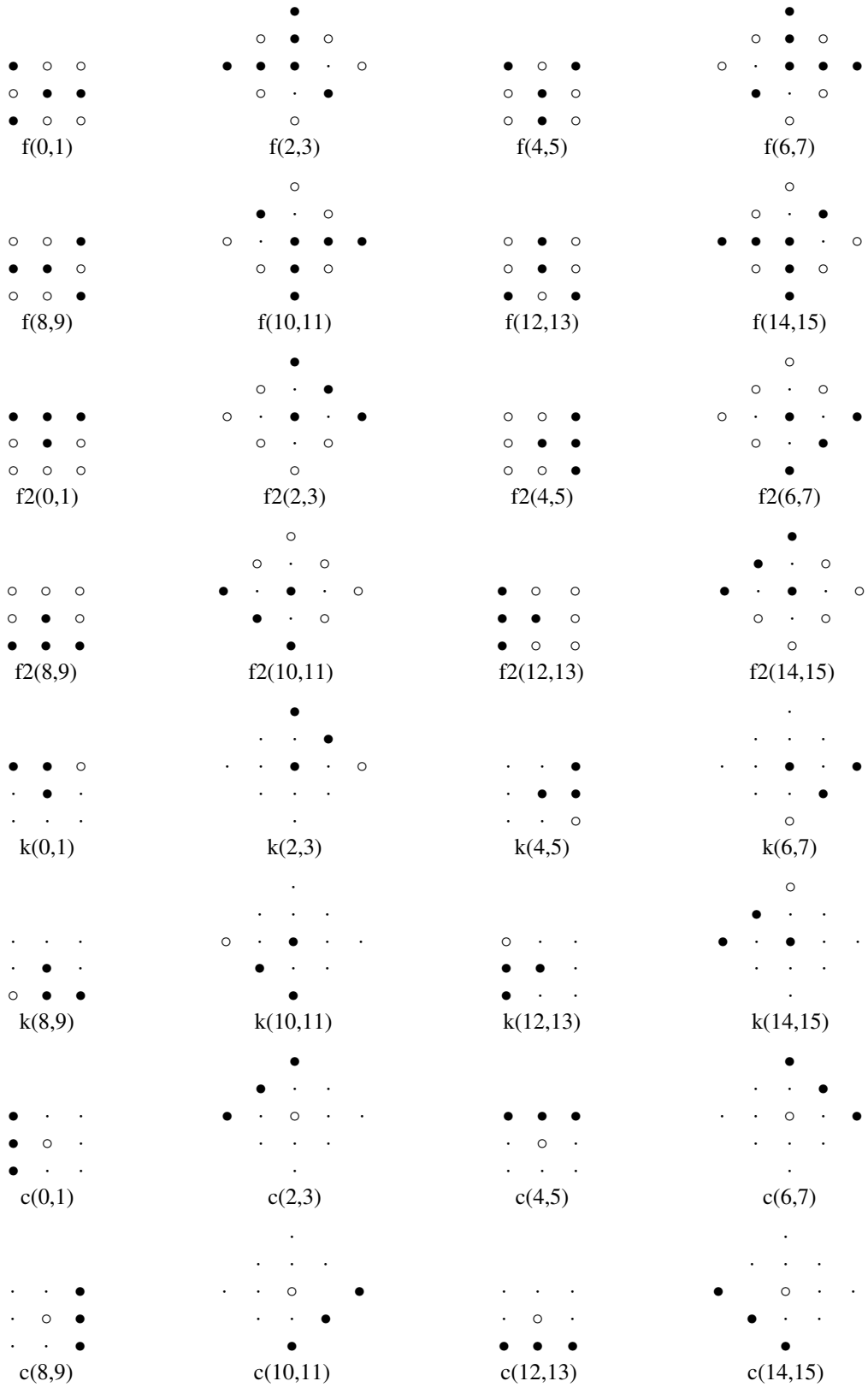
Bei `golay_elements` werden nur die geraden Werte angegeben und legen den Wert für `StructElement1` fest. Die nächstgrößere (ungerade) Zahl wird intern berechnet und bestimmt den Wert für `StructElement2`. Für die Elemente 'h' und 'i' gibt es keine Rotationen, folglich sind nur 0 und 1 als „Rotationen“ möglich (bei `golay_elements` folglich nur 0). Das Element 'e' hat nur 4 Rotationen, folglich liegen die gültigen Werte zwischen 0 und 7 (bei `golay_elements` ergeben sich die Werte 0, 2, 4 und 6).

Die Grafiken zeigen die Elemente des Golay-Alphabets mit allen realisierten Rotationen. Die verwendeten Zeichen haben folgende Bedeutung:

- ● Vordergrundpixel
- ○ Hintergrundpixel
- · Pixel mit beliebigem Wert

Die Namen der Elemente und ihre Rotationsnummern stehen jeweils unter der Zeichnung. Die Elemente mit gerader Nummer enthalten die Vordergrundpixel, die Elemente mit ungerader Rotationsnummer die Hintergrundpixel.





Parameter

▷ **`StructElement1`** (output_object) ..... region ⇝ *object*
Strukturierendes Element für den Vordergrund.

▷ **`StructElement2`** (output_object) ..... region ⇝ *object*
Strukturierendes Element für den Hintergrund.

▷ **GolayElement** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des strukturierenden Elementes.
Default: 'l'
Werteliste: GolayElement ∈ {'l', 'm', 'd', 'c', 'e', 'i', 'f', 'f2', 'h', 'k'}

▷ **Rotation** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Rotation des Golay-Elements. Je nach Element sind nicht alle Rotationen zulässig.
Default: 0
Werteliste: Rotation ∈ {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14}

▷ **Row** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer*
Zeile des Bezugspunktes.
Default: 16
Wertevorschläge: Row ∈ {0, 16, 32, 128, 256}
Wertebereich: 0 ≤ Row ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Column** (input_control) ..... point.x ⇝ *integer*
Spalte des Bezugspunktes.
Default: 16
Wertevorschläge: Column ∈ {0, 16, 32, 128, 256}
Wertebereich: 0 ≤ Column ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert der Operator golay_elements den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

hit_or_miss

Alternativen

gen_region_points, gen_struct_elements, gen_region_polygon_filled

Siehe auch

dilation_golay, erosion_golay, opening_golay, closing_golay, hit_or_miss_golay, thickening_golay

Literatur

J. Serra: „Image Analysis and Mathematical Morphology“. Volume I. Academic Press, 1982

Modul

Foundation

hit_or_miss_golay (Region : RegionHitMiss : GolayElement, Rotation :)

Ausführen der Hit-or-Miss-Operation für Regionen (Golay).

hit_or_miss_golay ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

hit_or_miss_golay berechnet die Hit-or-Miss-Transformation der Eingaberegionen (abgestützt auf das Golay-Alphabet). Dazu wird zunächst eine Erosion der Regionen mit dem durch GolayElement ausgewählten strukturierenden Element des Golay-Alphabets durchgeführt. Im zweiten Schritt folgt eine Erosion der Komplemente der Regionen mit der Hintergrund-Maske des strukturierenden Elements. Aus den beiden Zwischenergebnissen wird die Schnittmenge gebildet. Für die strukturierenden Elemente gibt es folgende Wahlmöglichkeiten:

'l', 'm', 'd', 'c', 'e','i', 'f', 'f2', 'h', 'k'.

Die Rotationsnummer (`Rotation`) gibt dabei an, welche Rotation des gewählten Elements verwendet werden soll. Die Hit-or-Miss-Transformation wählt genau die Punkte aus, deren Umgebung die Bedingungen des gewählten Golay-Elements erfüllt.

Achtung

Es ist zu beachten, dass nicht bei jedem Golayelement alle Rotationen möglich sind.

Parameter

- ▷ **`Region`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **`RegionHitMiss`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Das Ergebnis der Hit-or-Miss-Operation.
- ▷ **`GolayElement`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Strukturierendes Element aus dem Golay-Alphabet.
  Default: 'h'
  Werteliste: `GolayElement` ∈ {'l', 'm', 'd', 'c', 'e', 'i', 'f', 'f2', 'h', 'k'}
- ▷ **`Rotation`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Rotation des Golay-Elements. Je nach Element sind nicht alle Rotationen zulässig.
  Default: 0
  Werteliste: `Rotation` ∈ {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(6 \cdot \sqrt{F}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `hit_or_miss_golay` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`, `union1`, `watersheds`, `class_ndim_norm`

Nachfolger

`reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Alternativen

`hit_or_miss_seq`, `hit_or_miss`

Siehe auch

`erosion_golay`, `dilation_golay`, `opening_golay`, `closing_golay`, `thinning_golay`, `thickening_golay`, `golay_elements`

Modul

Foundation

`hit_or_miss_seq` (Region : RegionHitMiss : GolayElement :)

Ausführen der Hit-or-Miss-Operation für Regionen (sequentiell).

hit_or_miss_seq ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

hit_or_miss_seq berechnet die Hit-or-Miss-Transformation einer Region mit allen rotierten Versionen des durch GolayElement gewählten strukturierenden Elements aus dem Golay-Alphabet. Als Ergebnis wird die Vereinigungsmenge der Zwischenergebnisse aus den einzelnen Rotationen geliefert. Für die strukturierenden Elemente gibt es folgende Wahlmöglichkeiten:

'l', 'm', 'd', 'c', 'e', 'i', 'f', 'f2', 'h', 'k'.

Die Golay-Elemente mit allen möglichen Rotationen sind in der Funktionsbeschreibung von golay_elements aufgeführt.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen, die verarbeitet werden sollen.

▷ **RegionHitMiss** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Das Ergebnis der Hit-or-Miss-Operation.

▷ **GolayElement** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Strukturierendes Element aus dem Golay-Alphabet.
Default: 'h'
Werteliste: GolayElement ∈ {'l', 'm', 'd', 'c', 'e', 'i', 'f', 'f2', 'h', 'k'}

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion und R die Anzahl der Rotationen, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(R \cdot 6 \cdot \sqrt{F}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion hit_or_miss_seq den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, union1, watersheds, class_ndim_norm

Nachfolger

reduce_domain, select_shape, area_center, connection

Alternativen

hit_or_miss_golay, hit_or_miss

Siehe auch

thinning_seq, thickening_seq

Modul

Foundation

morph_hat (Region, StructElement : RegionMorphHat : :)

Vereinigen von bottom_hat und top_hat.

morph_hat ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

morph_hat vereinigt die Flächen, die bei der opening-Operation wegfallen mit den Flächen, die bei der closing-Operation hinzukommen. Dies entspricht also der Vereinigung von top_hat und bottom_hat. Die Position von StructElement ist ohne Bedeutung.

Das strukturierende Element (StructElement) kann mit Operatoren wie gen_circle, gen_rectangle1, gen_rectangle2, gen_ellipse, draw_region, gen_region_polygon, gen_region_points, etc. erzeugt werden.

Achtung

Die Regionen werden einzeln bearbeitet.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **StructElement** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Strukturierendes Element (lageinvariant).
- ▷ **RegionMorphHat** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Vereinigung von Top-Hat und Bottom-Hat.

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"

main()
{
  cout << "Reproduction of 'dilation_circle ()'" << endl;
  cout << "First = original image " << endl;
  cout << "Red   = after segmentation " << endl;
  cout << "Blue  = after erosion " << endl;

  HByteImage img("monkey");
  HWindow    w;

  HRegion      circ   = HRegion::GenCircle (10, 10, 1.5);
  HRegionArray regs   = (img >= 128).Connection();
  HRegionArray tophat = regs.TopHat (circ);
  HRegionArray bothat = regs.BottomHat (circ);
  HRegionArray unionX = tophat.Union2 (bothat);

                        img.Display (w);      w.Click ();
  w.SetColor ("red");   regs.Display (w);     w.Click ();
  w.SetColor ("blue");  tophat.Display (w);   w.Click ();
  w.SetColor ("green"); bothat.Display (w);   w.Click ();
  w.SetColor ("white"); unionX.Display (w);   w.Click ();

  return(0);
}
```

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion morph_hat den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, union1, watersheds, class_ndim_norm, gen_circle, gen_ellipse, gen_rectangle1, gen_rectangle2, draw_region, gen_region_points, gen_region_polygon_filled

Nachfolger

reduce_domain, select_shape, area_center, connection

Alternativen

top_hat, bottom_hat, union2

Siehe auch

opening, closing

Modul

Foundation

morph_skeleton (Region : RegionSkeleton : :)

Berechnen des morphologischen Skeletts einer Region.

morph_skeleton ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

morph_skeleton berechnet das Skelett der Eingaberegionen (Region) mit Hilfe morphologischer Transformationen. Die Berechnung liefert ein nicht zusammenhängendes Skelett (Lücken in den Diagonalen) mit einer Breite von ein oder zwei Pixeln. Zur Berechnung wird das Golay-Element 'h' verwendet. Hieraus ergibt sich die Verwendung der 8-ter Nachbarschaft. Dies entspricht der Maximumsnorm.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen, die verarbeitet werden sollen.

▷ **RegionSkeleton** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Das Ergebnis der Skelettierung.

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion morph_skeleton den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, union1, watersheds, class_ndim_norm

Nachfolger

skeleton, reduce_domain, select_shape, area_center, connection

Alternativen

skeleton

Modul

Foundation

morph_skiz (Region : RegionSkiz : Iterations1, Iterations2 :)

Verdünnen von Regionen.

morph_skiz ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

morph_skiz führt zuerst ein sequentielles Thinning (thinning_seq) mit dem Element 'l' des Golay-Alphabets durch. Die Anzahl der Durchläufe bestimmt der Parameter Iterations1. Mit dem Ergebnis wird dann ein sequentielles Thinning mit dem Element 'e' des Golay-Alphabets durchgeführt. Die Anzahl der Durchläufe bestimmt hier der Parameter Iterations2. Durch die Skiz-Operation wird eine Art Skelett gebildet und die Äste dann verkürzt. Wird die Skiz-Operation auf die komplementäre Region angewandt, so werden die Regionen durch das entstandene Skelett voneinander getrennt.

Werden bei Iterations1 oder Iterations2 sehr große Werte oder 'maximal' übergeben, dann bricht die Verarbeitung ab, wenn keine Veränderung mehr auftritt.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **RegionSkiz** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Das Ergebnis des Skiz-Operators.
- ▷ **Iterations1** (input_control) ..... integer ⇝ *integer* / string
  Iterationen für das sequentielle Thinning mit dem Element 'l' des Golay-Alphabets.
  Default: 100
  Wertevorschläge: Iterations1 ∈ {'maximal', 0, 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400}
  Wertebereich: 0 ≤ Iterations1 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **Iterations2** (input_control) ..... integer ⇝ *integer* / string
  Iterationen für das sequentielle Thinning mit dem Element 'e' des Golay-Alphabets.
  Default: 1
  Wertevorschläge: Iterations2 ∈ {'maximal', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 20, 30, 40, 50}
  Wertebereich: 0 ≤ Iterations2 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O((\text{Iterations1} + \text{Iterations2}) \cdot 3 \cdot \sqrt{F}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion morph_skiz den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, union1, watersheds, class_ndim_norm

Nachfolger

pruning, reduce_domain, select_shape, area_center, connection, background_seg, complement

Alternativen

skeleton, thinning_seq, morph_skeleton, interjacent

Siehe auch

thinning, hit_or_miss_seq, difference

Modul

Foundation

opening_golay (Region : RegionOpening : GolayElement, Rotation :)

Auftrennen von Lücken mit einem Golay-Element.

opening_golay ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

opening_golay ist als Hintereinanderschaltung von Minkowski-Subtraktion und Minkowski-Addition. Dabei wird zuerst die Minkowski-Subtraktion der Eingaberegionen (Region) mit dem durch GolayElement und Rotation ausgewählten strukturierenden Element aus dem Golay-Alphabet durchgeführt. Mit dem Ergebnis der Minkowski-Subtraktion und dem um 180° gedrehten strukturierenden Element, wird dann eine Minkowski-Addition durchgeführt.

Für die strukturierenden Elemente gibt es folgende Wahlmöglichkeiten

'l', 'm', 'd', 'c', 'e', 'i', 'f', 'f2', 'h', 'k'.

Die Rotationsnummer (Rotation) gibt dabei an, welche Rotation des gewählten Elements verwendet werden soll. Die Golay-Elemente mit allen möglichen Rotationen sind in der Funktionsbeschreibung von golay_elements aufgeführt.

Durch opening_golay werden Regionen, die kleiner sind als das strukturierende Element, entfernt und die Objektränder geglättet.

Achtung

Es ist zu beachten, dass nicht bei jedem Golayelement alle Werte von Rotation zulässig sind. Bei einigen Werten für Rotation entsteht die identische Abbildung.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **RegionOpening** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Das Ergebnis des Opening-Operators.
- ▷ **GolayElement** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Strukturierendes Element aus dem Golay-Alphabet.
  Default: 'h'
  Werteliste: GolayElement ∈ {'l', 'm', 'd', 'c', 'e', 'i', 'f', 'f2', 'h', 'k'}
- ▷ **Rotation** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Rotation des Golay-Elements. Je nach Element sind nicht alle Rotationen zulässig.
  Default: 0
  Werteliste: Rotation ∈ {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(6 \cdot \sqrt{F}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `opening_golay` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`, `union1`, `watersheds`, `class_ndim_norm`

Nachfolger

`reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Alternativen

`opening_seg`, `opening`

Siehe auch

`erosion_golay`, `dilation_golay`, `closing_golay`, `hit_or_miss_golay`, `thinning_golay`, `thickening_golay`, `golay_elements`

Modul

Foundation

`opening_seg` (`Region`, `StructElement` : `RegionOpening` : :)

Trennen von sich überlappenden Regionen.

`opening_seg` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

Die `opening_seg`-Operation ist als die Hintereinanderschaltung von `erosion1`, `connection` und `dilation1` definiert (siehe Beispiel). Es wird dabei nur eine Iteration bei `erosion1` und `dilation1` ausgeführt.

`opening_seg` dient zum Trennen von sich überlappenden Regionen, deren Überlappungsbereich kleiner als `StructElement` ist. Es ist zu beachten, dass sich die Ergebnisregionen überlappen können ohne dabei zu verschmelzen (siehe `expand_region`). `opening_seg` verwendet als Bezugspunkt den Schwerpunkt des strukturierenden Elementes.

Das strukturierende Element `StructElement` kann mit Operatoren wie `gen_circle`, `gen_rectangle1`, `gen_rectangle2`, `gen_ellipse`, `draw_region`, `gen_region_polygon`, `gen_region_points`, etc. erzeugt werden.

Parameter

▷ **`Region`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen, die verarbeitet werden sollen.

▷ **`StructElement`** (input_object) ..... region ⇝ *object*
Strukturierendes Element (lageinvariant).

▷ **`RegionOpening`** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Das Ergebnis des Opening-Operators.

Beispiel

```
* Simulation of opening_seg
* opening_seg(Region,StructElement,RegionOpening):
    erosion1(Region,StructElement,H1,1)
    connection(H1,H2)
    dilation1(H2,StructElement,RegionOpening,1)
```

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion und $F2$ die Fläche des strukturierenden Elementes, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(\sqrt{F1} \cdot \sqrt{F2} \cdot \sqrt{\sqrt{F1}}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `opening_seg` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`, `union1`, `watersheds`, `class_ndim_norm`, `gen_circle`, `gen_ellipse`, `gen_rectangle1`, `gen_rectangle2`, `draw_region`, `gen_region_points`, `gen_region_polygon_filled`

Nachfolger

`expand_region`, `reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Alternativen

`erosion1`, `connection`, `dilation1`

Modul

Foundation

thickening (Region, StructElement1, StructElement2 : RegionThick : Row, Column, Iterations :)

Vergrößern einer Region um das Ergebnis von Hit-or-Miss.

`thickening` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

`thickening` berechnet das Thickening der Eingaberegionen mit morphologischen Operationen. Der Operator führt dabei zuerst eine Hit-or-Miss-Transformation (vgl. `hit_or_miss`) durch und fügt die dabei gefundenen Punkte zur Eingaberegion hinzu. Der Parameter `Iterations` bestimmt die Anzahl der Iterationen, die durchgeführt werden.

Für die Wahl der strukturierenden Elemente `StructElement1` und `StructElement2` sowie für `Row` und `Column` gelten dieselben Empfehlungen wie bei `hit_or_miss`.

Die strukturierenden Elemente (`StructElement1` und `StructElement2`) können z.B. mit dem Operator `golay_elements` erzeugt werden.

Achtung

Wenn der Bezugspunkt von `StructElement1` zum Vordergrund gehört, ändert sich die Region nicht.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **StructElement1** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Strukturierendes Element für den Vordergrund
- ▷ **StructElement2** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Strukturierendes Element für den Hintergrund
- ▷ **RegionThick** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Das Ergebnis des Thickening-Operators.
- ▷ **Row** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer*
  Zeile des Bezugspunkts.
  Default: 16
  Wertevorschläge: `Row` ∈ {0, 2, 4, 8, 16, 32, 128}
  Wertebereich: 0 ≤ `Row` ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **Column** (input_control) ..... point.x ⇝ *integer*
  Spalte des Bezugspunkts.
  Default: 16
  Wertevorschläge: `Column` ∈ {0, 2, 4, 8, 16, 32, 128}
  Wertebereich: 0 ≤ `Column` ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **Iterations** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Iterationsschritte.
  Default: 1
  Wertevorschläge: `Iterations` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 200, 400}
  Wertebereich: 1 ≤ Iterations (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, $F1$ die Fläche des strukturierenden Elementes 1 und $F2$ die Fläche der des strukturierenden Elementes 2, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O\left(\texttt{Iterations} \cdot \sqrt{F} \cdot \left(\sqrt{F1} + \sqrt{F2}\right)\right) \quad .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `thickening` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`golay_elements`, `threshold`, `regiongrowing`, `connection`, `union1`, `watersheds`, `class_ndim_norm`, `gen_circle`, `gen_ellipse`, `gen_rectangle1`, `gen_rectangle2`, `draw_region`, `gen_region_points`, `gen_struct_elements`, `gen_region_polygon_filled`

Nachfolger

reduce_domain, select_shape, area_center, connection

Alternativen

thickening_golay, thickening_seq

Siehe auch

hit_or_miss

Modul

Foundation

thickening_golay (Region : RegionThick : GolayElement, Rotation :)

Vergrößern einer Region um das Ergebnis von Hit-or-Miss (Golay).

thickening_golay ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

thickening_golay berechnet das Thickening der Eingaberegionen mit morphologischen Operationen (abgestützt auf das Golay-Alphabet). Der Operator führt dazu eine Hit-or-Miss-Transformation (vgl. hit_or_miss_golay) durch und fügt die dabei gefundenen Punkte zur Eingaberegion hinzu. Für die strukturierenden Elemente gibt es folgende Wahlmöglichkeiten:

'l', 'm', 'd', 'c', 'e', 'i', 'f', 'f2', 'h', 'k'.

Die Rotationsnummer (Rotation) gibt dabei an, welche Rotation des gewählten Elements verwendet werden soll. Die Golay-Elemente mit allen möglichen Rotationen sind unter golay_elements beschrieben.

Achtung

Es ist zu beachten, dass nicht bei jedem Golayelement alle Rotationen möglich sind.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **RegionThick** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Das Ergebnis des Thickening-Operators.
- ▷ **GolayElement** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Strukturierendes Element aus dem Golay-Alphabet.
  Default: 'h'
  Werteliste: GolayElement ∈ {'l', 'm', 'd', 'c', 'e', 'i', 'f', 'f2', 'h', 'k'}
- ▷ **Rotation** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Rotation des Golay-Elements. Je nach Element sind nicht alle Rotationen zulässig.
  Default: 0
  Werteliste: Rotation ∈ {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(6 \cdot \sqrt{F}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion thickening_golay den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

`reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Alternativen

`thickening`, `thickening_seq`

Siehe auch

`erosion_golay`, `hit_or_miss_golay`

Modul

Foundation

`thickening_seq` (`Region` : `RegionThick` : `GolayElement`, `Iterations` :)

Vergrößern einer Region um das Ergebnis von Hit-or-Miss (sequentiell).

`thickening_seq` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

`thickening_seq` berechnet das sequentielle Thickening der Eingaberegionen mit dem durch `GolayElement` ausgewählten strukturierenden Element aus dem Golay-Alphabet. Dazu führt `thickening_seq` den Operator `thickening_golay` mit allen Rotationen des strukturierenden Elements so oft durch, wie der Parameter `Iterations` angibt. Für die strukturierenden Elemente gibt es folgende Wahlmöglichkeiten:

'l', 'm', 'd', 'c', 'e', 'i', 'f', 'f2', 'h', 'k'.

Die Golay-Elemente mit allen möglichen Rotationen sind in der Funktionsbeschreibung von `golay_elements` aufgeführt. Bei allen Elementen außer 'c' werden Vorder- und Hintergrundanteil vertauscht, damit sie Einfluss auf den äußeren Rand der Region nehmen. Mit dem Element 'c' kann eine konvexe Hülle erzeugt werden, wenn genügend Iterationen durchgeführt werden.

Parameter

- ▷ **`Region`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **`RegionThick`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Das Ergebnis des Thickening-Operators.
- ▷ **`GolayElement`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Strukturierendes Element aus dem Golay-Alphabet.
  Default: 'h'
  Werteliste: `GolayElement` ∈ {'l', 'm', 'd', 'c', 'e', 'i', 'f', 'f2', 'h', 'k'}
- ▷ **`Iterations`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Iterationsschritte.
  Default: 1
  Wertevorschläge: `Iterations` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 200}
  Wertebereich: 1 ≤ Iterations (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(Iterations \cdot 6 \cdot \sqrt{F}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `thickening_seq` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

`reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Alternativen

`thickening_golay`, `thickening`

Siehe auch

`erosion_golay`, `thinning_seq`

Modul

Foundation

`thinning` (`Region`, `StructElement1`, `StructElement2` : `RegionThin` : `Row`, `Column`, `Iterations` :)

Verdünnen einer Region um das Ergebnis von Hit-or-Miss.

`thinning` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

`thinning` berechnet die Verdünnung der Eingaberegionen mit morphologischen Operationen. Dazu führt der Operator eine Hit-or-Miss-Transformation (vgl. `hit_or_miss`) durch und entfernt die dabei gefundenen Punkte aus den Eingaberegionen. Der Parameter `Iterations` bestimmt die Anzahl der Iterationen, die durchgeführt werden.

Für die Wahl der strukturierende Elemente `StructElement1` und `StructElement2` sowie für `Row` und `Column` gelten dieselben Empfehlungen wie bei `hit_or_miss`.

Strukturierende Elemente (`StructElement1`, `StructElement2`) können mit Operatoren wie `gen_circle`, `gen_rectangle1`, `gen_rectangle2`, `gen_ellipse`, `draw_region`, `gen_region_polygon`, `gen_region_points`, etc. erzeugt werden.

Parameter

▷ **`Region`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen, die verarbeitet werden sollen.

▷ **`StructElement1`** (input_object) ..... region ⇝ *object*
Strukturierendes Element für den Vordergrund

▷ **`StructElement2`** (input_object) ..... region ⇝ *object*
Strukturierendes Element für den Hintergrund

▷ **`RegionThin`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Das Ergebnis des Thinning-Operators.

▷ **`Row`** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer*
Zeile des Bezugspunkts.
Default: 0
Wertebereich: $0 \leq$ `Row` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **`Column`** (input_control) ..... point.x ⇝ *integer*
Spalte des Bezugspunkts.
Default: 0
Wertebereich: $0 \leq$ `Column` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Iterations** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Iterationen.
Default: 1
Wertevorschläge: Iterations ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 20, 30, 40, 50}
Wertebereich: 1 ≤ Iterations (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, $F1$ die Fläche des strukturierenden Elementes 1 und $F2$ die Fläche der des strukturierenden Elementes 2, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O\left(\texttt{Iterations} \cdot \sqrt{F} \cdot \left(\sqrt{F1} + \sqrt{F2}\right)\right) \quad .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion thinning den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, union1, watersheds, class_ndim_norm, gen_circle, gen_ellipse, gen_rectangle1, gen_rectangle2, draw_region, gen_region_points, gen_region_polygon_filled

Nachfolger

reduce_domain, select_shape, area_center, connection

Alternativen

thinning_golay, thinning_seq

Siehe auch

hit_or_miss

Modul

Foundation

thinning_golay (Region : RegionThin : GolayElement, Rotation :)

Verdünnen einer Region um das Ergebnis von Hit-or-Miss (Golay).

thinning_golay ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

thinning_golay berechnet die Verdünnung der Eingaberegionen mit morphologischen Operationen (abgestützt auf das Golay-Alphabet). Dazu führt der Operator eine Hit-or-Miss-Transformation (vgl. hit_or_miss_golay) aus und entfernt die dabei gefundenen Punkte aus den Eingaberegionen. Für die strukturierenden Elemente gibt es folgende Wahlmöglichkeiten:

'l', 'm', 'd', 'c', 'e', 'i', 'f', 'f2', 'h', 'k'.

Die Rotationsnummer (Rotation) gibt dabei an, welche Rotation des gewählten Elements verwendet werden soll. Die Golay-Elemente mit allen möglichen Rotationen sind in der Funktionsbeschreibung von golay_elements aufgeführt.

Achtung

Es ist zu beachten, dass nicht bei jedem Golayelement alle Rotationen möglich sind.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **RegionThin** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Das Ergebnis des Thinning-Operators.
- ▷ **GolayElement** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Strukturierendes Element aus dem Golay-Alphabet.
  Default: 'h'
  Werteliste: `GolayElement` ∈ {'l', 'm', 'd', 'c', 'e', 'i', 'f', 'f2', 'h', 'k'}
- ▷ **Rotation** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Rotation des Golay-Elements. Je nach Element sind nicht alle Rotationen zulässig.
  Default: 0
  Werteliste: `Rotation` ∈ {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(6 \cdot \sqrt{F}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `thinning_golay` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

`reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Alternativen

`thinning_seq`, `thinning`

Siehe auch

`erosion_golay`, `hit_or_miss_golay`

Modul

Foundation

thinning_seq (Region : RegionThin : GolayElement, Iterations :)

Sequentielles Verdünnen einer Region um das Ergebnis von Hit-or-Miss.

thinning_seq ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

`thinning_seq` berechnet das sequentielle Thinning der Eingaberegionen mit dem durch `GolayElement` ausgewählten strukturierenden Element aus dem Golay-Alphabet. Dazu führt `thinning_seq` den Operator `thinning_golay` für die Eingaberegionen mit allen Rotationen des strukturierenden Elements so oft durch, wie der Parameter `Iterations` angibt. Wird `Iterations` groß genug gewählt, erzeugt der Operator mit den

Elementen ’l’ bzw. ’m’ das Skelett der Regionen. Bei dem Element ’c’ werden Vorder- und Hintergrundanteil vertauscht, damit es den inneren Rand beeinflusst. Wird bei `Iterations` ein sehr großer Werte oder ’maximal’ übergeben, dann bricht die Verarbeitung ab, wenn keine Veränderung mehr auftritt. Für die strukturierenden Elemente gibt es folgende Wahlmöglichkeiten:

’l’ Skelett, ähnlich wie bei `skeleton`. Dieses strukturierende Element wird auch bei `morph_skiz` verwendet.

’m’ Ein Skelett mit vielen „Haaren“ und mehrfachen (parallelen) Ästen.

’d’ Skelett ohne mehrfach Äste aber mit vielen Lücken. Ähnlich zu `morph_skeleton`.

’c’ Gleichmäßige Erosion der Region.

’e’ Ein Pixel dicke Linien werden verkürzt. Dieses strukturierende Element wird auch bei `morph_skiz` verwendet.

’i’ Isolierte Punkte werden entfernt. (Nur `Iterations` = 1 sinnvoll).

’f’ Verzweigungspunkte (y-junctions) werden eliminiert. (Nur `Iterations` = 1 sinnvoll).

’f2’ Es werden ein Pixel lange Äste und Ecken entfernt. (Nur `Iterations` = 1 sinnvoll).

’h’ Eine Art von innerem Rand, der aber dicker als bei `boundary` ist, wird erzeugt, (Nur `Iterations` = 1 sinnvoll).

’k’ Verzweigungspunkte werden eliminiert und dabei auch neue erzeugt.

Die Golay-Elemente mit allen möglichen Rotationen sind in der Funktionsbeschreibung von `golay_elements` aufgeführt.

Parameter

▷ **`Region`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen, die verarbeitet werden sollen.

▷ **`RegionThin`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Das Ergebnis des Thinning-Operators.

▷ **`GolayElement`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Strukturierendes Element aus dem Golay-Alphabet.
Default: ’l’
Werteliste: `GolayElement` ∈ {’l’, ’m’, ’d’, ’c’, ’e’, ’i’, ’f’, ’f2’, ’h’, ’k’}

▷ **`Iterations`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer* / string
Anzahl der Iterationsschritte. Bei ’f’, ’f2’, ’h’ und ’i’ ist nur der Wert 1 sinnvoll.
Default: 20
Wertevorschläge: `Iterations` ∈ {’maximal’, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 150, 200}
Wertebereich: 1 ≤ Iterations (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(Iterations \cdot 6 \cdot \sqrt{F}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `thinning_seq` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, union1, watersheds, class_ndim_norm, gen_circle, gen_ellipse, gen_rectangle1, gen_rectangle2, draw_region, gen_region_points, gen_struct_elements, gen_region_polygon_filled

Nachfolger

pruning, reduce_domain, select_shape, area_center, connection, complement

Alternativen

skeleton, morph_skiz, expand_region

Siehe auch

hit_or_miss_seq, erosion_golay, difference, thinning_golay, thinning, thickening_seq

Modul

Foundation

17.8 OCR

close_ocr (: : OcrHandle :)

Freigeben des Speichers eines OCR-Klassifikators.

close_ocr ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die auf MLP, SVM oder CNN-basierten Operatoren verwenden.

close_ocr gibt den Speicher des Klassifikators mit der Nummer OcrHandle frei. Damit werden alle zugehörigen Daten gelöscht. Diese können gegebenenfalls mit write_ocr vorher gesichert werden. Die Nummer OcrHandle ist nach dem Aufruf ungültig. Sie kann aber später vom System für neue Klassifikatoren wieder verwendet werden.

Achtung

Alle Daten des Klassifikators werden im Hauptspeicher (nicht auf der Platte) gelöscht.

Parameter

▷ **OcrHandle** (input_control) ..... ocr_box ⇝ *handle*
ID des zu löschenden OCR-Klassifikators.

Ergebnis

Falls OcrHandle gültig ist, liefert close_ocr den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- OcrHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

write_ocr_trainf

Nachfolger

read_ocr

Modul

OCR/OCV

create_ocr_class_box (: : WidthPattern, HeightPattern, Interpolation, Features, Character : OcrHandle)

Erzeugen eines neues OCR-Klassifikators.

create_ocr_class_box ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die auf MLP, SVM oder CNN-basierten Operatoren verwenden.

create_ocr_class_box erzeugt einen neuen OCR-Klassifikator. Dieser Klassifikator muss dann mit traind_ocr_class_box oder trainf_ocr_class_box trainiert werden.

Die Parameter WidthPattern und HeightPattern geben die Größe der Eingabeschicht des Klassifikators an. Diese Größe wird bei den Merkmalen *'projection_horizontal'*, *'projection_vertical'*, *'pixel'*, *'pixel_invar'* und *'pixel_binary'* verwendet, um das zu erkennende Zeichen auf eine Standardgröße zu transformieren. Um so größer die Standardgröße ist, um so mehr Zeichen können (mit Grauwertmerkmalen) unterschieden werden. Dabei steigt aber auch die Zeit für das Training (und die Anzahl der Lernstichproben) und die Zeit für die Erkennung an. Der Parameter Interpolation gibt den Interpolationsmodus für die Anpassung der Zeichen im Bild auf die Größe im Klassifikator an. Dieser Parameter ist bei dem Operator affine_trans_image beschrieben. Der Wert *0* erzeugt dieselbe Interpolation wie *'nearest_neighbor'* in affine_trans_image, d.h. es erfolgt keine Interpolation. Für *1* erhält man dasselbe Verhalten wie *'constant'* in affine_trans_image, d.h. es erfolgt eine ungewichtete Interpolation zwischen den Grauwerten. Der Wert *2* erzeugt dieselbe Interpolation wie *'weighted'*, d.h. es erfolgt eine gewichtete Interpolation zwischen den Grauwerten. Der Parameter Interpolation muss so gewählt werden, dass bei der Skalierung der Zeichen auf die Standardgröße keine Aliasing-Effekte auftreten. In der Praxis bedeutet dies, dass Interpolation = *1* gewählt werden sollte, außer die Zeichen werden stark verkleinert. In diesem Fall sollte Interpolation = *2* gewählt werden. Interpolation = *0* sollte nur gewählt werden, falls die Zeichen nicht skaliert werden.

Der Parameter Character legt alle zu erkennenden Zeichen fest. Im Normalfall bestehen die übergebenen Strings aus einem Zeichen (z.B. Alphabet). Es können aber auch Strings mit beliebiger Länge gelernt werden. Die Anzahl unterscheidbarer Zeichen (Anzahl Strings in Character) ist auf *2048* beschränkt.

Mit dem Parameter Features können neben den Grauwerten zusätzliche Merkmale zur Erkennung der Buchstaben ausgewählt werden.

Es stehen folgende Merkmale zur Verfügung

'default' *'ratio'* und *'pixel_invar'* werden ausgewählt.

'ratio' Seitenverhältnis des Zeichens.

'width' Breite des Zeichens (nicht skalierungsinvariant).

'height' Höhe des Zeichens(nicht skalierungsinvariant).

'zoom_factor' Größenunterschied zwischen aktuellem Zeichen und den Werten von WidthPattern und HeightPattern (nicht skalierungsinvariant).

'foreground' Relativer Anteil der Vordergrund-Pixel.

'foreground_grid_9' Relative Anteil der Vordergrund-Pixel in einem 3×3 Raster innerhalb des umschließenden Rechtecks des Zeichens.

'foreground_grid_16' Relative Anteil der Vordergrund-Pixel in einem 4×4 Raster innerhalb des umschließenden Rechtecks des Zeichens.

'anisometry' Formmerkmal Anisometry.

'compactness' Formmerkmal Compactness.

'convexity' Formmerkmal Convexity.

'moments_region_2nd_invar' Normierte 2. geometrischen Momente der Region. Siehe auch moments_region_2nd_invar.

'moments_region_2nd_rel_invar' Normierte 2. relativen geometrischen Momente der Region. Siehe auch moments_region_2nd_rel_invar.

'moments_region_3rd_invar' Normierte 3. geometrischen Momente der Region. Siehe auch moments_region_3rd_invar.

'moments_central' Normierte zentrale geometrischen Momente der Region. Siehe auch moments_region_central.

'phi' Sinus und Kosinus der Orientierung (Winkel) des Zeichens.

'num_connect' Anzahl der Zusammenhangskomponenten.

'num_holes' Anzahl der Hohlflächen.

'projection_horizontal' Horizontal Projektion der Grauwert.

'projection_horizontal_invar' Horizontal Projektion der Grauwerte die maximal skaliert sind.

'projection_vertical' Vertikale Projektion der Grauwert.

'projection_vertical_invar' Vertikale Projektion der Grauwerte die maximal skaliert sind.

'cooc' Werte der binären Cooccurrence Matrix.

'moments_gray_plane' Normierte Grauwertmomente und die Winkel der Grauwertebene.

'num_runs' Anzahl der Sehnen der Region normiert auf die Höhe.

'chord_histo' Häufigkeit der Sehnen pro Zeile (nicht skalierungsinvariant).

'pixel' Grauwert der Zeichens.

'pixel_invar' Grauwerte der Zeichens mit automatischer maximaler Grauwertspreizung.

'pixel_binary' Region des Zeichens als Binärbild auf eine Größe von `WidthPattern` × `HeightPattern` skaliert.

'gradient_8dir' Die Gradienten des Zeichens werden berechnet. Die Gradientenrichtungen werden in 8 Richtungen diskretisiert. Das Amplitudenbild wird entsprechend der diskretisierten Richtungen in 8 Kanäle aufgeteilt. In jedem der 8 Kanäle werden auf einem 5×5 Gitter Stichproben entnommen. Diese Stichproben bilden die Merkmale.

Parameter

▷ **`WidthPattern`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Breite des Eingabenetzes.
Default: 8
Wertevorschläge: `WidthPattern` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 20}
Wertebereich: $1 \leq$ `WidthPattern` ≤ 100

▷ **`HeightPattern`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Höhe des Eingabenetzes.
Default: 10
Wertevorschläge: `HeightPattern` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 20}
Wertebereich: $1 \leq$ `HeightPattern` ≤ 100

▷ **`Interpolation`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Interpolationsmodus bei der Skalierung der Zeichen.
Default: 1
Werteliste: `Interpolation` ∈ {0, 1, 2}

▷ **`Features`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Zusätzliche Merkmale.
Default: 'default'
Werteliste: `Features` ∈ {'default', 'zoom_factor', 'ratio', 'width', 'height', 'foreground', 'foreground_grid_9', 'foreground_grid_16', 'anisometry', 'compactness', 'convexity', 'moments_region_2nd_invar', 'moments_region_2nd_rel_invar', 'moments_region_3rd_invar', 'moments_central', 'phi', 'num_connect', 'num_holes', 'projection_horizontal', 'projection_vertical', 'projection_horizontal_invar', 'projection_vertical_invar', 'chord_histo', 'num_runs', 'pixel', 'pixel_invar', 'pixel_binary', 'gradient_8dir', 'cooc', 'moments_gray_plane'}

▷ **`Character`** (input_control) ..... string-array ⇝ *string*
Alle Zeichen des Zeichensatzes.
Default: ['a','b','c']

▷ **`OcrHandle`** (output_control) ..... ocr_box ⇝ *handle*
ID des erzeugten OCR-Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert `create_ocr_class_box` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`reset_obj_db`

Nachfolger

`traind_ocr_class_box`, `trainf_ocr_class_box`, `info_ocr_class_box`, `write_ocr`, `ocr_change_char`

Alternativen

`create_ocr_class_mlp`, `create_ocr_class_svm`

Siehe auch

`affine_trans_image`, `ocr_change_char`, `moments_region_2nd_invar`, `moments_region_2nd_rel_invar`, `moments_region_3rd_invar`, `moments_region_central`

Modul

OCR/OCV

create_text_model (: : : TextModel)

Erzeugen eines Textmodells.

`create_text_model` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen `create_text_model_reader` verwenden.

`create_text_model` erzeugt das neue Textmodell `TextModel`, welches den Text beschreibt, der von `find_text` segmentiert werden soll. Parameter des Textmodells werden mit `set_text_model_param` gesetzt und mit `get_text_model_param` abgefragt.

Das Erzeugen eines Textmodells mit `create_text_model` ist gleichbedeutend mit einem Aufruf von `create_text_model_reader` mit `Mode` = *'manual'*.

Parameter

▷ **`TextModel`** (output_control) . . . . . text_model ⇝ *handle*
Neu erzeugtes Textmodell.

Ergebnis

`create_text_model` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Modul

OCR/OCV

deserialize_ocr (: : SerializedItemHandle : OcrHandle)

Deserialisieren eines serialisierten OCR-Klassifikators.

deserialize_ocr ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die auf MLP, SVM oder CNN-basierten Operatoren verwenden.

deserialize_ocr deserialisiert einen OCR-Klassifikator, welcher mit serialize_ocr serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Der serialisierte OCR-Klassifikator wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten OCR-Klassifikator mit dem Handle OcrHandle gespeichert.

Parameter

- ▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.
- ▷ **OcrHandle** (output_control) . . . . . ocr_box ⇝ *handle*
  ID des eingelesenen OCR-Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_ocr den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

reset_obj_db, fread_serialized_item, receive_serialized_item, serialize_ocr

Nachfolger

do_ocr_multi, do_ocr_single, traind_ocr_class_box, trainf_ocr_class_box

Siehe auch

serialize_ocr, do_ocr_multi, traind_ocr_class_box, trainf_ocr_class_box

Modul

OCR/OCV

do_ocr_multi (Character, Image : : OcrHandle : Class, Confidence)

Klassifizieren von Zeichen.

do_ocr_multi ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die auf MLP, SVM oder CNN-basierten Operatoren verwenden.

do_ocr_multi ordnet jedem Character (Buchstabe) eine Klasse zu. Dabei werden (bei Graustufenmerkmalen) alle Grauwerte aus den umschließenden Rechtecken der Regionen verwendet. Die Grauwerte werden aus dem Parameter Image entnommen. Für jeden Buchstaben wird die zugehörige Klasse in Class und ein Konfidenzwert in Confidence zurückgegeben. Der Konfidenzwert beschreibt die Ähnlichkeit zwischen dem übergebenen und dem zugeordneten Zeichen.

Parameter

- ▷ **Character** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Zu erkennende Zeichen.
- ▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Grauwerte für Zeichen.
- ▷ **OcrHandle** (input_control) . . . . . ocr_box ⇝ *handle*
  ID des OCR-Klassifikators.
- ▷ **Class** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Klasse (Name) der Zeichen.
  Parameteranzahl: Class == Character

▷ **Confidence** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Konfidenzwerte der Zeichen.
Parameteranzahl: Confidence == Character

Ergebnis

Sind die Eingabeparameter korrekt besetzt, dann liefert `do_ocr_multi` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`traind_ocr_class_box`, `trainf_ocr_class_box`, `read_ocr`, `connection`, `sort_region`

Alternativen

`do_ocr_single`

Siehe auch

`write_ocr`

Modul

OCR/OCV

do_ocr_single (Character, Image : : OcrHandle : Classes, Confidences)

Klassifizieren von einem Zeichen.

`do_ocr_single` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die auf MLP, SVM oder CNN-basierten Operatoren verwenden.

`do_ocr_single` ordnet dem `Character` (Buchstabe) Klassen zu. Dabei werden (bei Graustufenmerkmalen) alle Grauwerte aus den umschließenden Rechtecken der Regionen verwendet. Diese werden aus dem Parameter `Image` entnommen. Für jeden Buchstaben werden die beiden Klassen mit den höchsten Konfidenzen in `Classes` zurückgegeben. Die zugehörigen Konfidenzen werden in `Confidences` übergeben. Der Konfidenzwert beschreibt die Ähnlichkeit zwischen dem übergebenen und dem zugeordneten Zeichen.

Parameter

▷ **Character** (input_object) ..... region ⇝ *object*
Zu erkennendes Zeichen.

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
Grauwerte für Zeichen.

▷ **OcrHandle** (input_control) ..... ocr_box ⇝ *handle*
ID des OCR-Klassifikator.

▷ **Classes** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
Klassen (Name) der Zeichen.
Parameteranzahl: 2

▷ **Confidences** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Konfidenzwerte der Zeichen.
Parameteranzahl: 2

Ergebnis

Sind die Eingabeparameter korrekt besetzt, dann liefert `do_ocr_single` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

traind_ocr_class_box, trainf_ocr_class_box, read_ocr, connection, sort_region

Alternativen

do_ocr_multi

Siehe auch

write_ocr

Modul

OCR/OCV

info_ocr_class_box (: : OcrHandle : WidthPattern, HeightPattern, Interpolation, WidthMaxChar, HeightMaxChar, Features, Characters)

Abfragen von Informationen über einen OCR-Klassifikator.

info_ocr_class_box ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die auf MLP, SVM oder CNN-basierten Operatoren verwenden.

info_ocr_class_box gibt alle einige Informationen über einen OCR-Klassifikator aus. Die Parameter entsprechen denen von create_ocr_class_box. Die Parameter WidthMaxChar und HeightMaxChar geben die Ausdehnung des größten trainierten Zeichens an. Diese Werte können zur Steuerung der Segmentierung verwendet werden.

Parameter

- ▷ **OcrHandle** (input_control) ..... ocr_box ⇝ *handle*
  ID des OCR-Klassifikators.
- ▷ **WidthPattern** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Breite der skalierten Zeichen.
- ▷ **HeightPattern** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Höhe der skalierten Zeichen.
- ▷ **Interpolation** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Interpolationsmodus beim Skalieren der Zeichen.
- ▷ **WidthMaxChar** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Breite des größten trainierten Zeichens.
- ▷ **HeightMaxChar** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Höhe des größten trainierten Zeichens.
- ▷ **Features** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
  Verwendete Merkmale.
- ▷ **Characters** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
  Alle Zeichen des Zeichensatzes.

Ergebnis

info_ocr_class_box liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_ocr, create_ocr_class_box

Nachfolger

write_ocr

Modul

OCR/OCV

ocr_change_char (: : OcrHandle, Character :)

Festlegen einer neue Umsetzungstabelle für Zeichen.

ocr_change_char ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die auf MLP, SVM oder CNN-basierten Operatoren verwenden.

ocr_change_char setzt bei dem Klassifikator eine neue Zuordnungstabelle für die Zeichen. Die Anzahl der Strings in Character muss genauso groß sein wie bei dem Netz OcrHandle. ocr_change_char kann folgendermaßen verwendet werden um einen Zeichensatz zu erweitern: Beim Erzeugen eines Netzes (create_ocr_class_box) werden mehr Zeichen angegeben als zunächst benötigt. Es bleiben die letzten n Zeichen zunächst unbenutzt. Wenn man mehr Zeichen benötigt, dann werden mit ocr_change_char diese unbenutzten Zeichen besetzt und danach trainiert.

Parameter

▷ **OcrHandle** (input_control) . . . . . ocr_box ⇝ *handle*
ID des zu ändernden OCR-Netzes.

▷ **Character** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Neue Zeichenzuordnung.
Default: ['a','b','c']

Ergebnis

Stimmt die Anzahl der Zeichen in Character mit denen des Netzes überein, dann liefert ocr_change_char den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- OcrHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

read_ocr

Nachfolger

do_ocr_multi_class_mlp, do_ocr_single_class_mlp

Modul

OCR/OCV

ocr_get_features (Character : : OcrHandle : FeatureVector)

Abfragen der Merkmale eines Zeichens.

ocr_get_features ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die auf MLP, SVM oder CNN-basierten Operatoren verwenden.

ocr_get_features bestimmt die Merkmale für das übergebene Zeichen. Die Art und Anzahl der Merkmale werden durch den Klassifikator OcrHandle festgelegt. Es sind die gleichen Werte, die bei Operatoren wie traind_ocr_class_box oder trainf_ocr_class_box intern verwendet werden.

Parameter

- ▷ **Character** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Zu trainierende Zeichen.
- ▷ **OcrHandle** (input_control) . . . . . ocr_box ⇝ *handle*
  ID des gewünschten OCR-Klassifikators.
- ▷ **FeatureVector** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Merkmalswerte.

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert `ocr_get_features` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_ocr`, `reduce_domain`, `threshold`, `connection`

Siehe auch

`trainf_ocr_class_box`, `traind_ocr_class_box`

Modul

OCR/OCV

read_ocr (: : FileName : OcrHandle)

Einlesen eines OCR-Klassifikators aus einer Datei.

`read_ocr` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die auf MLP, SVM oder CNN-basierten Operatoren verwenden.

`read_ocr` liest einen OCR-Klassifikator aus der Datei `FileName`. Die Datei wird dabei im Verzeichnis ($HALCONROOT/ocr/) und im aktuellen Verzeichnis gesucht. Sind bereits zu viele Klassifikatoren geladen, erfolgt eine Fehlermeldung.

Parameter

- ▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
  Name der Datei mit dem OCR-Klassifikator.
  Default: 'testnet'
  Dateiendung: `.obc`, `.fnt`
- ▷ **OcrHandle** (output_control) . . . . . ocr_box ⇝ *handle*
  ID des eingelesenen OCR-Klassifikators.

Ergebnis

Ist die angegebene Datei vorhanden und der Format korrekt, dann liefert `read_ocr` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

reset_obj_db

Nachfolger

do_ocr_multi, do_ocr_single, traind_ocr_class_box, trainf_ocr_class_box

Siehe auch

write_ocr, do_ocr_multi, traind_ocr_class_box, trainf_ocr_class_box

Modul

OCR/OCV

serialize_ocr (: : OcrHandle : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines OCR-Klassifikators.

serialize_ocr ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die auf MLP, SVM oder CNN-basierten Operatoren verwenden.

serialize_ocr serialisiert einen OCR-Klassifikator (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von write_ocr in eine Datei geschrieben werden. Der OCR-Klassifikator wird in dem Handle OcrHandle übergeben. Der serialisierte OCR-Klassifikator wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_ocr wieder deserialisiert werden.

Parameter

- ▷ **OcrHandle** (input_control) ..... ocr_box ⇝ *handle*
  ID des OCR-Klassifikators.
- ▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert serialize_ocr den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

traind_ocr_class_box, trainf_ocr_class_box

Nachfolger

do_ocr_multi, do_ocr_single, fwrite_serialized_item, send_serialized_item, deserialize_ocr

Siehe auch

deserialize_ocr, do_ocr_multi, traind_ocr_class_box, trainf_ocr_class_box

Modul

OCR/OCV

testd_ocr_class_box (Character, Image : : OcrHandle, Class : Confidence)

Testen eines OCR-Klassifikators.

testd_ocr_class_box ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die auf MLP, SVM oder CNN-basierten Operatoren verwenden.

testd_ocr_class_box testet die Güte der Klassenzugehörigkeit von Zeichen. Es können beliebig viele Regionen aus einem Bild übergeben werden. Für jedes Zeichen (Region) in Character muss der zugehörige Name (Klasse) Class übergeben werden. Die Grauwerte übergibt man in Image. Confidence gibt Auskunft über die Zugehörigkeit zu einer (beliebig wählbaren) Klasse.

Parameter

- ▷ **Character** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Zu testende Zeichen.
- ▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Grauwerte für die Zeichen.
- ▷ **OcrHandle** (input_control) . . . . . ocr_box ⇝ *handle*
  ID des gewünschten OCR-Klassifikators.
- ▷ **Class** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Klasse (Name) der Zeichen.
  Default: 'a'
- ▷ **Confidence** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Konfidenz mit der das Zeichen der Klasse zugehört.

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert testd_ocr_class_box den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_ocr, trainf_ocr_class_box, traind_ocr_class_box

Modul

OCR/OCV

traind_ocr_class_box (Character, Image : : OcrHandle,
Class : AvgConfidence)

Trainieren eines OCR-Klassifikators durch Eingabe von Regionen.

traind_ocr_class_box ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die auf MLP, SVM oder CNN-basierten Operatoren verwenden.

traind_ocr_class_box trainiert den Klassifikator direkt über die eingegebenen Regionen in einem Bild. Es können beliebig viele Regionen aus einem Bild übergeben werden. Für jedes Zeichen (Region) in Character muss der zugehörige Name (Klasse) Class übergeben werden. Die Grauwerte übergibt man in Image. AvgConfidence gibt Auskunft über den Erfolg des Trainings: Er enthält die mittlere Konfidenz der trainierten Zeichen bei einer Reklassifikation. Dabei werden falsch klassifizierte Zeichen mit Konfidenz 0 bewertet.

Parameter

- ▷ **Character** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Zu trainierende Zeichen.
- ▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Grauwerte für die Zeichen.
- ▷ **OcrHandle** (input_control) . . . . . ocr_box ⇝ *handle*
  ID des gewünschten OCR-Klassifikators.
- ▷ **Class** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Klasse (Name) der Zeichen.
  Default: 'a'

▷ **AvgConfidence** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
Mittlere Konfidenz bei einer Reklassifikation der trainierten Zeichen.

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert `traind_ocr_class_box` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- OcrHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_ocr_class_box`, `read_ocr`

Nachfolger

`write_ocr`, `do_ocr_multi`, `do_ocr_single`

Alternativen

`trainf_ocr_class_box`

Modul

OCR/OCV

trainf_ocr_class_box (: : OcrHandle, TrainingFile : AvgConfidence)

Trainieren eines OCR-Klassifikators mit einer Trainingsdatei.

`trainf_ocr_class_box` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die auf MLP, SVM oder CNN-basierten Operatoren verwenden.

`trainf_ocr_class_box` trainiert den Klassifikator `OcrHandle` über die angegebenen Trainingsdateien. Es können beliebig viele Dateien angegeben werden. `AvgConfidence` gibt Auskunft über den Erfolg des Trainings: Er enthält die mittlere Konfidenz der trainierten Zeichen bei einer Kontroll-Klassifikation. Dabei werden falsch klassifizierte Zeichen mit Konfidenz 0 bewertet. Es ist zu beachten, dass Trainingszeichen, die keine entsprechende Klasse im Klassifikator `OcrHandle` haben, verworfen werden.

Achtung

Die Namen der Buchstaben in der Datei müssen zu dem Netz passen.

Parameter

▷ **OcrHandle** (input_control) . . . . . ocr_box ⇝ *handle*
ID des gewünschten OCR-Netzes.

▷ **TrainingFile** (input_control) . . . . . filename.read(-array) ⇝ *string*
Namen der Trainingsdateien.
Default: 'train_ocr'
Dateiendung: `.trf`, `.otr`

▷ **AvgConfidence** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
Mittlere Konfidenz bei einer Reklassifikation der trainierten Zeichen.

Ergebnis

Ist der Dateiname korrekt und die Daten passen zu dem Netz, dann liefert `trainf_ocr_class_box` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- OcrHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_ocr_class_box, read_ocr

Nachfolger

traind_ocr_class_box, write_ocr, do_ocr_multi, do_ocr_single

Alternativen

traind_ocr_class_box

Modul

OCR/OCV

write_ocr (: : OcrHandle, FileName :)

Schreiben eines OCR-Klassifikators in eine Datei.

write_ocr ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die auf MLP, SVM oder CNN-basierten Operatoren verwenden.

write_ocr schreibt den OCR-Klassifikator OcrHandle in die Datei FileName. Da die Daten des Klassifikators nach Beendigung des Programms verloren gehen, muss man nach dem Training die Daten sichern, wenn man sie in einem späteren Programmlauf wieder verwenden will. Die Daten können später wieder mit read_ocr eingelesen werden. Die Extension wird automatisch an FileName angehängt.

Achtung

Die Ausgabedatei FileName muss ohne Extension angegeben werden.

Parameter

▷ **OcrHandle** (input_control) ..... ocr_box ⇝ *handle*
ID des OCR-Klassifikators.

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Name der Datei für den OCR-Klassifikator (ohne Extension).
Default: 'my_ocr'
Dateiendung: .obc

Ergebnis

Ist OcrHandle gültig und kann die angegebene Datei geschrieben werden, dann liefert write_ocr den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

traind_ocr_class_box, trainf_ocr_class_box

Nachfolger

do_ocr_multi, do_ocr_single

Siehe auch

read_ocr, do_ocr_multi, traind_ocr_class_box, trainf_ocr_class_box

Modul

OCR/OCV

17.9 Regionen

get_region_chain (Region : : : Row, Column, Chain)

Kontur von einem Objekt als Kettencode.

get_region_chain ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

get_region_chain gibt die Kontur einer Region aus. Eine Kontur ist eine Folge von Punkten, die die Umrandung der Region beschreiben. Die Kontur „liegt auf“ der Region. Sie beginnt bei der kleinsten Zeilennummer; in dieser Zeile bei dem Punkt mit dem größten Spaltenindex. Der Umlauf erfolgt im Uhrzeigersinn. Hohlflächen der Region werden ignoriert. Der Richtungscode (Kettencode) ist wie folgt definiert:

$$\begin{array}{ccc} 3 & 2 & 1 \\ 4 & * & 0 \\ 5 & 6 & 7 \end{array}$$

get_region_chain liefert den Code in Form eines Tupels ab. Bei einer leeren Region sind die Parameter Row und Column gleich Null und Chain ist das leere Tupel.

Achtung

Hohlflächen der Region werden ignoriert. Es darf nur eine Region übergeben werden und die muss genau eine Zusammenhangskomponente haben.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Zu transformierende Region.
- ▷ **Row** (output_control) ..... chain.begin.y ⇝ *integer*
  Zeile des Startpunktes.
- ▷ **Column** (output_control) ..... chain.begin.x ⇝ *integer*
  Spalte des Startpunktes.
- ▷ **Chain** (output_control) ..... chain.code-array ⇝ *integer*
  Richtungscode der Kontur (ab Startpunkt).
  Wertebereich: $0 \leq$ Chain ≤ 7

Ergebnis

get_region_chain liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Wird mehr als eine Zusammenhangskomponente übergeben, wird ein Exception ausgelöst. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei leerer Region (die Region ist die leere Menge) wird mit set_system ('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

sobel_amp, threshold, skeleton, edges_image, gen_rectangle1, gen_circle

Nachfolger

approx_chain, approx_chain_simple

Siehe auch

copy_obj, get_region_contour, get_region_polygon

Modul

Foundation

hamming_change_region (InputRegion : OutputRegion : Width, Height, Distance :)

Erzeugen einer Region mit vorgegebenem Hamming-Abstand.

hamming_change_region ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

hamming_change_region verändert die Regionen in dem linken oberen Bildausschnitt (der Größe Width x Height) so, dass die entstehenden Regionen zu den Eingabedaten den Hamming-Abstand Distance haben. Dazu werden Distance Punkte zur jeweiligen Eingaberegion hinzugefügt bzw. aus ihr entfernt.

Achtung

Wenn Width und Height zu groß gewählt werden, benötigt die erzeugte Region viel Speicherplatz.

Parameter

- ▷ **InputRegion** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu modifizierenden Regionen.
- ▷ **OutputRegion** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, die den angegebenen Hamming-Abstand haben.
- ▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Horizontale Ausdehnung des zu ändernden Bereichs.
  Default: 100
  Wertevorschläge: Width ∈ {64, 128, 256, 512}
  Wertebereich: 1 ≤ Width ≤ 512 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
  Restriktion: Width > 0
- ▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Vertikale Ausdehnung des zu ändernden Bereichs.
  Default: 100
  Wertevorschläge: Height ∈ {64, 128, 256, 512}
  Wertebereich: 1 ≤ Height ≤ 512 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
  Restriktion: Height > 0
- ▷ **Distance** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Hamming-Abstand zwischen den alten und den neuen Regionen.
  Default: 1000
  Wertevorschläge: Distance ∈ {100, 500, 1000, 5000, 10000}
  Wertebereich: 0 ≤ Distance ≤ 10000 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
  Restriktion: Distance >= 0 && Distance < Width * Height

Komplexität

Speicherplatzkomplexität der erzeugten Region in Byte (worst case): $O(2 * \text{Width} * \text{Height})$.

Ergebnis

hamming_change_region liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameterwerte korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

connection, regiongrowing, pouring, class_ndim_norm

Nachfolger

`select_shape`

Siehe auch

`hamming_distance`

Modul

Foundation

interjacent (Region : RegionInterjacent : Mode :)

Unterteilen der Bildebene mittels vorgegebener Regionen.

`interjacent` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

`interjacent` unterteilt die Bildebene mittels der Regionen in `Region`. Als Ergebnis wird eine Ausgaberegion mit den ermittelten Trennlinien zurückgeliefert. Es stehen dafür drei verschiedene Modi zur Verfügung:

'medial_axis' Dieser Modus wird für Eingaberegionen verwendet, die sich nicht berühren. Die Prozedur findet dann Trennlinien zwischen den Regionen, die den Hintergrund „gerecht“ zwischen den Eingaberegionen aufteilt. Ihre Anwendung entspricht der Ausführung folgender Befehlssequenz:

Beispiel:

```
complement('full',Region,Tmp)
skeleton(Tmp,Result)
```

'border' Für einander nicht berührende Eingaberegionen entspricht die Prozedur in diesem Modus `boundary (Region,Result)`, ersetzt also jeder Eingaberegion durch ihre Kontur. Einander berührende Eingaberegionen werden zu einer Region zusammengefasst. Die zugehörige Ausgaberegion umfasst dann deren Kontur und die (ein Pixel breite) Trennlinie zwischen den ursprünglichen Regionen. `interjacent` führt in diesem Fall also folgende Einzelschritte durch:

Beispiel:

```
boundary(Region,Tmp1,'inner')
union1(Tmp1,Tmp2)
skeleton(Tmp2,Result)
```

'mixed' In diesem Modus verhält sich `interjacent` für einander nicht berührende Eingaberegionen wie im Modus *'medial_axis'*. Kommt es zu einer Berührung, werden zwar wiederum Trennlinien zwischen den Eingaberegionen als Ausgaberegionen erzeugt, nun aber inklusive der „Berührungslinie“ der Regionen. Einander berührende Regionen werden also (durch eine Linie in der Ausgaberegion) „getrennt“. Dies entspricht der Anweisungssequenz:

Beispiel:

```
erosion1(Region,Mask,Tmp1,1)
union1(Tmp1,Tmp2)
complement(full,Tmp2,Tmp3)
skeleton(Tmp3,Result)
```

wobei Mask folgende „Kreuzmaske“ bezeichnet:

Parameter

▷ **`Region`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Eingaberegionen, zwischen deren Regionen Trennlinien gefunden werden sollen.

▷ **`RegionInterjacent`** (output_object) ..... region ⇝ *object*
Eine Ausgaberegion mit den ermittelten Trennlinien als Region.

▷ **`Mode`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Gewünschter Modus.
Default: 'mixed'
Werteliste: `Mode` ∈ {'medial_axis', 'border', 'mixed'}

Beispiel

```
read_image(Image,'forest_air1')
mean_image(Image,Mean,31,31)
dyn_threshold(Image,Mean,Seg,20,'light')
interjacent(Seg,Graph,'medial_axis')
dev_display(Graph)
```

Ergebnis

`interjacent` liefert normalerweise den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)`, das bei leerer Region mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` und das bei leerer Ergebnisregion mit `set_system('store_empty_region',<'true'/'false'>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`threshold`, `connection`, `regiongrowing`, `pouring`

Nachfolger

`select_shape`, `disp_region`

Siehe auch

`expand_region`, `junctions_skeleton`, `boundary`

Modul

Foundation

17.10 Segmentation

`bin_threshold` `( Image : Region : : )`

Segmentieren eines Bildes mit automatisch gewählter Schwelle.

`bin_threshold` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Der Operator wird mit HALCON 25.11 entfernt. Neue Applikationen sollten stattdessen den Operator `binary_threshold` verwenden.

`bin_threshold` segmentiert ein einkanaliges Bild mittels eines automatisch bestimmten Schwellenwertes. Als erstes wird dabei das relative Histogramm über den Grauwerten ermittelt. Dann werden im Histogramm relevante Minima gesucht, die als Schwellen für die Schwellenwertsegmentierung dienen. Um die Anzahl der Minima zu reduzieren, wird das Histogramm wie bei `auto_threshold` mit einer Gaußmaske geglättet. Die Maske wird dabei so lange vergrößert, bis nur noch ein Minimum vorhanden ist. Ausgewählt werden die Grauwerte von Null bis zu diesem Minimum oder für real Bilder den kleinsten Wert zu dem minimalen Wert. Das Verfahren ist z.B. für die Segmentierung von dunklen Buchstaben auf hellem Papier geeignet.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Eingabebild.

▷ **`Region`** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Dunkle Bereiche des Bildes.

Beispiel

```
read_image (Image, 'letters')
bin_threshold (Image, Seg)
connection (Seg, Connected)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Modul

Foundation

expand_line (Image : RegionExpand : Coordinate, ExpandType, RowColumn, Threshold :)

Expandieren ausgehend von einer Linie.

expand_line ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

expand_line erzeugt eine Region durch Expansion, ausgehend von einer Linie (Zeile oder Spalte). Die Expansion wird beendet, sobald der betrachtete Grauwert um mehr als Threshold vom Mittelwert entlang der Linie (ExpandType = *'mean'*) oder vom zuletzt hinzugefügten Grauwert (ExpandType = *'gradient'*) abweicht.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
  Eingabebild.
- ▷ **RegionExpand** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Gefundenes Segmente.
- ▷ **Coordinate** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Koordinate der Zeile oder Spalte.
  Default: 256
  Wertevorschläge: Coordinate ∈ {16, 64, 128, 200, 256, 300, 400, 511}
  Restriktion: Coordinate >= 0
- ▷ **ExpandType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Kriterium für Abbruch.
  Default: 'gradient'
  Werteliste: ExpandType ∈ {'gradient', 'mean'}
- ▷ **RowColumn** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Segmentierungsmodus (Zeile oder Spalte).
  Default: 'row'
  Werteliste: RowColumn ∈ {'row', 'column'}
- ▷ **Threshold** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Schwellenwert für Ausdehnung.
  Default: 3.0
  Wertevorschläge: Threshold ∈ {0.0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0, 13.0, 17.0, 20.0, 30.0}
  Wertebereich: 0 ≤ Threshold ≤ 255 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1.0
  Empfohlene Schrittweite: 1.0

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
```

```
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"
using namespace Halcon;

int main (int argc, char *argv[])
{
  HImage   image (argv[1]),
           gauss;
  HWindow  win;

  win.SetDraw ("margin");
  win.SetColored (12);

  image.Display (win);

  gauss = image.GaussImage (5);

  HRegionArray reg = gauss.ExpandLine (100, "mean", "row", 5.0);

  reg.Display (win);
  win.Click ();

  return (0);
}
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

binomial_filter, gauss_filter, smooth_image, anisotropic_diffusion, median_image, affine_trans_image, rotate_image

Nachfolger

intersection, opening, closing

Alternativen

regiongrowing_mean, expand_gray, expand_gray_ref

Modul

Foundation

17.11 Steuerung

ifelse (: : Condition :)

Bedingte Anweisung mit Alternative.

ifelse ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Bitte nur noch den Operator if verwenden.

ifelse stellt eine bedingte Anweisung mit Alternative dar. Falls die Bedingung wahr ist (also ungleich *0*), werden alle Aufrufe bis zum nächsten Operator else ausgeführt. Ist die Bedingung falsch (also *0*), wird der Programmteil zwischen else und endif ausgeführt. Es ist zu beachten, dass der Operator ifelse als if im Programmeditor dargestellt wird.

Parameter

▷ **Condition** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Bedingung für die if-Anweisung.
Default: 1

Ergebnis

Enthält die Bedingung einen korrekten Ausdruck, dann liefert `ifelse` (als Operator) den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Alternativen

`if`

Siehe auch

`else`, `elseif`, `for`, `while`, `repeat`, `until`

Modul

Foundation

17.12 Tools

```
approx_chain ( : : Row, Column, MinWidthCoord, MaxWidthCoord,
    ThreshStart, ThreshEnd, ThreshStep, MinWidthSmooth,
    MaxWidthSmooth, MinWidthCurve, MaxWidthCurve, Weight1, Weight2,
    Weight3 : ArcCenterRow, ArcCenterCol, ArcAngle, ArcBeginRow,
    ArcBeginCol, LineBeginRow, LineBeginCol, LineEndRow, LineEndCol,
    Order )
```

Approximation einer Kontur durch Bögen und Linien.

`approx_chain` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

Die Koordinaten einer Kurve werden durch eine Folge von Linien und Kreisbögen approximiert. Das Verfahren durchläuft dabei für bestimmte Parameter Wertebereiche. In der Parameterliste der Funktion werden die Grenzen dieser Bereiche explizit angegeben (MinWidthCoord ... MaxWidthCoord, ThreshStart ... ThreshEnd, MinWidthSmooth ... MaxWidthSmooth, MinWidthCurve ... MaxWidthCurve). Zusätzlich muss für den Parameterbereich des Schwellenwertes für spitze Ecken auch die Schrittweite angegeben werden (ThreshStep). Durch Einengung der durchlaufenen Bereiche kann die Laufzeit der Berechnung verkürzt, das Ergebnis aber eventuell verschlechtert werden.

Durch die Parameter Weight1, Weight2 und Weight3 kann angegeben werden, ob die gewünschte Gewichtung mehr auf Genauigkeit der Approximation oder Erhalt möglichst vieler großer oder möglichst weniger kleiner Segmente liegt. Für (Weight1,Weight2,Weight3) erzeugt also (1,0,0) eine sehr genaue Approximation (0,1,1) eine Approximation mit möglichst wenigen und großen Segmenten.

Das Ergebnis des Verfahren wird getrennt nach Bögen und Linien zurückgegeben. Ist man an der Reihenfolge der Segmente interessiert, so können die einzelnen Ergebniselemente sukzessive aus den Ergebnistupeln ausgelesen werden, wobei dem Rückgabeparameter Order die Reihenfolge entnommen werden kann (0: nächstes Element ist nächstes Liniensegment, 1: nächstes Element ist nächstes Bogensegment).

Achtung

Konturen, die eventuell nur aus einem Segment bestehen können, sollten auch mit einem Schwellenwertmaximum (ThreshEnd) > 1.0 untersucht werden, da ansonsten auf jeden Fall mindestens ein „Eckpunkt“ bestimmt wird.

Parameter

▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *integer*
Zeilenwert der Kontur.
Default: 32

▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *integer*
Spaltenwert der Kontur.
Default: 32

▷ **MinWidthCoord** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Minimale Breite des Gaußoperators zur Koordinatenglättung (> 0.4).
Default: 0.5
Wertevorschläge: MinWidthCoord ∈ {0.5, 0.7, 1.0, 1.2, 1.5, 1.7}
Wertebereich: 0.4 ≤ MinWidthCoord ≤ 3.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **MaxWidthCoord** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximale Breite des Gaußoperators zur Koordinatenglättung.
Default: 2.4
Wertevorschläge: MaxWidthCoord ∈ {0.5, 0.7, 1.0, 1.2, 1.5, 1.7}
Wertebereich: 0.4 ≤ MaxWidthCoord ≤ 3.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **ThreshStart** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Minimaler Schwellenwert der Krümmung für die Akzeptanz einer Ecke (relativ zur größten auftretenden Krümmung).
Default: 0.3
Wertevorschläge: ThreshStart ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8}
Wertebereich: 0.1 ≤ ThreshStart ≤ 0.9 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **ThreshEnd** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximaler Schwellenwert der Krümmung für die Akzeptanz einer Ecke (relativ zur größten auftretenden Krümmung).
Default: 0.9
Wertevorschläge: ThreshEnd ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8}
Wertebereich: 0.1 ≤ ThreshEnd ≤ 0.9 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **ThreshStep** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Schrittweite für den Schwellenwertanstieg.
Default: 0.2
Wertevorschläge: ThreshStep ∈ {0.3, 0.4, 0.5}
Wertebereich: 0.1 ≤ ThreshStep ≤ 0.9 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **MinWidthSmooth** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Minimale Breite des Gaußoperators zur Glättung der Krümmungsfunktion (> 0.4).
Default: 0.5
Wertevorschläge: MinWidthSmooth ∈ {0.5, 0.7, 1.0, 1.2, 1.5, 1.7}
Wertebereich: 0.4 ≤ MinWidthSmooth ≤ 3.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **MaxWidthSmooth** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximale Breite des Gaußoperators zur Glättung der Krümmungsfunktion.
Default: 2.4
Wertevorschläge: MaxWidthSmooth ∈ {0.5, 0.7, 1.0, 1.2, 1.5, 1.7}
Wertebereich: 0.4 ≤ MaxWidthSmooth ≤ 3.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **MinWidthCurve** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Minimale Breite des Kurvenbereichs zur Krümmungsbestimmung (> 0).
Default: 2
Wertevorschläge: MinWidthCurve ∈ {2, 5, 7}
Wertebereich: 1 ≤ MinWidthCurve ≤ 12 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **MaxWidthCurve** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Maximale Breite des Kurvenbereichs zur Krümmungsbestimmung.
Default: 12
Wertevorschläge: `MaxWidthCurve` ∈ {2, 5, 7}
Wertebereich: 1 ≤ `MaxWidthCurve` ≤ 20 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **Weight1** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Gewichtungsfaktor für die Approximationsgenauigkeit.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Weight1` ∈ {0.0, 0.5, 1.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ `Weight1` ≤ 1.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.1
Empfohlene Schrittweite: 0.5

▷ **Weight2** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Gewichtungsfaktor für große Segmente.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Weight2` ∈ {0.0, 0.5, 1.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ `Weight2` ≤ 1.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.1
Empfohlene Schrittweite: 0.5

▷ **Weight3** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Gewichtungsfaktor für kleine Segmente.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `Weight3` ∈ {0.0, 0.5, 1.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ `Weight3` ≤ 1.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.1
Empfohlene Schrittweite: 0.5

▷ **ArcCenterRow** (output_control) ..... arc.center.y-array ⇝ *integer*
Zeile des Mittelpunkts eines Bogens.

▷ **ArcCenterCol** (output_control) ..... arc.center.x-array ⇝ *integer*
Spalte des Mittelpunkts eines Bogens.

▷ **ArcAngle** (output_control) ..... arc.angle.rad-array ⇝ *real*
Winkel eines Bogens.

▷ **ArcBeginRow** (output_control) ..... arc.begin.y-array ⇝ *integer*
Zeile des Startpunkts eines Bogens.

▷ **ArcBeginCol** (output_control) ..... arc.begin.x-array ⇝ *integer*
Spalte des Startpunkts eines Bogens.

▷ **LineBeginRow** (output_control) ..... line.begin.y-array ⇝ *integer*
Zeile des Startpunkts einer Linie.

▷ **LineBeginCol** (output_control) ..... line.begin.x-array ⇝ *integer*
Spalte des Startpunkts einer Linie.

▷ **LineEndRow** (output_control) ..... line.end.y-array ⇝ *integer*
Zeile des Endpunkts einer Linie.

▷ **LineEndCol** (output_control) ..... line.end.x-array ⇝ *integer*
Spalte des Endpunkts einer Linie.

▷ **Order** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Reihenfolge von Linien- (Wert 0) und Bogensegmenten (Wert1).

Beispiel

```
/* read edge image  */
read_image(&Image,"fig1_kan");
/* construct edge region  */
hysteresis_threshold(Image,&RK1,64,255,40,1);
connection(RK1,&Rand);
/* fetch chain code  */
T_get_region_contour(Rand,&Rows,&Columns);
```

```
firstline = get_i(Tline,0);
firstcol = get_i(Tcol,0);
/* approximation with lines and circular arcs */
set_d(t1,0.4,0);
set_d(t2,2.4,0);

set_d(t3,0.3,0);
set_d(t4,0.9,0);

set_d(t5,0.2,0);

set_d(t6,0.4,0);
set_d(t7,2.4,0);

set_i(t8,2,0);
set_i(t9,12,0);

set_d(t10,1.0,0);
set_d(t11,1.0,0);
set_d(t12,1.0,0);

T_approx_chain(Rows,Columns,t1,t2,t3,t4,t5,t6,t7,t8,t9,t10,t11,t12,
                &Bzl,&Bzc,&Br,&Bwl,&Bwc,&Ll0,&Lc0,&Ll1,&Lc1,&order);
nob = length_tuple(Bzl);
nol = length_tuple(Ll0);
/* draw lines and arcs */
set_i(WindowHandleTuple,WindowHandle,0);
set_line_width(WindowHandle,4);
if (nob>0) T_disp_arc(Bzl,Bzc,Br,Bwl,Bwc);
set_line_width(WindowHandle,1);
if (nol>0) T_disp_line(WindowHandleTuple,Ll0,Lc0,Ll1,Lc1);
```

Ergebnis

`approx_chain` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`sobel_amp`, `edges_image`, `get_region_contour`, `threshold`, `hysteresis_threshold`

Nachfolger

`set_line_width`, `disp_arc`, `disp_line`

Alternativen

`get_region_polygon`, `approx_chain_simple`

Siehe auch

`get_region_chain`, `smallest_circle`, `disp_circle`, `disp_line`

Modul

Foundation

approx_chain_simple (: : Row, Column : ArcCenterRow, ArcCenterCol, ArcAngle, ArcBeginRow, ArcBeginCol, LineBeginRow, LineBeginCol, LineEndRow, LineEndCol, Order)

Approximation einer Kontur durch Bögen und Linien.

approx_chain_simple ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

Die Koordinaten einer Kurve werden durch eine Folge von Linien und Kreisbögen approximiert.

Das Ergebnis des Verfahren wird getrennt nach Bögen und Linien zurückgegeben. Ist man an der Reihenfolge der Segmente interessiert, so können die einzelnen Ergebniselemente sukzessive aus den Ergebnistupeln ausgelesen werden, wobei dem Rückgabeparameter Order die Reihenfolge entnommen werden kann (0: nächstes Element ist nächstes Liniensegment, 1: nächstes Element ist nächstes Bogensegment).

approx_chain_simple verhält sich ähnlich wie approx_chain nur bei approx_chain_simple sind die fehlende Parameter intern wie folgt belegt: MinWidthCoord = 1.0, MaxWidthCoord = 3.0, ThreshStart = 0.5, ThreshEnd = 0.9, ThreshStep = 0.3, MinWidthSmooth = 1.0, MaxWidthSmooth = 3.0, MinWidthCurve = 2, MaxWidthCurve = 9, Weight1 = 1.0, Weight2 = 1.0, Weight3 = 1.0.

Parameter

- ▷ **Row** (input_control) ..... point.y-array ⇝ *integer*
  Zeilenwert der Kontur.
  Default: 32
- ▷ **Column** (input_control) ..... point.x-array ⇝ *integer*
  Spaltenwert der Kontur.
  Default: 32
- ▷ **ArcCenterRow** (output_control) ..... arc.center.y-array ⇝ *integer*
  Zeile des Mittelpunkts eines Bogens.
- ▷ **ArcCenterCol** (output_control) ..... arc.center.x-array ⇝ *integer*
  Spalte des Mittelpunkts eines Bogens.
- ▷ **ArcAngle** (output_control) ..... arc.angle.rad-array ⇝ *real*
  Winkel eines Bogens.
- ▷ **ArcBeginRow** (output_control) ..... arc.begin.y-array ⇝ *integer*
  Zeile des Startpunkts eines Bogens.
- ▷ **ArcBeginCol** (output_control) ..... arc.begin.x-array ⇝ *integer*
  Spalte des Startpunkts eines Bogens.
- ▷ **LineBeginRow** (output_control) ..... line.begin.y-array ⇝ *integer*
  Zeile des Startpunkts einer Linie.
- ▷ **LineBeginCol** (output_control) ..... line.begin.x-array ⇝ *integer*
  Spalte des Startpunkts einer Linie.
- ▷ **LineEndRow** (output_control) ..... line.end.y-array ⇝ *integer*
  Zeile des Endpunkts einer Linie.
- ▷ **LineEndCol** (output_control) ..... line.end.x-array ⇝ *integer*
  Spalte des Endpunkts einer Linie.
- ▷ **Order** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Reihenfolge von Linien- (Wert 0) und Bogensegmenten (Wert1).

Beispiel

```
/* read edge image */
read_image(&Image,"fig1_kan");
/* construct edge region */
hysteresis_threshold(Image,&RK1,64,255,40,1);
connection(RK1,&Rand);
/* fetch chain code */
T_get_region_contour(Rand,&Rows,&Columns);
firstline = get_i(Tline,0);
firstcol = get_i(Tcol,0);
```

```
/* approximation with lines and circular arcs */
T_approx_chain_simple(Rows,Columns,
                      &Bzl,&Bzc,&Br,&Bwl,&Bwc,&Ll0,&Lc0,&Ll1,&Lc1,&order);
nob = length_tuple(Bzl);
nol = length_tuple(Ll0);
/* draw lines and arcs */
set_i(WindowHandleTuple,WindowHandle,0);
set_line_width(WindowHandle,4);
if (nob>0) T_disp_arc(Bzl,Bzc,Br,Bwl,Bwc);
set_line_width(WindowHandle,1);
if (nol>0) T_disp_line(WindowHandleTuple,Ll0,Lc0,Ll1,Lc1);
```

Ergebnis

`approx_chain_simple` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`sobel_amp`, `edges_image`, `get_region_contour`, `threshold`, `hysteresis_threshold`

Nachfolger

`set_line_width`, `disp_arc`, `disp_line`

Alternativen

`get_region_polygon`, `approx_chain`

Siehe auch

`get_region_chain`, `smallest_circle`, `disp_circle`, `disp_line`

Modul

Foundation

distance_funct_1d (: : Function1, Function2, Mode, Sigma : Distance)

Abstand zweier Funktionen.

`distance_funct_1d` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

`distance_funct_1d` berechnet den Abstand zweier Funktionen. Die beiden Funktionen können verschieden lang sein.

Parameter

▷ **`Function1`** (input_control) ..... function_1d ⇝ *real* / integer
Eingabefunktion 1.

▷ **`Function2`** (input_control) ..... function_1d ⇝ *real* / integer
Eingabefunktion 2.

▷ **`Mode`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Art der Invarianten.
Default: 'length'
Werteliste: `Mode` ∈ {'length', 'mean'}

▷ **`Sigma`** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
Standardabweichung der optionalen Gaußglättung
Default: 0.0
Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0, 30.0, 40.0, 50.0}

▷ **Distance** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real* / integer
Abstand der Funktionen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

filter_kalman (: : Dimension, Model, Measurement,
PredictionIn : PredictionOut, Estimate)

Schätzung des aktuellen Zustands eines Systems mittels Kalman-Filterung.

filter_kalman ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

filter_kalman liefert eine Schätzung des aktuellen Zustands (oder auch eine Prädiktion des künftigen Zustandes) eines diskreten, stochastisch gestörten, linearen Systems. Kalman-Filter werden im Bereich der Bildverarbeitung insbesondere erfolgreich bei der Bildfolgenanalyse eingesetzt (Hintergrund-Erkennung, Fahrbahnverfolgung mittels Linienverfolgung oder mittels Regionen-Analyse etc.). Im folgenden wird zunächst eine kurze Einführung in die Theorie der Kalman-Filter gegeben. Im Anschluss daran wird dann die Routine filter_kalman selbst beschrieben.

KALMAN-FILTER: Ein diskretes, stochastisch gestörtes, lineares System wird durch folgende Kenngrößen charakterisiert:

- Status $x(t)$: Beschreibt den momentanen Zustand des Systems (Geschwindigkeiten, Temperaturen,...)
- Stellgröße $u(t)$: Eingaben von außen in das System
- Messwerte $y(t)$: Messwerte, die durch Beobachtung des Systems gewonnen werden. Sie spiegeln den Systemzustand (oder zumindest Teile davon) wider.
- Eine Ausgabefunktion, die die Abhängigkeit der Messwerte vom Status beschreibt.
- Eine Übergangsfunktion, die angibt, wie sich der Status in Abhängigkeit von der Zeit, seinem momentanen Wert und den Stellgrößen verändert.

Die Ausgabefunktion und die Übergangsfunktion sind linear. Ihre Anwendung kann daher als Matrix-Multiplikation geschrieben werden.

Die Übergangsfunktion wird durch die Übergangsmatrix $A(t)$ und die Stellmatrix $G(t)$ beschrieben, die Ausgangsfunktion durch die Messmatrix $C(t)$. $A(t)$ charakterisiert dabei die Abhängigkeit des neuen vom alten Systemstatus, $G(t)$ die Abhängigkeit von den Stellgrößen. In der Praxis ist es selten möglich (oder zumindest zu aufwendig), ein reales System und sein Verhalten in sich geschlossen exakt zu beschreiben. Insbesondere beschränkt man sich in der Regel auf eine relativ kleine Zahl von Variablen zur Darstellung des Systemverhaltens. Daraus resultiert ein Fehler, der sogenannte Systemfehler (der auch Systemstörung genannt wird) $v(t)$. Auch die Ausgabefunktion ist im allgemeinen nicht exakt. Jede Messung ist fehlerbehaftet. Die Messfehler seien mit $w(t)$ bezeichnet. Damit ergeben sich folgende Systemgleichungen:

$$\begin{aligned} x(t+1) &= A(t)x(t) + G(t)u(t) + v(t) \\ y(t) &= c(t)x(t) + w(t) \end{aligned}$$

Die System- und Messfehler $v(t)$ und $w(t)$ sind unbekannt. Sie werden bei den im Zusammenhang mit Kalman-Filterung betrachteten Systemen als gaußverteilte Zufallsvektoren betrachtet (daher die Bezeichnung „stochastisch gestörte Systeme“). Somit wird das System berechenbar, wenn die zu $v(t)$ und $w(t)$ gehörigen Erwartungswerte und Kovarianzmatrizen bekannt sind.

Die Schätzung des Systemzustandes erfolgt wie in der Gauß-Markov- Schätzung. Der Kalman-Filter ist jedoch ein rekursiver Algorithmus, der sich nur auf die aktuellen Messwerte $y(t)$ und den letzten Status $x(t)$ stützt. Letzterer enthält implizit das Wissen um früher bereits angefallenen Messwerte.

Für den Startwert $x(0)$ ist ein geeigneter Schätzwert x_0 anzugeben, der als Erwartungswert einer Zufallsvariable für $x(0)$ aufgefasst wird. Deren Fehler habe die Erwartung 0 und die Kovarianzmatrix P_0, die ebenfalls anzugeben ist. Zum Zeitpunkt t sei der Erwartungswert der Störungen $v(t)$ und $w(t)$ jeweils 0 und ihre Kovarianzmatrizen seien $Q(t)$ und $R(t)$. $x(t)$, $v(t)$ und $w(t)$ werden meist als unkorreliert angenommen (es sind auch beliebige Rauschprozesse modellierbar - die Erstellung der benötigten Matrizen durch den Anwender ist dann allerdings deutlich aufwendiger). An die gesuchten Schätzwerte x^t werden folgende Bedingungen gestellt:

- Die Schätzwerte x^t hängen linear vom tatsächlichen Wert $x(t)$ und der Messwertfolge $y(0), y(1), \cdots, y(t)$ ab.
- x^t sei erwartungstreu, d.h. $Ex^t = Ex(t)$.
- Als Gütekriterium erfülle x^t das Kriterium der minimalen Varianz, d.h. die Varianz des Schätzfehlers, definiert als $x(t) - x^t$, sei minimal.

Der Kalman-Filter führt nach der Initialisierung

$$\hat{x}(0) = x_0, \hat{P}(0) = P_0$$

zu jedem Zeitpunkt t folgende Berechnungsschritte aus:

$$\begin{array}{lrcl}
(K-III) & K(t) & = & \frac{\hat{P}(t)C'(t)}{C(t)\hat{P}(t)C'(t)+R(t)} \\
(K-IV) & x^t & = & \hat{x}(t) + K(t)(y(t) - C(t)\hat{x}(t)) \\
(K-V) & \tilde{P}(t) & = & \hat{P}(t) - K(t)C(t)\hat{P}(t) \\
(K-I) & \hat{x}(t+1) & = & A(t)x^t + G(t)u(t) \\
(K-II) & \hat{P}(t+1) & = & A(t)\tilde{P}(t)A'(t) + Q(t)
\end{array}$$

Dabei ist $\tilde{P}(t)$ die Kovarianzmatrix des Schätzfehlers, $\hat{x}(t)$ der Extrapolations- bzw. Prädiktionswert des Zustands, $\hat{P}(t)$ die Kovarianzen des Prädiktionsfehlers $\hat{x} - x$, K die Verstärkungsmatrix (das sogenannte Kalman-gain) und X' die Transponierte einer Matrix X. Hingewiesen sei an dieser Stelle auch auf die Möglichkeit der Vorhersage (Prädiktion) des Folgezustandes durch Gleichung (K-I). Dies ist z.B. in der Bildverarbeitung mitunter sehr nützlich, um „regions of interest“ im Folgebild zu bestimmen.

Wie oben erwähnt, ist die Modellierung beliebiger Rauschprozesse mitunter sehr aufwendig. Ist beispielsweise das System- und das Messrauschen korreliert mit entsprechender Kovarianzmatrix L, sind die Gleichungen für das Kalman-gain und die Fehler-Kovarianzmatrix zu modifizieren:

$$\begin{array}{lrcl}
(K-III) & K(t) & = & \frac{\hat{P}(t)C'(t)+L(t)}{C(t)\hat{P}(t)+C(t)l(t)+L'C'(t)+R(t)} \\
(K-V) & \tilde{P}(t) & = & (\hat{P}(t) - K(t)C(t)\hat{P}(t))\hat{P}(t) - K(t)L(t)
\end{array}$$

Es ist nun Aufgabe des Benutzers, die linearen Systemgleichungen (K-I) bis (K-V) - in Abhängigkeit vom konkreten Problem - aufzustellen. Er muss also ein der Problemlösung zugrundeliegendes mathematisches Modell entwickeln. Statistische Größen, die die Ungenauigkeiten seines Systems und die die zu erwartenden Messfehler beschreiben, müssen dabei geschätzt werden, wenn sie sich nicht exakt berechnen lassen. Im einzelnen sind also folgende Schritte nötig:

1. Aufstellen eines mathematischen Modells
2. Auswahl charakteristischer Zustandsvariablen
3. Aufstellen der Gleichungen, die die Änderung dieser Zustandsvariablen beschreiben und Linearisierung derselben (Matrizen A und G)
4. Aufstellung der Gleichungen, die die Abhängigkeit der Messwerte des Systems von den Zustandsvariablen beschreiben und Linearisierung derselben (Matrix C)
5. Aufstellung oder Schätzung statistischer Abhängigkeiten zwischen den Systemstörungen (Matrix Q)
6. Aufstellung oder Schätzung statistischer Abhängigkeiten zwischen den Messfehlern (Matrix R)
7. Initialisierung des Anfangszustandes

Die Initialisierung des Systems (Punkt 7) verlangt dabei, wie oben erwähnt, die Angabe einer Schätzung x_0 des Systemzustandes zum Zeitpunkt 0 und der zugehörigen Kovarianzmatrix P_0. Ist der exakte Anfangszustand nicht bekannt, empfiehlt es sich, die Komponenten des Vektors x_0 auf die Mittelwerte der jeweiligen Wertebereiche zu setzen und hohe Werte in P_0 einzutragen (in der Größenordnung der Quadrate der Wertebereiche). Nach einigen Iterationen (wenn die Zahl der insgesamt akkumulierten Messwerte größer geworden ist als die Zahl der Systemgrößen), erhält man auch hier brauchbare Werte. Ist umgekehrt der Anfangszustand exakt bekannt, sind alle Einträge von P_0 auf Null zu setzen - P_0 beschreibt ja die Kovarianzen des Fehlers zwischen dem Schätzwert x_0 und dem tatsächlichen Wert $x(0)$.

DIE FILTER-ROUTINE:

Eine Kalman-Filterung hängt von einer Reihe von Daten ab, die sich in vier Gruppen gliedern lassen:

Modellparameter: Übergangsmatrix A, Steuermatrix G mit der Stellgröße u und Messmatrix C)

Modellstochastik: Systemfehler-Kovarianzmatrix Q, Systemfehler-Messfehler- Kovarianzmatrix L und Messfehler-Kovarianzmatrix R)

Messvektor: y

Systemvergangenheit: Extrapolationsvektor $\hat{x}$ und Extrapolationsfehler-Kovarianzmatrix $\hat{P}$

Viele Systeme kommen dabei ohne Eingaben „von außen“ und damit ohne G und u aus. Außerdem sind im Normalfall System- und Messfehler unkorreliert (L entfällt).

Konkret werden die benötigten Daten der Routine durch folgende Parameter übergeben:

`Dimension`: Dieser Parameter enthält die Dimensionen von Status-, Mess- und Stellvektor. `Dimension` ist somit ein Vektor $[n, m, p]$, wobei n die Anzahl der Zustandsvariablen, m die Anzahl der Messwerte und p die Anzahl der Stellglieder ist. Für ein System ohne deterministische Steuerung (d.h. ohne Einfluss „von außen“) ist folglich $[n, m, 0]$ zu übergeben.

`Model`: Dieser Parameter enthält hintereinandergehängt die zeilenweise linearisierten Matrizen (Vektoren) A, C, Q, G, u und (gegebenenfalls) L. `Model` ist also ein Vektor der Länge $n \times n + n \times m + n \times n + n \times p + p[+n \times m]$. Der letzte Summand entfällt, falls System- und Messfehler unkorreliert sind, d.h. kein L anzugeben ist.

`Measurement`: Dieser Parameter enthält hintereinandergehängt die zeilenweise linearisierte Matrix R und den Messvektor y. `Measurement` ist also ein Vektor der Dimension $m \times m + m$.

`PredictionIn` / `PredictionOut`: Diese Parameter enthalten hintereinandergehängt die zeilenweise linearisierte Matrix $\hat{P}$ (die Extrapolationsfehler-Kovarianzmatrix) und den Extrapolationsvektor $\hat{x}$, sind also Vektoren der Länge $n \times n + n$. `PredictionIn` ist ein Eingabeparameter, der $\hat{P}(t)$ und $\hat{x}(t)$ zum aktuellen Zeitpunkt t enthalten muss. In `PredictionOut` liefert die Routine dann die entsprechenden Vorhersagen $\hat{P}(t+1)$ und $\hat{x}(t+1)$.

`Estimate`: In Diesem Parameter liefert die Routine hintereinandergehängt die zeilenweise linearisierte Matrix $\tilde{P}$ (die Schätzfehler-Kovarianzmatrix) und den geschätzten Zustand $\tilde{x}$. `Estimate` ist daher ein Vektor der Länge $n \times n + n$.

Zu beachten ist dabei, dass Kovarianzmatrizen ($Q, R, \hat{P}, \tilde{P}$) naturgemäß symmetrisch sein müssen.

Parameter

▷ **`Dimension`** (input_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Die Dimensionen von Status-, Mess- und Stellvektor.
Default: [3,1,0]
Wertebereich: $0 \leq$ `Dimension` ≤ 30

▷ **`Model`** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
Hintereinandergehängt die zeilenweise linearisierten Matrizen A, C, Q, eventuell G und u und gegebenenfalls L.
Default: [1.0,1.0,0.5,0.0,1.0,1.0,0.0,0.0,1.0,1.0,0.0,0.0,54.3,37.9,48.0,37.9,34.3,42.5,48.0,42.5,43.7]
Wertebereich: $0.0 \leq$ `Model` ≤ 10000.0

▷ **`Measurement`** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
Hintereinandergehängt die zeilenweise linearisierte Matrix R und der Messvektor y.
Default: [1.2,1.0]
Wertebereich: $0.0 \leq$ `Measurement` ≤ 10000.0

▷ **PredictionIn** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
Hintereinandergehängt die zeilenweise linearisierte Matrix $\hat{P}$ (die Extrapolationsfehler- kovarianzen) und der Extrapolationsvektor $\hat{x}$.
Default: [0.0,0.0,0.0,0.0,180.5,0.0,0.0,0.0,0.0,100.0,0.0,100.0,0.0]
Wertebereich: 0.0 ≤ `PredictionIn` ≤ 10000.0

▷ **PredictionOut** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Hintereinandergehängt die zeilenweise linearisierte Matrix P∗ (die Extrapolationsfehler- kovarianzen) und der Extrapolationsvektor $\hat{x}$

▷ **Estimate** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Hintereinandergehängt die zeilenweise linearisierte Matrix $\tilde{P}$ (die Schätzfehlerkovarianzen) und der geschätzte Zustand $\tilde{x}$.

Beispiel

```
* Typical procedure:
* To initialize the variables, which describe the model, e.g., with
read_kalman('kalman.init',Dim,Mod,Meas,Pred)

* Generation of the first measurements (typical of the first image of an
* image series) with an appropriate problem-specific procedure (there is a
* fictitious procedure extract_features in example):
* extract_features(Image1,Meas,Meas1)

* first Kalman-Filtering:
filter_kalman(Dim,Mod,Meas1,Pred,Pred1,Est1)

* To use the estimate value (if need be the prediction too)
* with a problem-specific procedure (here use_est):
* use_est(Est1)

* To get the next measurements (e.g., from the next image):
* extract_next_features(Image2,Meas1,Meas2)

* if need be Update of the model parameter (a constant model)
* second Kalman-Filtering:
filter_kalman(Dim,Mod,Meas2,Pred1,Pred2,Est2)
* use_est(Est2)
* extract_next_features(Image3,Meas2,Meas3)
* etc.
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `filter_kalman` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_kalman`

Nachfolger

`update_kalman`

Siehe auch

`read_kalman`, `update_kalman`

Literatur

W.Hartinger: „Entwurf eines anwendungsunabhängigen Kalman-Filters mit Untersuchungen im Bereich der Bildfolgenanalyse“; Diplomarbeit; Technische Universität München, Institut für Informatik, Lehrstuhl Prof. Radig; 1991.

R.E.Kalman: „A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems“; Transactions ASME, Ser.D: Journal of Basic Engineering; Vol. 82, S.34-45; 1960.

R.E.Kalman, P.l.Falb, M.A.Arbib: „Topics in Mathematical System Theory“; McGraw-Hill Book Company, New York; 1969.

K-P. Karmann, A.von Brandt: „Moving Object Recognition Using an Adaptive Background Memory“; Time-Varying Image Processing and Moving Object Recognition 2 (ed.: V. Cappellini), Proc. of the 3rd Interantional Workshop, Florence, Italy, May, 29th - 31st, 1989; Elsevier, Amsterdam; 1990.

Modul

Foundation

intersection_ll (: : RowA1, ColumnA1, RowA2, ColumnA2, RowB1, ColumnB1, RowB2, ColumnB2 : Row, Column, IsParallel)

Berechnen des Schnittpunktes zwischen zwei Geraden.

intersection_ll ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen den Operator intersection_lines aus dem Kapitel Tools / Geometrie verwenden.

intersection_ll berechnet die Koordinaten des Schnittpunktes zwischen zwei Geraden. Als Eingabe werden je zwei Punkte auf den Geraden erwartet (RowA1,ColumnA1, RowA2,ColumnA2) und (RowB1,ColumnB1, RowB2,ColumnB2). Das Ergebnis wird dann in Row und Column übergeben. Falls die Geraden parallel zueinander sind, sind die Werte von Row und Column undefiniert und IsParallel hat den Wert 1. Andernfalls liefert IsParallel den Wert 0.

Achtung

Falls die Geraden parallel zueinander sind, dann sind die Werte von Row und Column undefiniert.

Parameter

- **RowA1** (input_control) . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes der ersten Geraden.
- **ColumnA1** (input_control) . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes der ersten Geraden.
- **RowA2** (input_control) . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der ersten Geraden.
- **ColumnA2** (input_control) . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der ersten Geraden.
- **RowB1** (input_control) . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes der zweiten Geraden.
- **ColumnB1** (input_control) . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate es ersten Punktes der zweiten Geraden.
- **RowB2** (input_control) . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der zweiten Geraden.
- **ColumnB2** (input_control) . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der zweiten Geraden.
- **Row** (output_control) . . . point.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Schnittpunktes.
- **Column** (output_control) . . . point.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Schnittpunktes.
- **IsParallel** (output_control) . . . number(-array) ⇝ *integer*
  Sind die zwei Geraden parallel?

Beispiel

```
dev_set_color ('black')
RowLine1 := 350
ColLine1 := 250
RowLine2 := 300
ColLine2 := 300
Rows := 300
Columns := 50
disp_line (WindowHandle, RowLine1, ColLine1, RowLine2, ColLine2)
n := 0
for Rows := 40 to 200 by 4
  dev_set_color ('red')
  disp_line (WindowHandle, Rows, Columns, Rows+n, Columns+n)
  intersection_ll (Rows, Columns, Rows+n, Columns+n, RowLine1, ColLine1, \
                   RowLine2, ColLine2, Row, Column, IsParallel)
  dev_set_color ('blue')
  disp_line (WindowHandle, Row, Column-2, Row, Column+2)
  disp_line (WindowHandle, Row-2, Column, Row+2, Column)
  n := n+8
endfor
```

Ergebnis

`intersection_ll` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

partition_lines (: : RowBeginIn, ColBeginIn, RowEndIn, ColEndIn, Feature, Operation, Min, Max : RowBeginOut, ColBeginOut, RowEndOut, ColEndOut, FailRowBOut, FailColBOut, FailRowEOut, FailColEOut)

Partitionierung von Linien gemäß verschiedener Kriterien.

`partition_lines` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

`partition_lines` teilt Linien anhand verschiedener Kriterien in zwei Mengen auf. Für jede Eingabelinie werden die angegebenen Merkmale (`Feature`) berechnet. Wenn jedes (`Operation` = *'and'*) oder mindestens eines (`Operation` = *'or'*) der so berechneten Merkmale in den vorgegebenen Grenzen (`Min`,`Max`)l liegt, wird die Linie in die erste Menge (Parameter `RowBeginOut` bis `ColEndOut`) übernommen, andernfalls in die zweite Menge (Parameter `FailRowBOut` bis `FailColEOut`). Mit den Defaultwerten *'min'* beziehungsweise *'max'* der Parameter `Min` und `Max` werden diese Grenzen nach unten beziehungsweise oben offen gelassen.

Bedingung: $Min_i \leq Feature_i(Linie) \leq Max_i$

Mögliche Werte für `Feature`:

'length' (euklidische) Länge der Linie

'row' Zeilenindex des Schwerpunkts

'column' Spaltenindex des Schwerpunkts

'phi' Orientierung der Linie ($-\frac{\pi}{2} < \varphi \leq \frac{\pi}{2}$)

Achtung

Wird nur ein Merkmal verwendet, dann ist der Wert von `Operation` bedeutungslos. Mehrere Merkmale werden in der Reihenfolge abgearbeitet, in der sie übergeben werden.

Parameter

- ▷ **RowBeginIn** (input_control) ..... line.begin.y-array ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinaten der Anfangspunkte der Eingabelinien.
- ▷ **ColBeginIn** (input_control) ..... line.begin.x-array ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinaten der Anfangspunkte der Eingabelinien.
- ▷ **RowEndIn** (input_control) ..... line.end.y-array ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinaten der Endpunkte der Eingabelinien.
- ▷ **ColEndIn** (input_control) ..... line.end.x-array ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinaten der Endpunkte der Eingabelinien.
- ▷ **Feature** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Gewünschte Merkmale.
  Werteliste: `Feature` ∈ {'length', 'row', 'column', 'phi'}
- ▷ **Operation** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Gewünschte Verknüpfung.
  Werteliste: `Operation` ∈ {'and', 'or'}
- ▷ **Min** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Untere Grenzen der Merkmale oder 'min'.
  Default: 'min'
- ▷ **Max** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Obere Grenzen der Merkmale oder 'max'.
  Default: 'max'
- ▷ **RowBeginOut** (output_control) ..... line.begin.y-array ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinaten der Anfangspunkte der Linien, die die Bedingung(en) erfüllen.
- ▷ **ColBeginOut** (output_control) ..... line.begin.x-array ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinaten der Anfangspunkte der Linien, die die Bedingung(en) erfüllen.
- ▷ **RowEndOut** (output_control) ..... line.end.y-array ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinaten der Endpunkte der Linien, die die Bedingung(en) erfüllen.
- ▷ **ColEndOut** (output_control) ..... line.begin.x-array ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinaten der Endpunkte der Linien, die die Bedingung(en) erfüllen.
- ▷ **FailRowBOut** (output_control) ..... line.begin.y-array ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinaten der Anfangspunkte der Linien, die die Bedingung(en) nicht erfüllen.
- ▷ **FailColBOut** (output_control) ..... line.begin.x-array ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinaten der Anfangspunkte der Linien, die die Bedingung(en) nicht erfüllen.
- ▷ **FailRowEOut** (output_control) ..... line.end.y-array ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinaten der Endpunkte der Linien, die die Bedingung(en) nicht erfüllen.
- ▷ **FailColEOut** (output_control) ..... line.end.x-array ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinaten der Endpunkte der Linien, die die Bedingung(en) nicht erfüllen.

Ergebnis

`partition_lines` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameterwerte korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`sobel_amp`, `edges_image`, `threshold`, `hysteresis_threshold`, `split_skeleton_region`, `split_skeleton_lines`

Nachfolger

set_line_width, disp_line

Alternativen

line_orientation, line_position, select_lines, select_lines_longest

Siehe auch

select_lines, select_lines_longest, detect_edge_segments, select_shape

Modul

Foundation

read_kalman (: : FileName : Dimension, Model, Measurement, Prediction)

Einlesen der Beschreibungsdatei eines Kalman-Filters.

read_kalman ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

read_kalman liest die Beschreibungsdatei FileName eines Kalman-Filters. Der Kalman-Filter liefert eine Schätzung des aktuellen Zustands (oder auch eine Prädiktion des künftigen Zustandes) eines diskreten, stochastisch gestörten, linearen Systems. Sie werden im Bereich der Bildverarbeitung insbesondere erfolgreich bei der Bildfolgenanalyse eingesetzt. Eine Kalman-Filterung stützt sich dabei auf ein mathematisches Modell des zu untersuchenden Systems, das durch folgende Größen charakterisiert wird:

Modellparameter: Übergangsmatrix A, Steuermatrix G mit der Stellgröße u und Messmatrix C

Modellstochastik: Systemfehler-Kovarianzmatrix Q, Systemfehler-Messfehler-Kovarianzmatrix L und Messfehler-Kovarianzmatrix R

Schätzung des Anfangszustandes des Systems: Zustand x_0 und zugehörige Kovarianzmatrix P_0

Viele Systeme kommen dabei ohne Eingaben „von außen“ und damit ohne G und u aus. Außerdem sind im Normalfall System- und Messfehler unkorreliert (L entfällt).

Die oben genannten Kenngrößen können in einer ASCII-Datei mit folgendem Aufbau abgelegt und dann mittels read_kalman eingelesen werden:

Dimensionszeile
+ Inhaltszeile
+ Matrix A
+ Matrix C
+ Matrix Q
[+ Matrix G + Vektor u]
[+ Matrix L]
+ Matrix R
[+ Matrix P_0]
[+ Vektor x_0]

Die Dimensionszeile hat dabei die Form

n = <integer> m = <integer> p = <integer>

wobei n die Anzahl der Zustandsvariablen, m die Anzahl der Messwerte und p die Anzahl der Stellglieder ist (siehe Parameter Dimension). Die maximale Dimension wird dabei durch eine Systemkonstante (derzeit 30) begrenzt.

Die Inhaltszeile ist von der Form

$$A * C * Q * G * u * L * R * P * x*$$

und beschreibt den weiteren Inhalt der Datei. Statt '$*$' ist dabei '+' (Parameter ist vorhanden) bzw. '-' (Parameter fehlt) einzusetzen. Zu beachten ist dabei, dass nur die oben durch [...] als optional gekennzeichneten Parameter in einer Beschreibungsdatei weggelassen werden dürfen. Fehlt die Anfangsschätzung a_0 (d.h. 'x-'), werden die Komponenten des Vektors als 0.0 angenommen. Fehlt die Kovarianzmatrix P_0 der Anfangsschätzung (d.h. 'P-'), wird angenommen, der Fehler sei sehr groß. Die Matrixelemente werden in diesem Fall auf 10000.0 gesetzt. Dieser Wert erscheint zwar hoch, ist aber nur dann ausreichend, wenn die Wertebereiche der Komponenten des Zustandsvektors x um Zehnerpotenzen kleiner sind. $(r \times s)$ Matrizen werden in der Form

$$\begin{array}{cccc} < Kommentar, d.h.\ string > & & & \\ < a_{11} > & < a_{12} > & \cdots & < a_{1s} > \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ < a_{r1} > & < a_{r2} > & \cdots & < a_{rs} > \end{array}$$

zeilenweise (mit beliebigen Zwischenräumen/Zeilenvorschüben) abgespeichert, Vektoren entsprechend in der Form

$$\begin{array}{ccc} < Kommentar, d.h.\ string > & & \\ < a_1 > & \cdots & < a_k > \end{array}$$

Zurückgeliefert werden von `read_kalman` folgende Parameterwerte:

`Dimension`: Dieser Parameter enthält die Dimensionen von Status-, Mess- und Stellvektor. Dimension ist somit ein Vektor $[n, m, p]$, wobei n die Anzahl der Zustandsvariablen, m die Anzahl der Messwerte und p die Anzahl der Stellglieder ist. Für ein System ohne deterministische Steuerung (d.h. ohne Einfluss „von außen“) ist folglich `Dimension` = $[n, m, 0]$.

`Model`: Dieser Parameter enthält hintereinandergehängt die zeilenweise linearisierten Matrizen (Vektoren) A, C, Q, G, u und (gegebenenfalls) L. `Model` ist also ein Vektor der Länge $n \times n + n \times m + n \times n + n \times p + p[+n \times m]$. Der letzte Summand entfällt, falls System- und Messfehler unkorreliert sind, d.h. kein L angegeben wurde.

`Measurement`: Dieser Parameter enthält die zeilenweise linearisierte Matrix R ist also ein Vektor der Dimension $m \times m$.

`Prediction`: Dieser Parameter enthält hintereinandergehängt die zeilenweise linearisierte Matrix P_0 (Fehler-Kovarianzmatrix der Anfangsschätzung) und die Anfangsschätzung x_0, ist also ein Vektor der Länge $n \times n + n$.

Parameter

▷ **`FileName`** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Beschreibungsdatei für einen Kalman-Filter.
Default: 'kalman.init'

▷ **`Dimension`** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Die Dimensionen von Status-, Mess- und Stellvektor.

▷ **`Model`** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Hintereinandergehängt die zeilenweise linearisierten Matrizen A, C, Q, eventuell G und u und gegebenenfalls L.

▷ **`Measurement`** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Die zeilenweise linearisierte Matrix R.

▷ **`Prediction`** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Hintereinandergehängt die zeilenweise linearisierte Matrix P_0 (die Fehler-Kovarianzmatrix der Anfangsschätzung) und die Anfangsschätzung x_0

Beispiel

```
* An example of the description-file:
*
* n=3 m=1 p=0
* A+C+Q+G-u-L-R+P+x+
* transition matrix A:
* 1 1 0.5
* 0 1 1
* 0 0 1
* measurement matrix C:
* 1 0 0
* system-error covariance matrix Q:
```

```
* 54.3 37.9 48.0
* 37.9 34.3 42.5
* 48.0 42.5 43.7
* measurement-error covariance matrix R:
* 1.2
* estimation-error covariance matrix (for the initial estimate) P0: \
* 0 0 0
* 0 180.5 0
* 0 0 100
* initial estimate x0:
* 0 100 0
*
* the result of read_kalman with the upper descriptionfile
* as inputparameter:
*
* Dimension   = [3,1,0]
* Model       = [1.0,1.0,0.5,0.0,1.0,1.0,0.0,0.0,1.0,1.0,0.0,0.0,
*                      54.3,37.9,48.0,37.9,34.3,42.5,48.0,42.5,43.7]
* Measurement = [1.2]
* Prediction  = [0.0,0.0,0.0,0.0,180.5,0.0,0.0,0.0,100.0,0.0,100.0,
*                          0.0].
```

Ergebnis

Ist die Beschreibungsdatei lesbar und korrekt, liefert `read_kalman` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eventuell eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`filter_kalman`

Siehe auch

`update_kalman`, `filter_kalman`

Modul

Foundation

`select_lines` `( : : RowBeginIn, ColBeginIn, RowEndIn, ColEndIn, Feature, Operation, Min, Max : RowBeginOut, ColBeginOut, RowEndOut, ColEndOut )`

Auswahl von Linien gemäß verschiedener Kriterien.

`select_lines` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

`select_lines` wählt Linien anhand verschiedener Kriterien aus. Für jede Eingabelinie werden die angegebenen Merkmale (`Feature`) berechnet. Wenn jedes (`Operation` = *'and'*) oder mindestens eines (`Operation` = *'or'*) der so berechneten Merkmale in den vorgegebenen Grenzen (`Min`,`Max`) liegt, wird die Linie in die Ausgabe übernommen. Mit den Defaultwerten *'min'* beziehungsweise *'max'* der Parameter `Min` und `Max` werden diese Grenzen nach unten beziehungsweise oben offen gelassen.

Bedingung:

$$Min_i \leq Feature_i(Linie) \leq Max_i$$

Mögliche Werte für `Feature`:

'length' (euklidische) Länge der Linie

'row' Zeilenindex des Schwerpunkts

'column' Spaltenindex des Schwerpunkts

'phi' Orientierung der Linie ($-\frac{\pi}{2} < \varphi \leq \frac{\pi}{2}$)

Achtung

Wird nur ein Merkmal verwendet, dann ist der Wert von `Operation` bedeutungslos. Mehrere Merkmale werden in der Reihenfolge abgearbeitet, in der sie übergeben werden.

Parameter

- ▷ **RowBeginIn** (input_control) ..... line.begin.y-array ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinaten der Anfangspunkte der Eingabelinien.
- ▷ **ColBeginIn** (input_control) ..... line.begin.x-array ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinaten der Anfangspunkte der Eingabelinien.
- ▷ **RowEndIn** (input_control) ..... line.end.y-array ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinaten der Endpunkte der Eingabelinien.
- ▷ **ColEndIn** (input_control) ..... line.end.x-array ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinaten der Endpunkte der Eingabelinien.
- ▷ **Feature** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Gewünschte Merkmale.
  Default: 'length'
  Werteliste: `Feature` ∈ {'length', 'row', 'column', 'phi'}
- ▷ **Operation** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Gewünschte Verknüpfung.
  Default: 'and'
  Werteliste: `Operation` ∈ {'and', 'or'}
- ▷ **Min** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Untere Grenzen der Merkmale oder 'min'.
  Default: 'min'
- ▷ **Max** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Obere Grenzen der Merkmale oder 'max'.
  Default: 'max'
- ▷ **RowBeginOut** (output_control) ..... line.begin.y-array ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinaten der Anfangspunkte der Ausgabelinien.
- ▷ **ColBeginOut** (output_control) ..... line.begin.x-array ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinaten der Anfangspunkte der Ausgabelinien.
- ▷ **RowEndOut** (output_control) ..... line.end.y-array ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinaten der Endpunkte der Ausgabelinien.
- ▷ **ColEndOut** (output_control) ..... line.end.x-array ⇝ *integer*
  Spaltenindizes der Endpunkte der Ausgabelinien.

Ergebnis

`select_lines` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameterwerte korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`sobel_amp`, `edges_image`, `threshold`, `hysteresis_threshold`, `split_skeleton_region`, `split_skeleton_lines`

Nachfolger

`set_line_width`, `disp_line`

Alternativen

line_orientation, line_position, partition_lines

Siehe auch

partition_lines, select_lines_longest, detect_edge_segments, select_shape

Modul

Foundation

select_lines_longest (: : RowBeginIn, ColBeginIn, RowEndIn, ColEndIn, Num : RowBeginOut, ColBeginOut, RowEndOut, ColEndOut)

Auswahl der längsten Eingabelinien.

select_lines_longest ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

select_lines_longest wählt aus den durch die Tupel RowBeginIn, ColBeginIn, RowEndIn und ColEndIn beschriebenen Eingabelinien die Num längsten Eingabelinien aus.

Parameter

- ▷ **RowBeginIn** (input_control) ..... line.begin.y-array ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinaten der Anfangspunkte der Eingabelinien.
- ▷ **ColBeginIn** (input_control) ..... line.begin.x-array ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinaten der Anfangspunkte der Eingabelinien.
- ▷ **RowEndIn** (input_control) ..... line.end.y-array ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinaten der Endpunkte der Eingabelinien.
- ▷ **ColEndIn** (input_control) ..... line.end.x-array ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinaten der Endpunkte der Eingabelinien.
- ▷ **Num** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  (Maximal) gewünschte Anzahl von Ausgabelinien.
  Default: 10
- ▷ **RowBeginOut** (output_control) ..... line.begin.y-array ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinaten der Anfangspunkte der Ausgabelinien.
- ▷ **ColBeginOut** (output_control) ..... line.begin.x-array ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinaten der Anfangspunkte der Ausgabelinien.
- ▷ **RowEndOut** (output_control) ..... line.end.y-array ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinaten der Endpunkte der Ausgabelinien.
- ▷ **ColEndOut** (output_control) ..... line.end.x-array ⇝ *integer*
  Spaltenindizes der Endpunkte der Ausgabelinien.

Ergebnis

select_lines_longest liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameterwerte korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

sobel_amp, edges_image, threshold, hysteresis_threshold, split_skeleton_region, split_skeleton_lines

Nachfolger

set_line_width, disp_line

Alternativen

line_orientation, line_position, select_lines, partition_lines

Siehe auch

select_lines, partition_lines, detect_edge_segments, select_shape

Modul

Foundation

update_kalman (: : FileName, DimensionIn, ModelIn, MeasurementIn : DimensionOut, ModelOut, MeasurementOut)

Einlesen einer Updatedatei eines Kalman-Filters.

update_kalman ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.

update_kalman liest die Updatedatei FileName eines Kalman-Filters. Kalman-Filter liefern eine Schätzung des aktuellen Zustands (oder auch eine Prädiktion des künftigen Zustandes) eines diskreten, stochastisch gestörten, linearen Systems.

Eine Kalman-Filterung stützt sich dabei auf ein mathematisches Modell des zu untersuchenden Systems, das zu jedem Zeitpunkt durch folgende Größen charakterisiert wird:

Modellparameter: Übergangsmatrix A, Steuermatrix G mit der Stellgröße u und Messmatrix C

Modellstochastik: Systemfehler-Kovarianzmatrix Q, Systemfehler-Messfehler-Kovarianzmatrix L und Messfehler-Kovarianzmatrix R

Messvektor: y

Systemvergangenheit: Extrapolationsvektor $\hat{x}$ und Extrapolationsfehler-Kovarianzmatrix $\hat{P}$

Viele Systeme kommen dabei ohne Eingaben „von außen“ und damit ohne G und u aus. Außerdem sind im Normalfall System- und Messfehler unkorreliert (L entfällt). Einige der oben genannten Größen können sich dynamisch (von Iteration zu Iteration) ändern. update_kalman dient zur Modifikation von Systemteilen gemäß einer Updatedatei (ASCII) mit folgendem Aufbau (vgl. auch read_kalman):

Dimensionszeile
+ Inhaltszeile
+ Matrix A
+ Matrix C
+ Matrix Q
+ Matrix G + Vektor u
+ Matrix L
+ Matrix R

Die Dimensionszeile hat dabei die Form

n = <integer> m = <integer> p = <integer>

wobei n die Anzahl der Zustandsvariablen, m die Anzahl der Messwerte und p die Anzahl der Stellglieder ist (siehe Parameter DimensionIn / DimensionOut). Die maximale Dimension wird dabei durch eine Systemkonstante (derzeit 30) begrenzt. Da hier an einem gültigen Modell Veränderungen vorgenommen werden sollen, sind die Dimensionen n und m unveränderbar (und werden nur zu Kontrollzwecken angegeben). Die Inhaltszeile ist von der Form

$$A * C * Q * G * u * L * R*$$

und beschreibt den weiteren Inhalt der Datei. Statt '$*$' ist dabei '+' (Parameter ist vorhanden) bzw. '-' (Parameter fehlt) einzusetzen. Im Gegensatz zu Beschreibungsdateien für read_kalman muss die Systembeschreibung hier nicht vollständig sein. Anzugeben sind nur die sich ändernden Systemteile. Die Angabe von Schätzwerten entfällt, da diese gemäß Konstruktion des Filters von der jeweils letzten Filterung stammen müssen. $(r \times s)$ Matrizen werden in der Form

$$\begin{array}{cccc} < Kommentar, d.h.\ string > & & & \\ < a_{11} > & < a_{12} > & \cdots & < a_{1s} > \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ < a_{r1} > & < a_{r2} > & \cdots & < a_{rs} > \end{array}$$

zeilenweise (mit beliebigen Zwischenräumen/Zeilenvorschüben) abgespeichert, Vektoren entsprechend in der Form

$$< Kommentar, d.h.\ string >$$
$$< a_1 > \quad \cdots \quad < a_k >$$

Verändert werden von `read_kalman` folgende Parameterwerte:

DimensionIn / DimensionOut: Diese Parameter enthalten die Dimensionen von Status-, Mess- und Stellvektor und sind daher Vektoren $[n, m, p]$, wobei n die Anzahl der Zustandsvariablen, m die Anzahl der Messwerte und p die Anzahl der Stellglieder ist. n und m sind für ein gegebenes System fest, dürfen also in der Updatedatei nicht von den entsprechenden Eingabewerten abweichen. Für ein System ohne deterministische Steuerung (d.h. ohne Einfluss „von außen“) ist $p = 0$.

ModelIn / ModelOut: Diese Parameter enthalten hintereinandergehängt die zeilenweise linearisierten Matrizen (Vektoren) A, C, Q, G, u und (gegebenenfalls) L. `ModelIn` / `ModelOut` sind also Vektoren der Länge $n \times n + n \times m + n \times n + n \times p + p[+n \times m]$ Der letzte Summand entfällt, falls System- und Messfehler unkorreliert sind, d.h. kein L angegeben wurde.

MeasurementIn / MeasurementOut: Diese Parameter enthalten die zeilenweise linearisierte Matrix R, sind also Vektoren der Dimension $m \times m$.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Updatedatei für einen Kalman-Filter.
Default: 'kalman.updt'

▷ **DimensionIn** (input_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Die Dimensionen von Status-, Mess- und Stellvektor.
Default: [3,1,0]
Wertebereich: $0 \leq$ `DimensionIn` ≤ 30

▷ **ModelIn** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
Hintereinandergehängt die zeilenweise linearisierten Matrizen A,C,Q, eventuell G und u und gegebenenfalls L.
Default: [1.0,1.0,0.5,0.0,1.0,1.0,0.0,0.0,1.0,1.0,0.0,0.0,54.3,37.9,48.0,37.9,34.3,42.5,48.0,42.5,43.7]
Wertebereich: $0.0 \leq$ `ModelIn` ≤ 10000.0

▷ **MeasurementIn** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
Die zeilenweise linearisierte Matrix R.
Default: [1,2]
Wertebereich: $0.0 \leq$ `MeasurementIn` ≤ 10000.0

▷ **DimensionOut** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Die Dimensionen von Status-, Mess- und Stellvektor.

▷ **ModelOut** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Hintereinandergehängt die zeilenweise linearisierten Matrizen A,C,Q, eventuell G und u und gegebenenfalls L.

▷ **MeasurementOut** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Die zeilenweise linearisierte Matrix R.

Beispiel

```
* The following values are describing the system
*
* DimensionIn    = [3,1,0]
* ModelIn        = [1.0,1.0,0.5,0.0,1.0,1.0,0.0,0.0,1.0,1.0,0.0,0.0,
*                         54.3,37.9,48.0,37.9,34.3,42.5,48.0,42.5,43.7]
* MeasurementIn = [1,2]
*
* An example of the Updatefile:
*
* n=3 m=1 p=0
* A+C-Q-G-u-L-R-
* transitions at time t=15:
```

```
* 2 1 1
* 0 2 2
* 0 0 2
*
* the results of update_kalman:
*
* DimensionOut   = [3,1,0]
* ModelOut       = [2.0,1.0,1.0,0.0,2.0,2.0,0.0,0.0,2.0,1.0,0.0,0.0,
*                         54.3,37.9,48.0,37.9,34.3,42.5,48.0,42.5,43.7]
* MeasurementOut = [1.2]
```

Ergebnis

Ist die Updatedatei lesbar und korrekt, liefert `update_kalman` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`filter_kalman`

Siehe auch

`read_kalman`, `filter_kalman`

Modul

Foundation

17.13 XLD

```
union_straight_contours_histo_xld ( Contours : UnionContours,
    SelectedContours : RefLineStartRow,  RefLineStartColumn,
    RefLineEndRow,  RefLineEndColumn,  Width,  MaxWidth,
    FilterSize : HistoValues )
```

Vereinigen von benachbarten geraden Konturen anhand des Abstandes von einer gegebenen Linie.

`union_straight_contours_histo_xld` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt. Neue Applikationen sollten stattdessen die Operatoren aus dem Kapitel 1D-Vermessung verwenden.

Mit `union_straight_contours_histo_xld` werden benachbarte Konturen `Contours` verglichen und unter gewissen Voraussetzungen vereinigt.

Es wird die minimale und maximale Distanz der Kontur zu einer gegebenen Referenzlinie berechnet. Mit den Distanzen wird ein Histogramm erzeugt. Soll das Histogramm geglättet werden, so muss `FilterSize` > 1 sein. Das resultierende Histogramm wird anschließend in Bereiche unterteilt (von Minima zu Minima). Zum Abschluss werden die Konturen, die in einem Bereich liegen, zu einer neuen Kontur zusammengefasst. Ist die Breite des Bereichs größer als `MaxWidth`, so werden alle Konturen des Bereichs ignoriert (verworfen). Liegt eine Kontur in mehreren Bereichen, so wird diese ebenfalls ignoriert. Bei parallel verlaufenden Konturen besteht die Gefahr, dass nebeneinander liegende Konturen vereinigt werden.

Für jede durch Vereinigung neu entstandene Kontur werden die Regressionsgeradenparameter neu berechnet.

Die resultierenden Konturen können nicht dargestellt werden.

Achtung

Bevor Konturen mit `union_straight_contours_histo_xld` vereinigt werden können, müssen die Regressionsgeradenparameter mit `regress_contours_xld` berechnet werden. Es ist außerdem zu beachten, dass bereits geschlossene Konturen nicht mehr in eine Vereinigung einbezogen werden.

Parameter

▷ **Contours** (input_object) . . . . . xld_cont-array ⇝ *object*
Eingabe-Konturen.

▷ **UnionContours** (output_object) . . . . . xld_cont-array ⇝ *object*
Ausgabe-Konturen.

▷ **SelectedContours** (output_object) . . . . . xld_cont-array ⇝ *object*
Ausgabe-Konturen.

▷ **RefLineStartRow** (input_control) . . . . . line.begin.y ⇝ *integer*
y-Koordinate des Startpunktes der Referenzlinie.
Default: 0

▷ **RefLineStartColumn** (input_control) . . . . . line.begin.x ⇝ *integer*
x-Koordinate des Startpunktes der Referenzlinie.
Default: 0

▷ **RefLineEndRow** (input_control) . . . . . line.end.y ⇝ *integer*
y-Koordinate des Endpunktes der Referenzlinie.
Default: 0

▷ **RefLineEndColumn** (input_control) . . . . . line.end.x ⇝ *integer*
x-Koordinate des Endpunktes der Referenzlinie.
Default: 0

▷ **Width** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Maximale Distanz.
Default: 1

▷ **MaxWidth** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Maximale Breite zwischen zwei Minima.
Default: 1

▷ **FilterSize** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Größe des Glättungsfilters.
Default: 1
Wertebereich: $1 \leq$ `FilterSize` ≤ 63

▷ **HistoValues** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Ausgabe der Werte des Histogramms.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

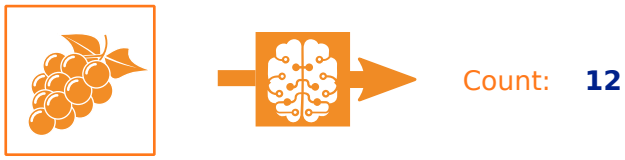
Kapitel 18

Matching

18.1 Deep Counting

Dieses Kapitel beschreibt die Nutzung der Deep Counting-Methode.

Deep Counting wird verwendet, um Objekte in Bildern zu finden und diese Objekte im Bild zu zählen.



Ein mögliches Beispiel für eine Anwendung zu Deep Counting: Objekte in einem Bild werden gezählt und die Anzahl Objekte wird zurückgegeben.

Deep Counting verwendet benutzerdefinierte Templates, um ein Deep Counting-Modell zu erstellen. Dieses Modell kann verwendet werden, um Objekte zu zählen, die den Templates ähneln.

Im folgenden Abschnitt wird der generelle Ablauf beschrieben.

Genereller Ablauf

Dieser Abschnitt beschreibt, wie die Anzahl von Objekten einer Art in Bildern mithilfe eines Deep Counting-Modells ermittelt wird. Siehe auch das HDevelop-Beispiel `deep_counting_workflow.hdev` für ein Anwendungsbeispiel.

1. Erstellen eines Deep Counting-Modells mit
   - `create_deep_counting_model`.
2. Abfragen der verfügbaren DL-Geräte für die Inferenz mit
   - `query_available_dl_devices`.
3. Setzen von Modellparametern, der verwendeten Hardware-Einheit oder Augmentierungsparametern für die Templates mit
   - `set_deep_counting_model_param`.
4. Erstellen von Templates für die Vorbereitung des Modells. Dazu kann die Prozedur
   - `draw_deep_counting_templates`

   verwendet werden. Die erstellten Templates werden für den Operator `prepare_deep_counting_model` benötigt.

5. Vorbereiten des Modells für die Inferenz mit

   - prepare_deep_counting_model.

   Falls Parameter geändert werden, welche die Templategenerierung beeinflussen, oder wenn andere Templates genutzt werden sollen, muss prepare_deep_counting_model erneut aufgerufen werden, bevor das Modell wieder mittels apply_deep_counting_model angewendet werden kann.

6. Anwenden des Modells über den Operator

   - apply_deep_counting_model.

   Die Ergebnisse werden in DeepCountingResult gespeichert.

7. Visualisieren der Deep Counting-Ergebnisse aus DeepCountingResult mit der Prozedur

   - dev_display_deep_counting_results.

apply_deep_counting_model (Image : : DeepCountingHandle : Count, DeepCountingResult)

Anwenden eines Deep Counting-Modells auf mehreren Bildern.

apply_deep_counting_model wendet das durch DeepCountingHandle gegebene Deep Counting-Modell auf die Eingabebilder im Tupel Image an. Ein Tupel mit der Anzahl der gefundenen Instanzen pro Bild wird in Count zurückgegeben. Weitere Details der gefundenen Instanzen werden in DeepCountingResult zurückgegeben, ein Tupel mit einem Ergebnis-Dictionary pro Eingabebild. Templates der zu zählenden Objekte müssen vorher mit prepare_deep_counting_model gesetzt werden. Die Inferenzzeit von apply_deep_counting_model hängt von der Anzahl der definierten Templates in prepare_deep_counting_model ab.

Für weitere Informationen zu Deep Counting siehe das Kapitel Matching / Deep Counting.

Die Prozedur dev_display_deep_count_results kann zum Darstellen der Ergebnisse verwendet werden.

Die Einstellungen *'min_score'* und *'max_overlap'* können verwendet werden, um die mindestähnlichkeit der Instanzen zu den Templates sowie die erlaubte Überlappung der gefundenen Instanzen festzulegen. Details hierzu finden sich in get_deep_counting_model_param.

Die in DeepCountingResult zurückgegebenen Dictionaries enthalten weitere Details über die gefundenen und gezählten Instanzen. Die Dictionaries enthalten die folgenden Schlüssel. Unter jedem Schlüssel ist ein Tupel gespeichert welches einen Wert pro gefundener Instanz enthält. Falls keine Instanzen gefunden wurden sind die Tupel leer.

'area':
: Ungefähre Fläche der gefundenen Templates in Pixeln.

'row', *'column'*:
: Zeilen- und Spaltenkoordinaten der ungefähren Positionen der gefundenen Instanzen im Eingabebild.

'score':
: Ähnlichkeitsmaß der gefundenen Instanzen, d.h. ihre ungefähre Ähnlichkeit zu den an prepare_deep_counting_model übergebenen Templates.

'template_index':
: Index des Templates, welches die höchste Ähnlichkeit zu der gefundenen Instanz hat. Dieser Wert kann verwendet werden, um herauszufinden, welche Templates gezählt wurden.

'angle', *'scale'*:
: Winkel und Skalierung des Templates mit der höchsten Ähnlichkeit zu der gefundenen Instanz. Falls die automatische Rotations- oder Skalierungserweiterung der Templates beim Aufruf von prepare_deep_counting_model aktiviert ist, können diese Werte verwendet werden, um herauszufinden welcher Rotationswinkel und Skalierung ein Template generiert welches am Ähnlichsten zu der gefundenen Instanz ist.

Achtung

Deep Counting berücksichtigt nicht, ob ein Bild eine reduzierte Domain hat.

Systemvoraussetzungen: Um diesen Operator auf der GPU auszuführen (siehe `get_deep_counting_model_param`), werden cuDNN und cuBLAS benötigt. Für weitere Details wird auf den „`Installation Guide`", Abschnitt „Requirements for Deep Learning and Deep-Learning-Based Methods", verwiesen. Alternativ kann dieser Operator auch auf der CPU ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / real
  Eingabebild.
- ▷ **`DeepCountingHandle`** (input_control) ..... deep_counting ⇝ *handle*
  Handle des Deep Counting-Modells.
- ▷ **`Count`** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Anzahl der gezählten Objekte.
- ▷ **`DeepCountingResult`** (output_control) ..... dict(-array) ⇝ *handle*
  Tupel mit Ergebnis-Dictionaries.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `apply_deep_counting_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`create_deep_counting_model`, `set_deep_counting_model_param`, `get_deep_counting_model_param`, `prepare_deep_counting_model`

Siehe auch

`prepare_deep_counting_model`

Modul

Matching

`create_deep_counting_model` (: : GenParamName, GenParamValue : DeepCountingHandle)

Erstellen eines Deep Counting-Modells zum Zählen von Objekten.

`create_deep_counting_model` erstellt ein Deep Counting-Modell und gibt es in `DeepCountingHandle` zurück.

`create_deep_counting_model` baut intern ein Backbone auf, welches auf dem vortrainierten Netz *'pretrained_dl_classifier_resnet50.hdl'* aufbaut. Dieses muss daher zum Einlesen verfügbar sein. Details über die Suchpfade finden sich in `read_dl_model`.

Weitere Parameter für das Deep Counting-Modell können über die generischen Parameter `GenParamName` und `GenParamValue` gesetzt werden. Die Liste möglicher Parameter und Werte findet sich in `get_deep_counting_model_param`. Die Parameter können entweder während der Modellerzeugung gesetzt werden, oder später mit `set_deep_counting_model_param`.

Bevor das Deep Counting-Modell mit `apply_deep_counting_model` zum Zählen verwendet werden kann, müssen Templates der zu zählenden Objekte mittels `prepare_deep_counting_model` gesetzt werden.

Parameter

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'angle_start', 'angle_end', 'angle_step', 'device', 'max_overlap', 'min_score', 'scale_min', 'scale_max', 'scale_step'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *real* / integer / string
Wert des generischen Parameters.
Default: []

▷ **DeepCountingHandle** (output_control) . . . . . deep_counting ⇝ *handle*
Deep Counting-Modell für das Zählen von Objekten.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_deep_counting_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

set_deep_counting_model_param, get_deep_counting_model_param, prepare_deep_counting_model, apply_deep_counting_model

Alternativen

read_deep_counting_model

Siehe auch

get_deep_counting_model_param

Modul

Matching

get_deep_counting_model_param (: : DeepCountingHandle, GenParamName : GenParamValue)

Auslesen der Parameter des Deep Counting-Modells.

get_deep_counting_model_param gibt die Parameterwerte von GenParamName für das Deep Counting-Modell DeepCountingHandle in GenParamValue aus.

Falls Parameter geändert werden, welche die Templategenerierung beeinflussen, muss diese durch einen erneuten Aufruf von prepare_deep_counting_model durchgeführt werden bevor das Modell wieder mittels apply_deep_counting_model angewendet werden kann. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick, welche Parameter mit set_deep_counting_model_param oder create_deep_counting_model geändert werden können (set), welche mit get_deep_counting_model_param abgefragt werden können (get), und bei welchen nach einer Änderung erneut prepare_deep_counting_model aufgerufen werden muss (prepare).

GenParamName	set	get	Benötigt prepare
'angle_start'	x	x	x
'angle_step'	x	x	x
'angle_end'	x	x	x
'backbone_model'	x	x	x
'device'	x	x	x
'max_overlap'	x	x	
'min_score'	x	x	
'scale_max'	x	x	x
'scale_min'	x	x	x
'scale_step'	x	x	x

Im Folgenden werden die Parameter GenParamName, deren Werte mit get_deep_counting_model_param abgefragt werden können, aufgelistet und erläutert.

'angle_start', *'angle_step'*, *'angle_end'*:

Einstellen des automatischen Rotierens von Templates. Templates, die an prepare_deep_counting_model übergeben werden, werden automatisch von *'angle_start'* bis *'angle_end'* in Schritten von *'angle_step'* gedreht. Dadurch kann apply_deep_counting_model rotierte Instanzen besser finden. Die Winkel müssen im Bogenmaß angegeben werden.

Wertevorschläge: *0*, *-6.28*, *-3.14*, *3.14*, *6.28*

Default: *'angle_start'* = *0*, *'angle_end'* = *0*, *'angle_step'* = *'rad(30)'*

Restriktion:

-2π <= *'angle_start'* <= *'angle_end'* <= 2π, *'angle_step'* > *0*

'backbone_model':

Das Backbone wird für das Finden der Templates im Suchbild verwendet. Es wird automatisch von create_deep_counting_model erzeugt. Es kann abgerufen und zurückgeschrieben werden um es beispielsweise mittels optimize_dl_model_for_inference zu optimieren.

Zu beachten ist, dass die Größe der Eingaben automatisch vom Deep Counting-Modell anhand der Größe der Templates und der Suchbilder berechnet und gesetzt wird. Ein manuelles Einstellen dieser Größen hat deshalb keinen Effekt und es wird auch nicht empfohlen. Weiterhin ist zu beachten, dass das Backbone nicht für andere Deep Learning-Anwendungen verwendet werden kann.

'device':

Handle der Hardware-Einheit, auf der das Backbone ausgeführt wird.

Falls das Modell bereits für eine Hardware-Einheit optimiert wurde, ist das Setzen von *'device'* in manchen Fällen nicht mehr zusätzlich notwendig, siehe optimize_dl_model_for_inference für Details dazu.

Ein Tupel aller Handles aller potentiell Deep Learning fähigen Geräte kann über query_available_dl_devices erzeugt werden.

Default: Handle des der standardmäßig gesetzten GPU, d.h. die GPU mit Index *0*. Falls keine GPU vorhanden ist, ein leeres Tupel.

'max_overlap':

Maximal erlaubte Überlappung (intersection over union, IoU) zweier gefundenen Instanzen. Falls zwei Instanzen einen IoU haben welcher *'max_overlap'* überschreitet wird die Instanz mit der geringeren Ähnlichkeit zu den Templates entfernt. Falls *'max_overlap'* auf *0* gesetzt wird, ist keinerlei Überlappung erlaubt. Der IoU wird genauer im Kapitel Deep Learning / Objektdetektion und Instanz-Segmentierung beschrieben.

Wertevorschläge: *0.3*, *0.5*, *0.7*, *1.0*

Default: *'max_overlap'* = *0.5*

Restriktion: *0* <= *'max_overlap'* <= *1*

'min_score':

Mindestähnlichkeit der gefundenen Instanzen zu einer der an prepare_deep_counting_model übergebenen Templates. Instanzen die eine geringere Ähnlichkeit aufweisen werden ignoriert. Das vom Deep Counting-Modell berechnete Ähnlichkeitsmaß liegt zwischen *0* (keine Ähnlichkeit) und *1* (sehr hohe Ähnlichkeit).

Wertevorschläge: *0.2*, *0.3*, *0.4*, *0.5*
Default: *'min_score' = 0.4*
Restriktion: *0 < 'min_score' <= 1*

'scale_min', *'scale_step'*, *'scale_max'*:
Einstellen des automatischen Skalierens von Templates. Templates, die an `prepare_deep_counting_model` übergeben werden, werden automatisch von *'scale_min'* bis *'scale_max'* in Schritten von *'scale_step'* skaliert. Dadurch kann `apply_deep_counting_model` skalierte Instanzen besser finden.
Wertevorschläge: *0.9*, *1.0*, *1.1*
Default: *'scale_min' = 1.0*, *'scale_max' = 1.0*, *'scale_step' = 0.1*
Restriktion: *0 < 'scale_min' <= 'scale_max'*, *'scale_step' > 0*

Parameter

▷ **`DeepCountingHandle`** (input_control) . . . . . deep_counting ⇝ *handle*
Handle des Deep Counting-Modells.

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: 'angle_start'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'angle_start', 'angle_end', 'angle_step', 'backbone_model', 'device', 'max_overlap', 'min_score', 'scale_min', 'scale_max', 'scale_step'}

▷ **`GenParamValue`** (output_control) . . . . . attribute.name ⇝ *real* / string / integer
Wert des generischen Parameters.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_deep_counting_model_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_deep_counting_model`, `set_deep_counting_model_param`, `read_deep_counting_model`

Nachfolger

`apply_deep_counting_model`

Siehe auch

`set_deep_counting_model_param`

Modul

Matching

`prepare_deep_counting_model` (`Templates` : : `DeepCountingHandle` :)

Hinzufügen von Templates zu einem Deep Counting-Modell.

`prepare_deep_counting_model` setzt die Templates der Objekte, die vom Deep Counting-Modell `DeepCountingHandle` gezählt werden sollen. Bei der späteren Anwendung des Modells mittels `apply_deep_counting_model` werden Objekte im Suchbild gefunden und gezählt, die ähnlich zu den in `Templates` übergebenen Templates sind. Dieser Operator überschreibt alle möglicherweise bereits vorhandenen Templates.

Um auch skalierte und gedrehte Varianten der bereitgestellten Templates zu zählen, kann vor dem Aufruf von `prepare_deep_counting_model` eine automatische Erweiterung der Templates durch Setzen der Parameter *'angle_start'*, *'angle_end'*, *'angle_step'*, *'scale_min'*, *'scale_max'* und *'scale_step'* mit `create_deep_counting_model` oder `set_deep_counting_model_param` aktiviert werden.

Wenn Parameter des Deep Counting-Modells geändert werden, die sich auf die Templateerstellung auswirken, muss prepare_deep_counting_model vor apply_deep_counting_model erneut ausgeführt werden. Diese Parameter sind in get_deep_counting_model_param aufgelistet.

Achtung

Systemvoraussetzungen: Um diesen Operator auf der GPU auszuführen (siehe get_deep_counting_model_param), werden cuDNN und cuBLAS benötigt. Für weitere Details wird auf den „Installation Guide", Abschnitt „Requirements for Deep Learning and Deep-Learning-Based Methods", verwiesen. Alternativ kann dieser Operator auch auf der CPU ausgeführt werden.

Parameter

▷ **Templates** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / real
Template Bild(er) mit Regionen.

▷ **DeepCountingHandle** (input_control) . . . . . deep_counting ⇝ *handle*
Handle des Deep Counting-Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert prepare_deep_counting_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DeepCountingHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_deep_counting_model, set_deep_counting_model_param, get_deep_counting_model_param, read_deep_counting_model

Nachfolger

apply_deep_counting_model

Alternativen

read_deep_counting_model

Siehe auch

apply_deep_counting_model

Modul

Matching

read_deep_counting_model (: : FileName : DeepCountingHandle)

Lesen eines Deep Counting-Modells aus einer Datei.

Der Operator read_deep_counting_model liest ein Deep Counting-Modell. Diese Modelle müssen im HALCON Format vorliegen. Als Ergebnis wird das Handle DeepCountingHandle zurückgegeben.

Das Deep Counting-Modell wird aus der Datei FileName geladen. Die Datei wird hierbei sowohl im Verzeichnis $HALCONROOT/dl/, als auch im aktuell genutzten Verzeichnis gesucht. Die HALCON Standard-Dateiendung eines Deep Counting-Modells ist '.hdc'.

Zu beachten ist, dass die Werte laufzeitspezifischer Parameter nicht in der Datei abgespeichert werden, siehe write_deep_counting_model. Folglich werden diese Parameter beim Einlesen des Modells mit ihrem Standardwert (siehe get_deep_counting_model_param) initialisiert.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Dateiname
Dateiendung: .hdc

▷ **DeepCountingHandle** (output_control) . . . . . deep_counting ⇝ *handle*
Handle des Deep Counting-Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert read_deep_counting_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

create_deep_counting_model

Nachfolger

set_deep_counting_model_param, get_deep_counting_model_param, prepare_deep_counting_model, apply_deep_counting_model

Alternativen

create_deep_counting_model

Modul

Matching

set_deep_counting_model_param (: : DeepCountingHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen der Parameter des Deep Counting-Modells.

set_deep_counting_model_param setzt die Parameter GenParamName des Deep Counting-Modells DeepCountingHandle auf die Werte in GenParamValue.

Die möglichen Parameter sind in get_deep_counting_model_param gelistet und erklärt.

Parameter

▷ **DeepCountingHandle** (input_control) . . . . . deep_counting ⇝ *handle*
Handle des Deep Counting-Modells.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: 'min_score'
Werteliste: GenParamName ∈ {'angle_start', 'angle_end', 'angle_step', 'backbone_model', 'device', 'max_overlap', 'min_score', 'scale_min', 'scale_max', 'scale_step'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *real* / integer / string
Wert des generischen Parameters.
Default: 0.5

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert set_deep_counting_model_param den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DeepCountingHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_deep_counting_model`, `get_deep_counting_model_param`

Nachfolger

`prepare_deep_counting_model`, `apply_deep_counting_model`

Siehe auch

`get_deep_counting_model_param`

Modul

Matching

`write_deep_counting_model` (: : DeepCountingHandle, FileName :)

Abspeichern eines Deep Counting-Modells in eine Datei.

`write_deep_counting_model` speichert das Deep Counting-Modell `DeepCountingHandle` in der Datei `FileName` ab. Zu beachten ist, dass die Werte der laufzeitspezifischen Parameter *'gpu'*, *'runtime'* und *'runtime_init'* nicht abgespeichert werden.

Die HALCON Standard-Dateiendung eines Deep Counting-Modells ist `'.hdc'`.

Das Deep Counting-Modell kann mit `read_deep_counting_model` eingelesen werden.

Parameter

▷ **DeepCountingHandle** (input_control) . . . . . deep_counting ⇝ *handle*
Handle des Deep Counting-Modells.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Dateiname
Dateiendung: `.hdc`

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `write_deep_counting_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_deep_counting_model`, `set_deep_counting_model_param`

Nachfolger

`clear_handle`

Modul

Matching

18.2 Deformierbar

clear_deformable_model (: : ModelID :)

Freigabe des Speichers eines deformierbaren Formmodells.

clear_deformable_model gibt den Speicher eines deformierbaren Formmodells, das mit create_planar_uncalib_deformable_model oder create_planar_calib_deformable_model angelegt wurde, wieder frei. Das Modell kann nach dem Aufruf nicht mehr verwendet werden. Der Handle ModelID ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **ModelID** (input_control) ..... deformable_model(-array) ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert clear_deformable_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Siehe auch

create_planar_uncalib_deformable_model, create_planar_calib_deformable_model, create_local_deformable_model

Modul

Matching

create_local_deformable_model (Template : : NumLevels, AngleStart, AngleExtent, AngleStep, ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleRStep, ScaleCMin, ScaleCMax, ScaleCStep, Optimization, Metric, Contrast, MinContrast, GenParamName, GenParamValue : ModelID)

Erzeugt ein deformierbares Modell für lokal deformierbares Matching.

Der Operator create_local_deformable_model bereitet ein Muster, das als Bild Template übergeben wird, als deformierbares Modell für lokal deformierbares Matching vor. Die ROI des Modells wird als der Definitionsbereich von Template übergeben.

Das lokal deformierbare Matching kann dazu verwendet werden, ein Objekt zu erkennen, das durch eine lokale Verformung verzeichnet ist, die Verformung zu schätzen und den Teil des Bildes zu rektifizieren in dem das Bild gefunden wurde. Für eine Abgrenzung zu den weiteren verfügbaren Matching-Methoden sei auf das Kapitel '2D Matching' im „Solution Guide I" verwiesen.

Wie in create_planar_uncalib_deformable_model beschrieben, liegt der Ursprung des Modells (Referenzpunkt) im Schwerpunkt der Region des Modellbildes Template. Zusätzlich wird das achsenparallele umschließende Rechteck der Region des Template verwendet, um den Bereich des Suchbildes, das in Aufrufen von find_local_deformable_model rektifiziert wird, zu bestimmen.

Für eine weitere Erklärung des deformierbaren Modells wie auch seiner Parameter verweisen wir auf die Beschreibung in create_planar_uncalib_deformable_model. Es ist zu beachten, dass die Parameter der tatsächlichen Verformung in Aufrufen von find_local_deformable_model gesetzt werden.

Parameter

▷ **Template** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild, dessen Definitionsbereich zum Aufbau des Modells verwendet wird.

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Maximale Anzahl von Pyramidenebenen.
Default: 'auto'
Werteliste: `NumLevels` ∈ {'auto', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **AngleStart** (input_control) . . . . . angle.rad-array ⇝ *real*
Dieser Parameter wird nicht benutzt.
Default: []

▷ **AngleExtent** (input_control) . . . . . angle.rad-array ⇝ *real*
Dieser Parameter wird nicht benutzt.
Default: []

▷ **AngleStep** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / string
Schrittweite der Winkel (Auflösung).
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `AngleStep` ∈ {'auto', 0.0175, 0.0349, 0.0524, 0.0698, 0.0873}
Restriktion: AngleStep > 0 && AngleStep <= pi / 16

▷ **ScaleRMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Musters in Zeilenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `ScaleRMin` ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleRMin > 0

▷ **ScaleRMax** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Dieser Parameter wird nicht benutzt.
Default: []

▷ **ScaleRStep** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / string
Schrittweite der Skalierung (Auflösung) in Zeilenrichtung.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `ScaleRStep` ∈ {'auto', 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
Restriktion: ScaleRStep >= 0

▷ **ScaleCMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Musters in Spaltenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `ScaleCMin` ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleCMin > 0

▷ **ScaleCMax** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Dieser Parameter wird nicht benutzt.
Default: []

▷ **ScaleCStep** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / string
Schrittweite der Skalierung (Auflösung) in Spaltenrichtung.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `ScaleCStep` ∈ {'auto', 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
Restriktion: ScaleCStep >= 0

▷ **Optimization** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Art der Optimierung der Modellgenerierung.
Default: 'none'
Werteliste: `Optimization` ∈ {'auto', 'none', 'point_reduction_low', 'point_reduction_medium', 'point_reduction_high'}

▷ **Metric** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
Default: 'use_polarity'
Werteliste: `Metric` ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity', 'ignore_part_polarity', 'ignore_local_polarity', 'ignore_color_polarity'}

▷ **Contrast** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *integer* / string
Schwellenwerte bzw. Hystereseschwellenwerte für den Kontrast des Objektes im Musterbild.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: Contrast ∈ {'auto', 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160}

▷ **MinContrast** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer* / string
Minimaler Kontrast des Objektes in den Suchbildern.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: MinContrast ∈ {'auto', 1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 40}
Restriktion: MinContrast < Contrast

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {[], 'min_size', 'part_size'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer* / real / string
Werte der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamValue ∈ {[], 'small', 'medium', 'big'}

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . deformable_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_local_deformable_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

determine_deformable_model_params

Nachfolger

set_deformable_model_origin, set_deformable_model_param, get_deformable_model_contours, find_local_deformable_model, get_deformable_model_params, write_deformable_model, clear_deformable_model

Alternativen

read_deformable_model

Siehe auch

create_planar_uncalib_deformable_model, create_planar_calib_deformable_model

Modul

Matching

```
create_local_deformable_model_xld ( Contours : : NumLevels,
    AngleStart, AngleExtent, AngleStep, ScaleRMin, ScaleRMax,
    ScaleRStep, ScaleCMin, ScaleCMax, ScaleCStep, Optimization,
    Metric, MinContrast, GenParamName, GenParamValue : ModelID )
```

Vorbereiten eines deformierbaren Modells für lokal deformierbares Matching aus XLD-Konturen.

Der Operator create_local_deformable_model_xld erzeugt ein deformierbares Modell für lokal deformierbares Matching aus XLD-Konturen Contours. Die XLD-Konturen repräsentieren dabei die Grauwertkanten des zu suchenden Objekts im Bild. Im Gegensatz zu dem Operator create_local_deformable_model,

der ein Modell aus einem Bild erzeugt, erzeugt der Operator `create_local_deformable_model_xld` das Formmodell aus XLD-Konturen.

Als Ursprung (Referenzpunkt) des Modells wird der Schwerpunkt des kleinsten umschließenden Rechtecks der Konturen `Contours`, das parallel zu den Koordinatenachsen liegt, verwendet. Falls ein anderer Ursprung gewünscht wird, kann dieser mit `set_deformable_model_origin` gesetzt werden.

Für eine weitere Erklärung des deformierbaren Modells wie auch seiner Parameter wird auf die Beschreibung in `create_planar_uncalib_deformable_model` und `create_local_deformable_model` verwiesen. Es ist zu beachten, das mit Hilfe von `set_local_deformable_model_metric` die Metrik des Modells verändert werden kann.

Achtung

Im Gegensatz zum Operator `create_local_deformable_model` ist es nicht möglich die Mindestgröße der Modellkomponenten anzugeben. Um kleine Modellkomponenten zu vermeiden, können kurze Konturen vor dem Aufruf von `create_local_deformable_model_xld` mit dem Operator `select_contours_xld` eliminiert werden.

Parameter

- ▷ **`Contours`** (input_object) . . . . . xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Eingabekonturen, die zum Erzeugen des Modells verwendet werden.
- ▷ **`NumLevels`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
  Maximale Anzahl von Pyramidenebenen.
  Default: 'auto'
  Werteliste: `NumLevels` ∈ {'auto', 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}
- ▷ **`AngleStart`** (input_control) . . . . . angle.rad-array ⇝ *real*
  Dieser Parameter wird nicht benutzt.
  Default: []
- ▷ **`AngleExtent`** (input_control) . . . . . angle.rad-array ⇝ *real*
  Dieser Parameter wird nicht benutzt.
  Default: []
- ▷ **`AngleStep`** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / string
  Schrittweite der Winkel (Auflösung).
  Default: 'auto'
  Wertevorschläge: `AngleStep` ∈ {'auto', 0.0175, 0.0349, 0.0524, 0.0698, 0.0873}
  Restriktion: AngleStep > 0 && AngleStep <= pi / 16
- ▷ **`ScaleRMin`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Skalierung des Musters in Zeilenrichtung.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `ScaleRMin` ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Restriktion: ScaleRMin > 0
- ▷ **`ScaleRMax`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
  Dieser Parameter wird nicht benutzt.
  Default: []
- ▷ **`ScaleRStep`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / string
  Schrittweite der Skalierung (Auflösung) in Zeilenrichtung.
  Default: 'auto'
  Wertevorschläge: `ScaleRStep` ∈ {'auto', 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
  Restriktion: ScaleRStep > 0
- ▷ **`ScaleCMin`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Skalierung des Musters in Spaltenrichtung.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `ScaleCMin` ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Restriktion: ScaleCMin > 0
- ▷ **`ScaleCMax`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
  Dieser Parameter wird nicht benutzt.
  Default: []

▷ **ScaleCStep** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / string
Schrittweite der Skalierung (Auflösung) in Spaltenrichtung.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: ScaleCStep ∈ {'auto', 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
Restriktion: ScaleCStep > 0

▷ **Optimization** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Art der Optimierung der Modellgenerierung.
Default: 'auto'
Werteliste: Optimization ∈ {'auto', 'none', 'point_reduction_low', 'point_reduction_medium', 'point_reduction_high'}

▷ **Metric** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
Default: 'ignore_local_polarity'
Werteliste: Metric ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity', 'ignore_part_polarity', 'ignore_local_polarity', 'ignore_color_polarity'}

▷ **MinContrast** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Minimaler Kontrast des Objektes in den Suchbildern.
Default: 5
Wertevorschläge: MinContrast ∈ {1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 40}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {[], 'part_size'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer* / real / string
Werte der Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamValue ∈ {[], 'small', 'medium', 'big'}

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . deformable_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_local_deformable_model_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wenn der Parameter NumLevels so gewählt wurde, dass das Modell zu wenige Punkte besitzt, wird die Fehlermeldung 8510 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

read_contour_xld_dxf, edges_sub_pix, select_contours_xld

Nachfolger

find_local_deformable_model

Siehe auch

create_local_deformable_model

Modul

Matching

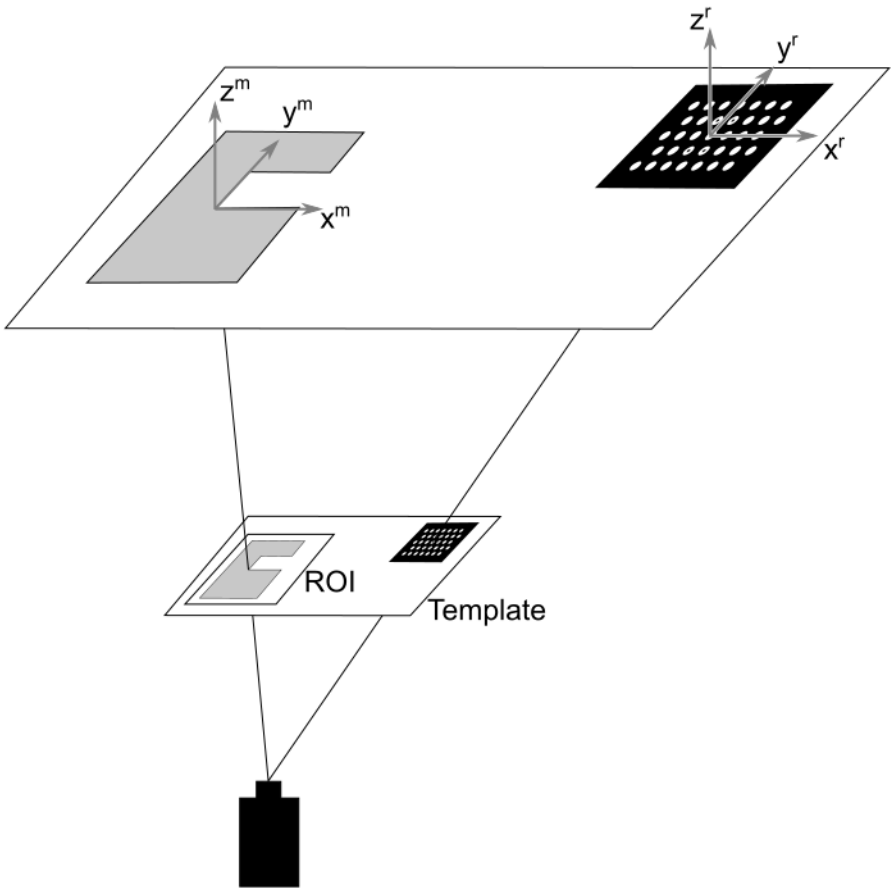
```
create_planar_calib_deformable_model ( Template : : CamParam,
    ReferencePose, NumLevels, AngleStart, AngleExtent, AngleStep,
    ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleRStep, ScaleCMin, ScaleCMax,
    ScaleCStep, Optimization, Metric, Contrast, MinContrast,
    GenParamName, GenParamValue : ModelID )
```

Erzeugen eines deformierbaren Modells für das kalibrierte, perspektivische Matching.

Der Operator `create_planar_calib_deformable_model` erstellt ein deformierbares Modell `ModelID` für planares, kalibriertes Matching auf Basis eines Eingabebildes `Template`.

Die ROI des Modells entspricht der Domäne von `Template`. Das Modell wird auf mehreren Pyramidenebenen generiert und im Speicher abgelegt. Der Ausgabeparameter `ModelID` ist ein Handle für dieses Modell und wird in nachfolgenden Aufrufen von `find_planar_calib_deformable_model` verwendet.

Die internen Kameraparameter werden in `CamParam` übergeben. Typischerweise können die internen Parameter mit Hilfe von `calibrate_cameras` ermittelt werden. Durch die Übergabe von `CamParam` kann die 3D-Lage des Modells als Ergebnis des planaren, kalibrierten Matching ausgegeben werden. Siehe `create_planar_uncalib_deformable_model` für das Vorgehen ohne Kalibrierdaten. Siehe „`Solution Guide II-B - Matching`“ für weitere Informationen zu diesen Ansätze.



Schematische Darstellung der Referenzlage `ReferencePose` verglichen mit der absoluten Lage des Modells projiziert aus dem Bild in die Modellebene.

Die Referenzlage `ReferencePose` (x^r, y^r, z^r) bestimmt durch ihre x- und y-Achsen die 3D-Modellebene, also die Ebene im Weltkoordinatensystem, in der das Modell liegt (siehe Schema oben). Die 3D-Modellebene kann durch `calibrate_cameras` oder `vector_to_pose` ermittelt werden, beispielsweise indem eine Kalibrierplatte genau auf gleicher Ebene mit dem Modell platziert und lokalisiert wird.

Der Ursprung des Modells (Referenzpunkt) liegt im Schwerpunkt der Region des Modells in `Template`. Die Projektion dieses Bildpunktes in die durch `ReferencePose` definierte Modellebene entspricht der absoluten 3D-Lage des Modells (x^m, y^m, z^m). Diese Projektion wird in der obigen Schemazeichnung dargestellt. Mit

get_deformable_model_params kann nach der Modellerstellung die absolute Lage des Modells im Weltkoordinatensystem abgefragt werden. Die 3D-Lage des Modells ist von der Referenzpose um eine 2D-Translation entlang der Modellebene verschieden.

Die weiteren Eingabeparameter, die das Modell spezifizieren, sind in create_planar_uncalib_deformable_model beschrieben.

Parameter

- ▷ **Template** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild, dessen Definitionsbereich zum Erzeugen des Modells verwendet wird.
- ▷ **CamParam** (input_control) . . . . . campar ⇝ *real* / integer / string
  Die internen Kameraparameter der Kamera.
- ▷ **ReferencePose** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
  Die Pose des Objekts im Referenzbild.
- ▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
  Maximale Anzahl von Pyramidenebenen.
  Default: 'auto'
  Werteliste: NumLevels ∈ {'auto', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}
- ▷ **AngleStart** (input_control) . . . . . angle.rad-array ⇝ *real*
  Dieser Parameter wird nicht benutzt.
  Default: []
- ▷ **AngleExtent** (input_control) . . . . . angle.rad-array ⇝ *real*
  Dieser Parameter wird nicht benutzt.
  Default: []
- ▷ **AngleStep** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / string
  Schrittweite der Winkel (Auflösung).
  Default: 'auto'
  Wertevorschläge: AngleStep ∈ {'auto', 0.0175, 0.0349, 0.0524, 0.0698, 0.0873}
  Restriktion: AngleStep > 0 && AngleStep <= pi / 16
- ▷ **ScaleRMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Skalierung des Musters in Zeilenrichtung.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: ScaleRMin ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Restriktion: ScaleRMin > 0
- ▷ **ScaleRMax** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
  Dieser Parameter wird nicht benutzt.
  Default: []
- ▷ **ScaleRStep** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / string
  Schrittweite der Skalierung (Auflösung) in Zeilenrichtung.
  Default: 'auto'
  Wertevorschläge: ScaleRStep ∈ {'auto', 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
  Restriktion: ScaleRStep >= 0
- ▷ **ScaleCMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Skalierung des Musters in Spaltenrichtung.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: ScaleCMin ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Restriktion: ScaleCMin > 0
- ▷ **ScaleCMax** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
  Dieser Parameter wird nicht benutzt.
  Default: []
- ▷ **ScaleCStep** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / string
  Schrittweite der Skalierung (Auflösung) in Spaltenrichtung.
  Default: 'auto'
  Wertevorschläge: ScaleCStep ∈ {'auto', 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
  Restriktion: ScaleCStep >= 0
- ▷ **Optimization** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Art der Optimierung der Modellgenerierung.
  Default: 'none'
  Werteliste: Optimization ∈ {'auto', 'none', 'point_reduction_low', 'point_reduction_medium',

'point_reduction_high'}

▷ **Metric** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
Default: 'use_polarity'
Werteliste: Metric ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity', 'ignore_part_polarity', 'ignore_local_polarity', 'ignore_color_polarity'}

▷ **Contrast** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *integer* / string
Schwellenwerte bzw. Hystereseschwellenwerte für den Kontrast des Objektes im Musterbild.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: Contrast ∈ {'auto', 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160}

▷ **MinContrast** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer* / string
Minimaler Kontrast des Objektes in den Suchbildern.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: MinContrast ∈ {'auto', 1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 40}
Restriktion: MinContrast < Contrast

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {[], 'part_size'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer* / real / string
Werte der Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamValue ∈ {[], 'small', 'medium', 'big'}

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . deformable_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_planar_calib_deformable_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

determine_deformable_model_params

Nachfolger

set_deformable_model_origin, set_deformable_model_param, get_deformable_model_contours, find_planar_calib_deformable_model, get_deformable_model_params, write_deformable_model, clear_deformable_model

Alternativen

read_deformable_model

Siehe auch

create_planar_uncalib_deformable_model

Modul

Matching

create_planar_calib_deformable_model_xld (Contours : : CamParam, ReferencePose, NumLevels, AngleStart, AngleExtent, AngleStep, ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleRStep, ScaleCMin, ScaleCMax, ScaleCStep, Optimization, Metric, MinContrast, GenParamName, GenParamValue : ModelID)

Vorbereiten eines deformierbaren Modells für planares kalibriertes Matching aus XLD-Konturen.

create_planar_calib_deformable_model_xld erzeugt ein deformierbares Modell für planares, kalibriertes Matching aus den XLD-Konturen Contours. Die XLD-Konturen repräsentieren dabei die Grauwertkanten des zu suchenden Objekts im Bild. Im Gegensatz zu dem Operator create_planar_calib_deformable_model, der ein Modell aus einem Bild erzeugt, erzeugt der Operator create_planar_calib_deformable_model_xld das Formmodell aus XLD-Konturen. Es ist zu beachten, dass der Operator die Konturen Contours in metrischen Weltkoordinaten erwartet. Im Gegensatz dazu werden die Konturen Contours an create_planar_uncalib_deformable_model_xldin Bildkoordinaten übergeben. Um zu überprüfen ob Form und Größe des Modells mit den Objekten im Weltkoordinatensystem übereinstimmen, kann das Modell mit project_3d_point ins Bild projiziert werden.

Weiterhin ist zu beachten, dass der Ursprung (Referenzpunkt) des Modells direkt von den übergebenen Konturen Contours verwendet wird. Der Ursprung kann mit set_deformable_model_origin im Weltkoordinatensystem verändert werden.

Die Parameter ModelID, CamParam und ReferencePose sind in create_planar_calib_deformable_model beschrieben. Die weiteren Eingabeparameter, die das Modell spezifizieren, sind in create_planar_uncalib_deformable_model beschrieben.

Achtung

Im Gegensatz zum Operator create_planar_calib_deformable_model ist es nicht möglich die Mindestgröße der Modellkomponenten anzugeben. Um kleine Modellkomponenten zu vermeiden, können kurze Konturen vor dem Aufruf von create_planar_calib_deformable_model_xld mit dem Operator select_contours_xld eliminiert werden.

Parameter

- ▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Eingabekonturen, die zum Erzeugen des Modells verwendet werden.
- ▷ **CamParam** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Die internen Kameraparameter der Kamera.
- ▷ **ReferencePose** (input_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
  Die Referenzpose des Objekts.
- ▷ **NumLevels** (input_control) ..... integer ⇝ *integer* / string
  Maximale Anzahl von Pyramidenebenen.
  Default: 'auto'
  Werteliste: NumLevels ∈ {'auto', 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}
- ▷ **AngleStart** (input_control) ..... angle.rad-array ⇝ *real*
  Dieser Parameter wird nicht benutzt.
  Default: []
- ▷ **AngleExtent** (input_control) ..... angle.rad-array ⇝ *real*
  Dieser Parameter wird nicht benutzt.
  Default: []
- ▷ **AngleStep** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real* / string
  Schrittweite der Winkel (Auflösung).
  Default: 'auto'
  Wertevorschläge: AngleStep ∈ {'auto', 0.0175, 0.0349, 0.0524, 0.0698, 0.0873}
  Restriktion: AngleStep > 0 && AngleStep <= pi / 16
- ▷ **ScaleRMin** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Skalierung des Musters in Zeilenrichtung.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: ScaleRMin ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Restriktion: ScaleRMin > 0

▷ **ScaleRMax** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Dieser Parameter wird nicht benutzt.
Default: []

▷ **ScaleRStep** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / string
Schrittweite der Skalierung (Auflösung) in Zeilenrichtung.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `ScaleRStep` ∈ {'auto', 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
Restriktion: ScaleRStep > 0

▷ **ScaleCMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Musters in Spaltenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `ScaleCMin` ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleCMin > 0

▷ **ScaleCMax** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Dieser Parameter wird nicht benutzt.
Default: []

▷ **ScaleCStep** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / string
Schrittweite der Skalierung (Auflösung) in Spaltenrichtung.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `ScaleCStep` ∈ {'auto', 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
Restriktion: ScaleCStep > 0

▷ **Optimization** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Art der Optimierung der Modellgenerierung.
Default: 'auto'
Werteliste: `Optimization` ∈ {'auto', 'none', 'point_reduction_low', 'point_reduction_medium', 'point_reduction_high'}

▷ **Metric** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
Default: 'ignore_local_polarity'
Werteliste: `Metric` ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity', 'ignore_part_polarity', 'ignore_local_polarity', 'ignore_color_polarity'}

▷ **MinContrast** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Minimaler Kontrast des Objektes in den Suchbildern.
Default: 5
Wertevorschläge: `MinContrast` ∈ {1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 40}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der Parameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {[], 'part_size'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer* / real / string
Werte der Parameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamValue` ∈ {[], 'small', 'medium', 'big'}

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . deformable_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_planar_calib_deformable_model_xld` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wenn der Parameter `NumLevels` so gewählt wurde, dass das Modell zu wenige Punkte besitzt, wird die Fehlermeldung 8510 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`read_contour_xld_dxf`, `edges_sub_pix`, `select_contours_xld`

Nachfolger

`find_planar_calib_deformable_model`

Siehe auch

`create_planar_calib_deformable_model`

Modul

Matching

create_planar_uncalib_deformable_model (Template : : NumLevels, AngleStart, AngleExtent, AngleStep, ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleRStep, ScaleCMin, ScaleCMax, ScaleCStep, Optimization, Metric, Contrast, MinContrast, GenParamName, GenParamValue : ModelID)

Erzeugt ein deformierbares Modell für unkalibriertes, planares Matching.

Der Operator `create_planar_uncalib_deformable_model` bereitet ein Muster, das als Bild `Template` übergeben wird, als deformierbares Modell für das Matching vor. Die ROI des Modells wird als der Definitionsbereich von `Template` übergeben.

Das planare, unkalibrierte Matching kann zum Erkennen von planaren Objekten oder planaren Teilen von nichtplanaren Objekten, die durch eine projektive Ansicht verzerrt wurden, verwendet werden.

Dies ist eine Alternative zu `create_generic_shape_model`, bei dem typischerweise das Suchbild mit Hilfe von `calibrate_cameras` und `gen_image_to_world_plane_map` vorher entzerrt werden muss.

Im Gegensatz zu `create_shape_model_3d` werden vorab keine Ansichten des Objektes generiert, was zu einem kleineren Speicherverbrauch führt. Deshalb sollte in dem Fall eines planaren, perspektivisch verzerrten Objektes `create_planar_uncalib_deformable_model` vorgezogen werden.

Das Modell wird auf mehreren Pyramidenebenen generiert und im Speicher abgelegt. Der Ausgabeparameter `ModelID` ist ein Handle für dieses Modell, der in nachfolgenden Aufrufen von `find_planar_uncalib_deformable_model` verwendet wird.

Als Ursprung (Referenzpunkt) des Modells wird der Schwerpunkt der Region des Modellbildes `Template` verwendet. Falls ein anderer Ursprung gewünscht wird, kann dieser mit `set_deformable_model_origin` gesetzt werden.

Eingabeparameter im Detail

NumLevels: Die Anzahl der Pyramidenebenen wird mit `NumLevels` festgelegt. Sie sollte so groß wie möglich gewählt werden, da hierdurch das Auffinden des Modells erheblich beschleunigt wird. Bei der Wahl von `NumLevels` ist aber darauf zu achten, dass das Modell auf der obersten Pyramidenstufe noch erkennbar ist und genügend viele Punkte besitzt. Falls nicht genügend Modellpunkte erzeugt werden, wird die Anzahl der Pyramidenstufen intern solange reduziert, bis auf der obersten Pyramidenstufe genügend Modellpunkte vorhanden sind. Falls durch diese Anpassung ein Modell mit 0 Pyramidenstufen entstehen würde, d.h. falls schon auf der untersten Pyramidenstufe zu wenige Modellpunkte vorhanden sind, liefert `create_planar_uncalib_deformable_model` eine Fehlermeldung zurück. Falls für `NumLevels` *'auto'* übergeben wird, wählt `create_planar_uncalib_deformable_model` die Anzahl der Pyramidenstufen automatisch. Die automatisch gewählte Anzahl von Pyramidenstufen kann mit `get_deformable_model_params` abgefragt werden. In seltenen Fällen kann es vorkommen, dass `create_planar_uncalib_deformable_model` die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch oder zu niedrig bestimmt. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch gewählt wird, kann das dazu führen, dass das Modell im Bild nicht erkannt wird oder dass sehr niedrige Parameter für `MinScore` oder `Greediness` in `find_planar_uncalib_deformable_model` selektiert werden müssen, damit das Modell gefunden wird. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu niedrig gewählt wird, kann es zu erhöhten Laufzeiten in `find_planar_uncalib_deformable_model` kommen. In diesen Fällen sollte die Anzahl der Pyramidenstufen mit Hilfe der Ausgabe von `inspect_shape_model` gewählt werden.

Winkel- und Skalierungs-Parameter: Beachten Sie, dass die AngleStart, AngleExtent, ScaleRMax und ScaleCMax nicht von diesem Operator genutzt werden. Stattdessen müssen sie in dem Operator find_planar_uncalib_deformable_model spezifiziert werden. ScaleRMin und ScaleCMin können relevant sein, wenn Matches erwartet werden, die kleiner sind als im Bild Template. Dann verringert sich eventuell die Anzahl der benutzten Pyramidenebenen, falls für NumLevels *'auto'* übergeben wird.

Im Normalfall können die Parameter AngleStep, ScaleRStep und ScaleCStep automatisch bestimmt werden - die berechneten Winkel- und Skalierungsschrittweiten können mit get_deformable_model_params ausgegeben werden. Mehr Informationen dazu, wie sich diese Parameter auswirken, können in der Dokumentation von find_planar_uncalib_deformable_model gefunden werden.

Optimization: Bei besonders großen Modellen kann es sinnvoll sein, die Anzahl der Modellpunkte durch Setzen des Parameters Optimization auf einen Wert ungleich *'none'* zu setzen. Falls Optimization = *'none'*, werden alle Modellpunkte abgespeichert. Ansonsten wird die Anzahl der Punkte entsprechend dem Parameter Optimization reduziert. Falls die Anzahl der Punkte reduziert wird, kann es bei find_planar_uncalib_deformable_model notwendig werden, den Parameter Greediness auf einen kleineren Wert, z.B. *0.7* oder *0.8*, zu setzen. Bei kleineren Modellen bewirkt die Reduktion der Anzahl der Punkte keine Beschleunigung, da dadurch typischerweise wesentlich mehr potentielle Instanzen des Modells untersucht werden müssen. Falls für Optimization *'auto'* übergeben wird, wählt create_planar_uncalib_deformable_model die Reduktion der Punkte automatisch.

Contrast: Der Parameter Contrast legt fest, welchen Grauwertkontrast die Punkte des Modells besitzen müssen. Der Kontrast ist ein Maß für die lokalen Grauwertdifferenzen zwischen dem Objekt und dem Hintergrund und zwischen verschiedenen Teilen des Objektes. Contrast sollte so gewählt werden, dass nur die signifikanten Merkmale des Musters für das Modell verwendet werden.

Folgende Werte können an Contrast übergeben werden:

- Ein einzelner Kontrastwert. Setzbar sind:
  - Integer-Wert: der manuell bestimmte Kontrastwert wird verwendet.
  - *'auto_contrast'*: der verwendete Kontrastwert wird automatisch ermittelt.
- Hysterese-Schwellenwerte. In diesem Fall wird bei der Segmentierung des Modells ein Verfahren eingesetzt, das ähnlich zum Hysterese-Schwellenwert-Verfahren in edges_image ist. Für weitere Informationen über das Hysterese-Schwellenwert-Verfahren siehe hysteresis_threshold. Setzbar sind:
  - Tupel bestehend aus zwei Werten: Der erste Wert bestimmt den unteren Schwellenwert und der zweite Wert den oberen Schwellenwert.
  - *'auto_contrast_hyst'* oder *'auto'* (Standardwert): Die beiden Hysterese-Schwellenwerte werden automatisch bestimmt.

In bestimmten Fällen kann es vorkommen, dass die automatische Bestimmung der Kontrast-Schwellenwerte nicht zum gewünschten Ergebnis führt. So ist eine manuelle Parameterwahl zu bevorzugen, wenn anwendungsbedingt bestimmte Modellkomponenten ausgeschlossen oder ins Modell integriert werden sollen oder wenn das Objekt mehrere unterschiedliche Kontraststufen umfasst. Daher ist es sinnvoll, die Kontrastwerte vor der Modellgenerierung mit determine_deformable_model_params automatisch zu ermitteln und das Ergebnis mit inspect_shape_model zu überprüfen. Es ist zu beachten, dass MinContrast die Bestimmung der Kontrast-Schwellenwerte beeinflusst, und daher auch die Schätzung der Mindestgröße.

MinContrast: Mit MinContrast wird festgelegt, welchen Grauwertkontrast im Bild das Modell später bei der Erkennung mit find_planar_uncalib_deformable_model mindestens besitzen muss. Mit anderen Worten stellt dieser Parameter eine Abgrenzung des Musters vom Rauschen im Bild dar. Ein guter Wert entspricht deshalb dem Bereich der Grauwertänderungen, die durch das Rauschen im Bild verursacht werden. Falls die Grauwerte z.B. in einem Bereich von 10 Graustufen durch Rauschen schwanken, sollte MinContrast auf 10 gesetzt werden. Offensichtlich muss MinContrast kleiner als Contrast sein. Falls das Modell später in sehr kontrastarmen Bildern erkannt werden soll, muss MinContrast entsprechend klein gewählt werden. Falls das Modell mit erheblichen Verdeckungen erkannt werden soll, sollte MinContrast etwas größer als der Grauwertbereich, der durch das Rauschen verursacht wird, gewählt werden, um eine robuste und genaue Lageschätzung des verdeckten Modells mit find_planar_uncalib_deformable_model zu gewährleisten.

Wird MinContrast auf *'auto'* gesetzt, wählt create_planar_uncalib_deformable_model den Mindestkontrast basierend auf dem Rauschen im Modellbild automatisch. Eine automatische Bestimmung ergibt demzufolge nur Sinn, wenn das bei der Erkennung zu erwartende Bildrauschen dem Rauschen im Modellbild entspricht. Außerdem kann es in manchen Fällen sinnvoll sein, den automatisch ermittelten Wert

zu erhöhen, um eine höhere Robustheit gegenüber Verdeckungen zu erzielen (siehe oben). Der automatisch bestimmte Mindestkontrast kann mit get_deformable_model_params abgefragt werden. Der MinContrast eines deformierbaren Modells kann später mit set_deformable_model_param noch geändert werden.

Metric: Der Parameter Metric legt fest, unter welchen Bedingungen das Muster im Bild noch erkannt wird. Falls Metric = *'use_polarity'*, muss das Objekt im Bild dieselben Kontrasteigenschaften aufweisen wie das Modell. Wenn z.B. das Modell ein helles Objekt auf dunklem Hintergrund ist, wird das Objekt im Bild nur dann gefunden, wenn es auch heller als der Hintergrund ist. Falls Metric = *'ignore_global_polarity'*, wird das Objekt auch dann im Bild gefunden, wenn sich der Kontrast global umkehrt. Im obigen Beispiel würde das Objekt also auch dann gefunden, wenn es dunkler als der Hintergrund ist. Die Laufzeit von find_planar_uncalib_deformable_model erhöht sich in diesem Fall geringfügig.

Falls Metric = *'ignore_part_polarity'* ausgewählt wird, dann darf sich die Kontrastpolarität nur zwischen verschiedenen Modellteilen ändern, wohingegen die Polarität von Modellpunkten innerhalb desselben Modellteils nicht wechseln darf. Zu beachten ist, dass der Begriff *'ignore_part_polarity'* missverstanden werden kann. Er bedeutet, dass Polaritätswechsel zwischen benachbarten Modellteilen den Score nicht beeinflussen und daher ignoriert werden.

Falls Metric = *'ignore_local_polarity'*, wird das Modell auch dann gefunden, wenn sich die Kontrastverhältnisse lokal ändern. Dieser Modus kann z.B. dann sinnvoll sein, wenn das Objekt aus einem Teil mittleren Grauwerts besteht, auf dem entweder dunkle oder helle Unterobjekte liegen können. In diesem Fall erhöht sich die Laufzeit von find_planar_uncalib_deformable_model aber wesentlich. Die obigen vier Metriken können nur auf einkanalige Bilder angewendet werden. Falls im Modellbild oder in den Suchbildern ein mehrkanaliges Bild übergeben wird, wird stillschweigend nur der erste Kanal des Bildes verwendet. Im Falle von Metric = *'ignore_color_polarity'* wird das Modell auch dann gefunden, wenn sich die Farbkontraste lokal ändern. Dies ist z.B. der Fall, wenn Teile des Objektes ihre Farbe ändern können, z.B. von rot auf grün. Dieser Modus ist insbesondere dann sinnvoll, wenn nicht vorab bekannt ist, in welchen Kanälen das Objekt zu erkennen ist. Auch hier kann sich die Laufzeit von find_planar_uncalib_deformable_model erheblich erhöhen. Die Metrik *'ignore_color_polarity'* kann auf Bilder mit einer beliebigen Anzahl von Kanälen angewendet werden. Falls sie mit einkanaligen Bildern verwendet wird, hat sie dieselbe Wirkung wie *'ignore_local_polarity'*. Es ist zu beachten, dass für Metric = *'ignore_color_polarity'* die Anzahl der Kanäle bei der Modellgenerierung mit create_planar_uncalib_deformable_model und bei der Suche mit find_planar_uncalib_deformable_model verschieden sein können. Dies erlaubt z.B. die Modellgenerierung aus einem einkanaligen synthetisch generierten Bild. Es ist auch zu beachten, dass die Kanäle nicht einer spektralen Unterteilung des Lichtes (wie z.B. bei einem RGB-Bild) entsprechen müssen. Die Kanäle können z.B. auch durch Beleuchtung des Objektes aus unterschiedlichen Richtungen entstanden sein.

GenParamName, GenParamValue: Mit Hilfe der generischen Parameter GenParamName und GenParamValue kann der Benutzer Parameter für die Erzeugung eines deformierbaren Modells setzen.

Die folgenden Parameter können für GenParamName gesetzt werden.

'part_size': Setzt die durchschnittliche Größe der Teile, aus denen ein deformierbares Modell besteht. Für Objekte, die aus vielen kleinen Teilen bestehen, sollte *'small'* ausgewählt werden. Für Objekte, die aus großen Konturen bestehen, sollte *'big'* gesetzt werden.
Werteliste: *'small'*, *'medium'*, *'big'*
Default: *'big'*

'min_size': Selektiert die signifikanten Komponenten des Modells basierend auf der Größe der Komponenten, d.h. Komponenten, deren Anzahl von Punkten kleiner ist als diese Mindestgröße, welche im entsprechenden GenParamValue gesetzt wird, werden unterdrückt. Dieser Schwellenwert wird pro Pyramidenstufe halbiert. *'min_size'* kann auf einen beliebigen Integerwert größer oder gleich *0* gesetzt werden. Außerdem kann er auf *'auto'* gesetzt werden, womit die Mindestgröße automatisch bestimmt wird.
Default: *'auto'*

Der Schwerpunkt der Domäne (Region) des Modellbildes Template wird als Ursprung (Referenzpunkt) des Modells verwendet. Ein abweichender Ursprung für das Modell kann mit set_deformable_model_origin gesetzt werden.

Parameter

▷ **Template** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild, dessen Definitionsbereich zum Aufbau des Modells verwendet wird.

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Maximale Anzahl von Pyramidenebenen.
Default: 'auto'
Werteliste: `NumLevels` ∈ {'auto', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **AngleStart** (input_control) . . . . . angle.rad-array ⇝ *real*
Dieser Parameter wird nicht benutzt.
Default: []

▷ **AngleExtent** (input_control) . . . . . angle.rad-array ⇝ *real*
Dieser Parameter wird nicht benutzt.
Default: []

▷ **AngleStep** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / string
Schrittweite der Winkel (Auflösung).
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `AngleStep` ∈ {'auto', 0.0175, 0.0349, 0.0524, 0.0698, 0.0873}
Restriktion: AngleStep > 0 && AngleStep <= pi / 16

▷ **ScaleRMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Musters in Zeilenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `ScaleRMin` ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleRMin > 0

▷ **ScaleRMax** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Dieser Parameter wird nicht benutzt.
Default: []

▷ **ScaleRStep** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / string
Schrittweite der Skalierung (Auflösung) in Zeilenrichtung.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `ScaleRStep` ∈ {'auto', 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
Restriktion: ScaleRStep >= 0

▷ **ScaleCMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Musters in Spaltenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `ScaleCMin` ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleCMin > 0

▷ **ScaleCMax** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Dieser Parameter wird nicht benutzt.
Default: []

▷ **ScaleCStep** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / string
Schrittweite der Skalierung (Auflösung) in Spaltenrichtung.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `ScaleCStep` ∈ {'auto', 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
Restriktion: ScaleCStep >= 0

▷ **Optimization** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Art der Optimierung der Modellgenerierung.
Default: 'none'
Werteliste: `Optimization` ∈ {'auto', 'none', 'point_reduction_low', 'point_reduction_medium', 'point_reduction_high'}

▷ **Metric** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
Default: 'use_polarity'
Werteliste: `Metric` ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity', 'ignore_part_polarity', 'ignore_local_polarity', 'ignore_color_polarity'}

▷ **Contrast** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *integer* / string
Schwellenwerte bzw. Hystereseschwellenwerte für den Kontrast des Objektes im Musterbild.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: Contrast ∈ {'auto', 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160}

▷ **MinContrast** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer* / string
Minimaler Kontrast des Objektes in den Suchbildern.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: MinContrast ∈ {'auto', 1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 40}
Restriktion: MinContrast < Contrast

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {[], 'min_size', 'part_size'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer* / real / string
Werte der Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamValue ∈ {[], 'small', 'medium', 'big'}

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . deformable_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_planar_uncalib_deformable_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

determine_deformable_model_params

Nachfolger

set_deformable_model_origin, set_deformable_model_param, get_deformable_model_contours, find_planar_uncalib_deformable_model, get_deformable_model_params, write_deformable_model, clear_deformable_model

Alternativen

read_deformable_model

Modul

Matching

create_planar_uncalib_deformable_model_xld (
Contours : : NumLevels, AngleStart, AngleExtent, AngleStep, ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleRStep, ScaleCMin, ScaleCMax, ScaleCStep, Optimization, Metric, MinContrast, GenParamName, GenParamValue : ModelID)

Vorbereiten eines deformierbaren Modells für planares unkalibriertes Matching aus XLD-Konturen.

create_planar_uncalib_deformable_model_xld erzeugt ein deformierbares Modell für planares, unkalibriertes Matching aus den XLD-Konturen Contours. Die XLD-Konturen repräsentieren dabei die Grauwertkanten des zu suchenden Objekts. Im Gegensatz zu dem Operator create_planar_uncalib_deformable_model, der ein Modell aus einem Bild erzeugt, erzeugt

der Operator create_planar_uncalib_deformable_model_xld das deformierbare Modell aus XLD-Konturen.

Das Modell wird für mehrere Pyramidenebenen generiert und im Speicher abgelegt. Der Ausgabeparameter ModelID ist ein Handle für dieses Modell, der in nachfolgenden Aufrufen von find_planar_uncalib_deformable_model verwendet wird.

Als Ursprung (Referenzpunkt) des Modells wird der Schwerpunkt des kleinsten umschließenden Rechtecks der Konturen Contours, das parallel zu den Koordinatenachsen liegt, verwendet. Falls ein anderer Ursprung gewünscht wird, kann dieser mit set_deformable_model_origin gesetzt werden.

Eingabeparameter im Detail

NumLevels: Die Anzahl der Pyramidenebenen wird mit NumLevels festgelegt. Sie sollte so groß wie möglich gewählt werden, da hierdurch das Auffinden des Modells erheblich beschleunigt wird. Bei der Wahl von NumLevels ist aber darauf zu achten, dass das Modell auf der obersten Pyramidenstufe noch erkennbar ist und genügend viele Punkte besitzt (mindestens vier). Falls nicht genügend Modellpunkte erzeugt werden, wird die Anzahl der Pyramidenstufen intern solange reduziert, bis auf der obersten Pyramidenstufe genügend Modellpunkte vorhanden sind. Falls durch diese Anpassung ein Modell mit keiner Pyramidenstufe entsteht, d.h. falls schon auf der untersten Pyramidenstufe zu wenige Modellpunkte vorhanden sind, liefert create_planar_uncalib_deformable_model_xld eine Fehlermeldung zurück. Falls für NumLevels *'auto'* übergeben wird, wählt create_planar_uncalib_deformable_model_xld die Anzahl der Pyramidenstufen automatisch. Die gewählte Anzahl von Pyramidenstufen kann mit get_deformable_model_params abgefragt werden. In seltenen Fällen kann es vorkommen, dass create_planar_uncalib_deformable_model_xld die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch oder zu niedrig bestimmt. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch gewählt wird, kann das dazu führen, dass das Modell im Suchbild nicht erkannt wird oder dass sehr niedrige Parameter für MinScore oder Greediness in find_planar_uncalib_deformable_model selektiert werden müssen, damit das Modell gefunden wird. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu niedrig gewählt wird, kann es zu erhöhten Laufzeiten in find_planar_uncalib_deformable_model kommen. In beiden Fällen sollte die Anzahl der Pyramidenstufen manuell gewählt werden.

Winkel- und Skalierungs-Parameter: Beachten Sie, dass die AngleStart, AngleExtent, ScaleRMax und ScaleCMax nicht von diesem Operator genutzt werden. Stattdessen müssen sie in dem Operator find_planar_uncalib_deformable_model spezifiziert werden. ScaleRMin und ScaleCMin können relevant sein, wenn Matches erwartet werden, die kleiner sind als die übergebenen XLD-Konturen Contours. Dann verringert sich eventuell die Anzahl der benutzten Pyramidenebenen, falls für NumLevels *'auto'* übergeben wird.

Im Normalfall können die Parameter AngleStep, ScaleRStep und ScaleCStep automatisch bestimmt werden - die berechneten Winkel- und Skalierungsschrittweiten können mit get_deformable_model_params ausgegeben werden. Mehr Informationen dazu, wie sich diese Parameter auswirken, können in der Dokumentation von find_planar_uncalib_deformable_model gefunden werden.

Optimization: Bei besonders großen Modellen kann es auch sinnvoll sein, die Anzahl der Modellpunkte durch Setzen des Parameters Optimization auf einen Wert ungleich *'none'* zu setzen. Falls Optimization = *'none'* gesetzt ist, werden alle Modellpunkte abgespeichert. Ansonsten wird die Anzahl der Punkte entsprechend dem Parameter Optimization reduziert. Falls die Anzahl der Punkte reduziert wird, kann es bei find_planar_uncalib_deformable_model notwendig werden, den Parameter Greediness auf einen kleineren Wert, z.B. *0.7* oder *0.8*, zu setzen. Bei kleineren Modellen bewirkt die Reduktion der Anzahl der Punkte keine Beschleunigung, da dadurch typischerweise wesentlich mehr potentielle Instanzen des Modells untersucht werden müssen. Falls für Optimization *'auto'* übergeben wird, wählt create_planar_uncalib_deformable_model_xld die Reduktion der Punkte automatisch.

MinContrast: Mit MinContrast wird festgelegt, welchen Grauwertkontrast die Objektkonturen später bei der Erkennung mit find_planar_uncalib_deformable_model im Bild mindestens besitzen müssen. Mit anderen Worten stellt dieser Parameter somit eine Abgrenzung des Objektes von Rauschen im Bild dar. Eine gute Wahl ist deshalb der Bereich von Grauwertänderungen, der durch das Rauschen im Bild verursacht wird. Falls die Grauwerte z.B. in einem Bereich von 10 Graustufen durch Rauschen schwanken, sollte MinContrast auf 10 gesetzt werden. Falls mehrkanalige Bilder für das Modell und für die Suchbilder verwendet werden, und falls der Parameter Metric auf *'ignore_color_polarity'* gesetzt wird (siehe unten), muss das Rauschen in einem Kanal noch mit der Wurzel der Anzahl der Kanäle multipliziert werden, um MinContrast zu bestimmen. Falls die Grauwerte in einem Kanal z.B. in einem Bereich von 10 Graustufen schwanken, sollte MinContrast bei einem dreikanaligen Bild auf 17 gesetzt werden. Falls das Modell

später in sehr kontrastarmen Bildern erkannt werden soll, muss MinContrast entsprechend klein gewählt werden. Falls das Modell mit erheblichen Verdeckungen erkannt werden soll, sollte MinContrast etwas größer als der Grauwertbereich, der durch das Rauschen verursacht wird, gewählt werden, um eine robuste und genaue Lageschätzung des verdeckten Modells zu gewährleisten.

Metric: Der Parameter Metric legt fest, unter welchen Bedingungen das Muster im Bild noch erkannt wird. Falls Metric = *'use_polarity'*, muss das Objekt im Bild dieselben Kontrasteigenschaften aufweisen wie das Modell. Wenn z.B. das Modell ein helles Objekt auf dunklem Hintergrund ist, wird das Objekt im Bild nur dann gefunden, wenn es auch heller als der Hintergrund ist. Falls Metric = *'ignore_global_polarity'*, wird das Objekt auch dann im Bild gefunden, wenn sich der Kontrast global umkehrt. Im obigen Beispiel würde das Objekt also auch dann gefunden, wenn es dunkler als der Hintergrund ist. Die Laufzeit von find_planar_uncalib_deformable_model erhöht sich in diesem Fall geringfügig. Falls Metric = *'ignore_part_polarity'* oder Metric = *'ignore_local_polarity'*, wird das Modell auch dann gefunden, wenn sich die Kontrastverhältnisse lokal ändern. Dieser Modus kann z.B. dann sinnvoll sein, wenn das Objekt aus einem Teil mittleren Grauwerts besteht, auf dem entweder dunkle oder helle Unterobjekte liegen können. Die obigen vier Metriken können nur auf einkanalige Bilder angewendet werden. Falls in den Suchbildern ein mehrkanaliges Bild übergeben wird, wird stillschweigend nur der erste Kanal des Bildes verwendet. Falls Metric = *'ignore_color_polarity'*, wird das Modell auch dann gefunden, falls sich die Farbkontraste lokal ändern können. Dies ist z.B. der Fall, wenn Teile des Objektes ihre Farbe ändern können, z.B. von rot auf grün. Dieser Modus ist insbesondere dann sinnvoll, wenn nicht vorab bekannt ist, in welchen Kanälen das Objekt zu erkennen ist. Auch hier kann sich die Laufzeit von find_planar_uncalib_deformable_model erheblich erhöhen. Die Metrik *'ignore_color_polarity'* kann auf Bilder mit einer beliebigen Anzahl von Kanälen angewendet werden. Falls sie mit einkanaligen Bildern verwendet wird, hat sie dieselbe Wirkung wie *'ignore_local_polarity'*. Es ist zu beachten, dass für Metric = *'ignore_color_polarity'* die Kanäle nicht einer spektralen Unterteilung des Lichtes (wie z.B. bei einem RGB-Bild) entsprechen müssen. Die Kanäle können z.B. auch durch Beleuchtung des Objektes aus unterschiedlichen Richtungen entstanden sein. Es ist auch zu beachten, dass die beiden ersten Werte für Metric (*'use_polarity'* und *'ignore_global_polarity'*) nur dann verwendet werden können, wenn bei allen Konturen, die in Contours übergeben wurden, das Attribut *'edge_direction'* gesetzt ist, da es die Polarität der Kanten festlegt. Für weitere Informationen zu Konturattributen wie *'edge_direction'* siehe get_contour_attrib_xld. Ansonsten besteht die Möglichkeit, die beiden Werte für Metric mit dem Operator set_planar_uncalib_deformable_model_metric zu setzen, der die Polarität der Konturen aus einem Bild bestimmt.

Achtung

Im Gegensatz zum Operator create_planar_uncalib_deformable_model ist es nicht möglich die Mindestgröße der Modellkomponenten anzugeben. Um kleine Modellkomponenten im Modell zu vermeiden, können kurze Konturen vor dem Aufruf von create_planar_uncalib_deformable_model_xld mit dem Operator select_contours_xld eliminiert werden.

Parameter

- ▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Eingabekonturen, die zum Erzeugen des Modells verwendet werden.
- ▷ **NumLevels** (input_control) ..... integer ⇝ *integer* / string
  Maximale Anzahl von Pyramidenebenen.
  Default: 'auto'
  Wertevorschläge: NumLevels ∈ {'auto', 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}
- ▷ **AngleStart** (input_control) ..... angle.rad-array ⇝ *real*
  Dieser Parameter wird nicht benutzt.
  Default: []
- ▷ **AngleExtent** (input_control) ..... angle.rad-array ⇝ *real*
  Dieser Parameter wird nicht benutzt.
  Default: []
- ▷ **AngleStep** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real* / string
  Schrittweite der Winkel (Auflösung).
  Default: 'auto'
  Wertevorschläge: AngleStep ∈ {'auto', 0.0175, 0.0349, 0.0524, 0.0698, 0.0873}
  Restriktion: AngleStep > 0 && AngleStep <= pi / 16

▷ **ScaleRMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Musters in Zeilenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: ScaleRMin ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleRMin > 0

▷ **ScaleRMax** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Dieser Parameter wird nicht benutzt.
Default: []

▷ **ScaleRStep** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / string
Schrittweite der Skalierung (Auflösung) in Zeilenrichtung.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: ScaleRStep ∈ {'auto', 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
Restriktion: ScaleRStep > 0

▷ **ScaleCMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Musters in Spaltenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: ScaleCMin ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleCMin > 0

▷ **ScaleCMax** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Dieser Parameter wird nicht benutzt.
Default: []

▷ **ScaleCStep** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / string
Schrittweite der Skalierung (Auflösung) in Spaltenrichtung.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: ScaleCStep ∈ {'auto', 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
Restriktion: ScaleCStep > 0

▷ **Optimization** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Art der Optimierung der Modellgenerierung.
Default: 'auto'
Werteliste: Optimization ∈ {'auto', 'none', 'point_reduction_low', 'point_reduction_medium', 'point_reduction_high'}

▷ **Metric** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
Default: 'ignore_local_polarity'
Werteliste: Metric ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity', 'ignore_part_polarity', 'ignore_local_polarity', 'ignore_color_polarity'}

▷ **MinContrast** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Minimaler Kontrast des Objektes in den Suchbildern.
Default: 5
Wertevorschläge: MinContrast ∈ {1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 40}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {[], 'part_size'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer* / real / string
Werte der Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamValue ∈ {[], 'small', 'medium', 'big'}

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . deformable_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_planar_uncalib_deformable_model_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wenn der Parameter NumLevels so gewählt wurde, dass das Modell zu wenige Punkte besitzt, wird die Fehlermeldung 8510 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`read_contour_xld_dxf`, `edges_sub_pix`, `select_contours_xld`

Nachfolger

`find_planar_uncalib_deformable_model`

Siehe auch

`create_planar_uncalib_deformable_model`

Modul

Matching

`deserialize_deformable_model` (: : `SerializedItemHandle` : `ModelID`)

Deserialisieren eines deformierbaren Formmodells.

`deserialize_deformable_model` deserialisiert ein deformierbares Formmodell, welches mit `serialize_deformable_model` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte deformierbare Formmodell wird in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten deformierbaren Formmodell mit dem Handle `ModelID` gespeichert.

Parameter

▷ **`SerializedItemHandle`** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **`ModelID`** (output_control) ..... deformable_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_deformable_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_deformable_model`

Nachfolger

`find_planar_uncalib_deformable_model`, `find_planar_calib_deformable_model`, `find_local_deformable_model`

Siehe auch

`create_planar_uncalib_deformable_model`, `create_planar_calib_deformable_model`, `create_local_deformable_model`

Modul

Matching

determine_deformable_model_params (Template : : NumLevels, AngleStart, AngleExtent, ScaleMin, ScaleMax, Optimization, Metric, Contrast, MinContrast, GenParamName, GenParamValue, Parameters : ParameterName, ParameterValue)

Berechnung der Parameter eines Formmodells.

determine_deformable_model_params berechnet bestimmte Parameter eines deformierbaren Formmodells automatisch aus dem Modellbild Template. Die zu berechnenden Parameter werden in Parameters angegeben. Mit determine_deformable_model_params lassen sich dieselben Parameter automatisch bestimmen, die auch mit create_planar_uncalib_deformable_model durch Setzen des jeweiligen Parameters auf *'auto'* automatisch bestimmt werden können: die Anzahl der Pyramidenebenen des Modells (Parameters = *'num_levels'*), die Winkelschrittweite (Parameters = *'angle_step'*), die Skalierungsschrittweite (Parameters = *'scale_step'* für isotrope Skalierungen bzw. *'scale_r_step'* und/oder *'scale_c_step'* für anisotrope Skalierungen), die Art der Optimierung (Parameters = *'optimization'*), der Schwellenwert (Parameters = *'contrast'*) bzw. die Hystereseschwellenwerte (Parameters = *'contrast_hyst'*) für den Kontrast, die Mindestgröße der Objektteile (Parameters = *'min_size'*) und der minimale Kontrast (Parameters = *'min_contrast'*). Es kann eine beliebige Kombination dieser Parameter bestimmt werden, indem ein Tupel von Werten in Parameters übergeben wird. Falls alle Parameter automatisch bestimmt werden sollen, kann zur Vereinfachung auch der Wert *'all'* übergeben werden. In diesem Fall werden beide Hystereseschwellenwerte bestimmt, d.h. der Operator verhält sich so, als ob *'contrast_hyst'* anstatt *'contrast'* übergeben worden wäre.

determine_deformable_model_params kann hauptsächlich dazu verwendet werden, die obigen Parameter automatisch zu bestimmen, bevor das Modell erzeugt wird. Dies ist vor allem in interaktiven Systemen nützlich, in denen dem Benutzer ein Vorschlag für diese Werte präsentiert wird, der Benutzer diese aber modifizieren kann.

Die berechneten Parameter werden in ParameterName und ParameterValue als Name der Parameter und den jeweiligen Werten zurückgeliefert. Dabei haben die Parameter in ParameterName dieselben Namen wie in Parameters, wobei natürlich der Wert *'all'* durch die entsprechenden Parameternamen ersetzt wird. Eine Ausnahme besteht jedoch für den Parameter *'contrast_hyst'*, für den zwei Werte *'contrast_low'* und *'contrast_high'* zurückgegeben werden.

Die restlichen Parameter (NumLevels, AngleStart, AngleExtent, ScaleMin, ScaleMax, Optimization, Metric, Contrast und MinContrast) haben dieselbe Bedeutung wie bei create_planar_uncalib_deformable_model und find_planar_uncalib_deformable_model. Die Beschreibung der Parameter kann dort nachgelesen werden. Diese Parameter werden von determine_deformable_model_params dazu verwendet, die zu bestimmenden Parameter auf dieselbe Art zu berechnen wie in create_planar_uncalib_deformable_model. Es ist zu beachten, dass in ScaleMin und ScaleMax jeweils ein Wert übergeben werden muss, falls die Parameter eines Formmodells mit isotroper Skalierung bestimmt werden sollen, falls also Parameters *'scale_step'* explizit oder implizit über *'all'* enthält. Falls die Parameter eines Formmodells mit anisotroper Skalierung bestimmt werden sollen, d.h. falls Parameters *'scale_r_step'* oder *'scale_c_step'* explizit oder implizit enthält, müssen in ScaleMin und ScaleMax jeweils zwei Werte angegeben werden. Dabei bezieht sich der jeweils erste Parameter auf die Skalierung in Zeilenrichtung, der jeweils zweite Parameter auf die Skalierung in Spaltenrichtung.

Zu beachten ist, dass determine_deformable_model_params einige Parameter enthält, die auch automatisch bestimmt werden können (NumLevels, Optimization, Contrast, MinContrast). Falls diese Parameter nicht automatisch bestimmt werden sollen, d.h. ihr Name wird nicht in ParameterName übergeben, müssen für die entsprechenden Parameter zulässige Werte übergeben werden. Insbesondere dürfen die entsprechenden Parameter nicht auf *'auto'* gesetzt sein. Sollen diese Parameter dagegen automatisch bestimmt werden, so werden die in den entsprechenden Parametern übergebenen Werte wie folgt behandelt: Sollen die Art der Optimierung oder die (Hysterese)-Schwellenwerte für den Kontrast automatisch bestimmt werden, d.h. ParameterName enthält die Werte *'optimization'* oder *'contrast'* (*'contrast_hyst'*), dann werden die in Optimization bzw. Contrast übergebenen Werte ignoriert. Sollen dagegen die Anzahl an Pyramidenebenen oder der minimale Kontrast automatisch bestimmt werden, d.h. ParameterName enthält die Werte *'num_levels'* oder *'min_contrast'*, dann kann HALCON zwar geeignete Werte ermitteln, zusätzlich besteht jedoch die Möglichkeit, eine obere bzw. untere Grenze anzugeben:

Falls die maximale Anzahl der Pyramidenstufen vorgegeben werden soll, kann NumLevels auf den betreffenden Wert gesetzt werden. Falls in diesem Fall Parameters den Wert *'num_levels'* enthält, kann der berechnete Wert der Anzahl der Pyramidenebenen höchstens NumLevels betragen. Falls NumLevels = *'auto'* (oder *0* für Rückwärtskompatibilität) gesetzt wird, wird die Anzahl der Pyramidenebenen ohne Beschränkung so hoch wie

möglich bestimmt.

Falls der minimale Kontrast vorgegeben werden soll, kann `MinContrast` auf den betreffenden Wert gesetzt werden. Falls in diesem Fall `Parameters` den Wert *'min_contrast'* enthält, beträgt der berechnete Wert des minimalen Kontrastes mindestens `MinContrast`. Falls `MinContrast` = *'auto'* gesetzt wird, wird der minimale Kontrast ohne Beschränkung bestimmt.

Wenn der Benutzer ein kalibriertes, deformierbares Modell mit `create_planar_calib_deformable_model` erzeugen möchte, benötigt er die internen Kameraparameter für die korrekte Schätzung von `ParameterValue`. Die internen Parameter der Kamera können übergeben werden, indem `GenParamName` auf *'cam_param'* gesetzt wird und in `GenParamValue` das Tupel, das die Kamera Parameter enthält, übergeben wird.

Parameter

▷ **`Template`** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object* : byte / uint2
Eingabebild, dessen Definitionsbereich für das Modell verwendet wird.

▷ **`NumLevels`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Maximale Anzahl von Pyramidenebenen.
Default: 'auto'
Werteliste: `NumLevels` ∈ {'auto', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **`AngleStart`** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Kleinste auftretende Rotation des Modells.
Default: -0.39
Wertevorschläge: `AngleStart` ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}

▷ **`AngleExtent`** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Ausdehnung des Winkelbereichs.
Default: 0.79
Wertevorschläge: `AngleExtent` ∈ {6.28, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39}
Restriktion: AngleExtent >= 0

▷ **`ScaleMin`** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Modells.
Default: 0.9
Wertevorschläge: `ScaleMin` ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleMin > 0

▷ **`ScaleMax`** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Größte auftretende Skalierung des Modells.
Default: 1.1
Wertevorschläge: `ScaleMax` ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
Restriktion: ScaleMax >= ScaleMin

▷ **`Optimization`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Optimierung.
Default: 'auto'
Werteliste: `Optimization` ∈ {'auto', 'none', 'point_reduction_low', 'point_reduction_medium', 'point_reduction_high'}

▷ **`Metric`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
Default: 'use_polarity'
Werteliste: `Metric` ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity', 'ignore_local_polarity', 'ignore_color_polarity'}

▷ **`Contrast`** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / string
Schwellenwert bzw. Hystereseschwellenwerte für den Kontrast des Objektes im Musterbild und optional Mindestgröße der Objektteile.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `Contrast` ∈ {'auto', 'auto_contrast', 'auto_contrast_hyst', 'auto_min_size', 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160}

▷ **`MinContrast`** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer* / string
Minimaler Kontrast des Objektes in den Suchbildern.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `MinContrast` ∈ {'auto', 1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 40}
Restriktion: MinContrast < Contrast

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der allgemeinen Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'cam_param'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer / string
Werte der allgemeinen Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamValue ∈ {[]}

▷ **Parameters** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Zu berechnende Parameter.
Default: 'all'
Werteliste: Parameters ∈ {'all', 'num_levels', 'angle_step', 'scale_step', 'scale_r_step', 'scale_c_step', 'optimization', 'contrast', 'contrast_hyst', 'min_size', 'min_contrast'}

▷ **ParameterName** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Name des berechneten Parameters.

▷ **ParameterValue** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Wert des berechneten Parameters.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert determine_deformable_model_params den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wenn die Parameter NumLevels und Contrast so gewählt worden sind, dass das Modell zu wenige Punkte besitzt, oder nicht genügend signifikante Merkmale im Eingabebild vorhanden sind, wird die Fehlermeldung 8510 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

create_planar_uncalib_deformable_model, create_planar_calib_deformable_model, create_local_deformable_model

Siehe auch

find_planar_uncalib_deformable_model, find_planar_calib_deformable_model

Modul

Matching

find_local_deformable_model (Image : ImageRectified, VectorField, DeformedContours : ModelID, AngleStart, AngleExtent, ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleCMin, ScaleCMax, MinScore, NumMatches, MaxOverlap, NumLevels, Greediness, ResultType, GenParamName, GenParamValue : Score, Row, Column)

Suche nach den besten Matches eines lokal deformierbaren Modells in einem Bild.

Der Operator find_local_deformable_model sucht die besten NumMatches Instanzen eines lokal deformierbaren Modells ModelID in dem Suchbild Image. Die Modelle müssen vorher durch create_local_deformable_model oder read_deformable_model erzeugt worden sein.

Im Normalfall wird das Modell innerhalb des Definitionsbereiches des Eingabebildes nur an den Stellen gesucht, an denen das Modell vollständig in das Bild passt. Das bedeutet, dass das Modell nicht gefunden werden kann, wenn es aus dem Bild herausragt, selbst wenn es eine Bewertung größer als MinScore erreichen würde. Außerdem kann es sein, dass das Modell, wenn es in einer der Pyramidenebenen den Bildrand berührt, ebenfalls nicht gefunden wird, auch wenn es im ursprünglichen Bild vollständig enthalten ist. Als Daumenregel gilt hier, dass das Modell dann nicht gefunden werden könnte, wenn seine Distanz zum Bildrand unter $2^{NumLevels-1}$ fällt. Dieses Verhalten kann mit set_system('border_shape_models','true') umgestellt werden, so dass auch

Modelle gefunden werden, die aus dem Bild herausragen, falls sie eine Bewertung größer als MinScore erreichen. Dabei werden Punkte außerhalb des Bildes als verdeckt angesehen, d.h. sie verringern die Bewertung. Es ist zu beachten, dass dieser Modus die Laufzeit der Suche erhöht. Es ist weiter zu beachten, dass in seltenen Fällen, die typischerweise nur in künstlichen Bildern auftreten, auch dann kein Modell gefunden wird, wenn das Modell in einer Pyramidenebene die reduzierte Bilddomäne berührt. In diesem Fall kann es helfen, die Region der Domäne um $2^{NumLevels-1}$, z.B., mit dilation_circle zu vergrößern.

Der Operator find_local_deformable_model gibt die Zeilen Row und Spalten Column der Koordinaten einer gefundenen Instanz zurück. Zusätzlich kann ein rektifizierter Teil des Bildes, das entsprechende Vektorfeld und die Konturen der gefundenen deformierten Modellinstanz in ImageRectified, VectorField und DeformedContours zurückgegeben werden. Die Voreinstellung ist, dass diese ikonischen Objekte nicht zurückgegeben werden. Falls sie gebraucht werden, muss der Parameter ResultType auf *'image_rectified'*, *'vector_field'* oder *'deformed_contours'* gesetzt werden. Die Größe von ImageRectified und VectorField ist das kleinste achsenparallele Rechteck der ROI des Bildes, das verwendet wurde um das lokal deformierbare Model mit create_local_deformable_model zu erzeugen. Die Größe des rektifizierten Bildes und des Vektorfeldes kann in alle Richtungen durch setzen von GenParamName auf *'expand_border'* und des entsprechenden GenParamValue (die Anzahl Pixel) vergrößert werden. Optional kann auch eine spezifische Richtung durch *'expand_border_top'*, *'expand_border_bottom'*, *'expand_border_left'* oder *'expand_border_right'* gesetzt werden. Es ist zu beachten, dass das VectorField vom semantischen Typ 'vector_field_absolute' ist und damit in absoluten Koordinaten angegeben ist, und convert_map_type übergeben werden kann.

Die Glattheit der geschätzten Deformation kann durch Setzen von GenParamName auf *'deformation_smoothness'* angegeben werden. Der Wert für *'deformation_smoothness'* kann als Größe eines Glättungsfilters, der auf das Deformationsfeld angewendet wird, verstanden werden. Ein sehr kleiner Wert erwartet eine starke Deformation, ein sehr großer Wert ein rigides Objekt. Der minimale Wert für *'deformation_smoothness'* ist *3*, ein typischer Wert ist *11*. Für Fälle in denen nur sehr kleine globale Deformationen erwartet werden, sollte der Wert weiter erhöht werden.

Zusätzlich wird in Score die Bewertung der gefundenen Instanzen zurückgegeben. Die Bewertung ist eine Zahl zwischen 0 und 1 und ist ein ungefähres Maß dafür, welcher Anteil des Modells im Bild zu sehen ist.

Für eine weitere Erklärung des deformierbaren Modells und seiner Parameter sei auf die Beschreibung in find_planar_uncalib_deformable_model verwiesen.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild, in dem das Modell gefunden werden soll.
- ▷ **ImageRectified** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Rektifizierter Bildausschnitt.
- ▷ **VectorField** (output_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* vector_field
  Vektorfeld des gefundenen Modells.
- ▷ **DeformedContours** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Die deformierten Konturen des gefundenen Modells.
- ▷ **ModelID** (input_control) ..... deformable_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells.
- ▷ **AngleStart** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Rotation des Modells.
  Default: -0.39
  Wertevorschläge: AngleStart ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}
- ▷ **AngleExtent** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Ausdehnung des Winkelbereichs.
  Default: 0.79
  Wertevorschläge: AngleExtent ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39, 0.0}
  Restriktion: AngleExtent >= 0
- ▷ **ScaleRMin** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Skalierung des Modells in Zeilenrichtung.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: ScaleRMin ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Restriktion: ScaleRMin > 0

▷ **ScaleRMax** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Größte auftretende Skalierung des Modells in Zeilenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: ScaleRMax ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
Restriktion: ScaleRMax >= ScaleRMin

▷ **ScaleCMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Modells in Spaltenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: ScaleCMin ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleCMin > 0

▷ **ScaleCMax** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Größte auftretende Skalierung des Modells in Spaltenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: ScaleCMax ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
Restriktion: ScaleCMax >= ScaleCMin

▷ **MinScore** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen des Modells.
Default: 0.5
Wertevorschläge: MinScore ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ MinScore ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **NumMatches** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der zu findenden Instanzen des Modells (oder 0 für alle Treffer).
Default: 1
Wertevorschläge: NumMatches ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}

▷ **MaxOverlap** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximale Überlappung der zu findenden Instanzen des Modells.
Default: 1.0
Wertevorschläge: MaxOverlap ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ MaxOverlap ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der verwendeten Pyramidenebenen.
Default: 0
Werteliste: NumLevels ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **Greediness** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
„Gierigkeit“ der Suchheuristik (0: sicher aber langsam; 1: schnell aber Matches können „übersehen“ werden).
Default: 0.9
Wertevorschläge: Greediness ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ Greediness ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **ResultType** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Die zu berechnenden ikonischen Ergebnisse.
Default: []
Werteliste: ResultType ∈ {[], 'image_rectified', 'vector_field', 'deformed_contours'}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {[], 'subpixel', 'angle_step', 'scale_r_step', 'scale_c_step', 'deformation_smoothness', 'expand_border', 'expand_border_top', 'expand_border_bottom', 'expand_border_left', 'expand_border_right'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer* / real / string
Werte der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamValue ∈ {[], 'none', 'least_squares', 'least_squares_high',

'least_squares_very_high'}

▷ **Score** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Bewertung der gefundenen Instanzen des Modells.

▷ **Row** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinate des gefundenen Modells.

▷ **Column** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinate des gefundenen Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `find_local_deformable_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`create_local_deformable_model`, `create_local_deformable_model_xld`, `read_deformable_model`

Modul

Matching

find_planar_calib_deformable_model (Image : : ModelID, AngleStart, AngleExtent, ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleCMin, ScaleCMax, MinScore, NumMatches, MaxOverlap, NumLevels, Greediness, GenParamName, GenParamValue : Pose, CovPose, Score)

Suche nach den besten Matches eines kalibrierten, deformierbaren Modells in einem Bild und bestimme ihre 3D-Lage.

Der Operator `find_planar_calib_deformable_model` findet die besten `NumMatches` Instanzen eines projektiv verzerrten, deformierbaren Modells `ModelID` im Suchbild `Image`. Das Modell muss vorher durch Aufruf von `create_planar_calib_deformable_model` oder `read_deformable_model` erzeugt worden sein. Es müssen keine Verzeichnungen in `Image` korrigiert werden, da bei der Erstellung des Modells bereits Kalibierdaten übergeben wurden. Der Operator `find_planar_calib_deformable_model` liefert die 3D Lage `Pose` der gefundenen Instanzen im Kamerakoordinatensystem zurück.

Zusätzlich zu der Pose wird die Genauigkeit der sechs Positionsparameter in `CovPose` zurückgeliefert. Normalerweise enthält `CovPose` die 6 Standardabweichungen der Pose Parameter für jeden Match. Falls der Parameter *'cov_pose_mode'* auf *'covariances'* gesetzt wurde, enthält `CovPose` die 36 Werte der gesamten 6×6 Kovarianzmatrix der 6 Positionsparameter. Es ist zu beachten das dies nur die innere Genauigkeit darstellt und sie deshalb von der echten Genauigkeit abweichen kann. Schließlich wird eine Bewertung für jede Instanz in `Score` zurückgegeben. Die Bewertung ist eine Zahl zwischen 0 und 1, was eine angenäherte Messung ist, und beschreibt wie viel des Modells im Bild sichtbar ist.

Für eine weitere Erklärung des planaren, deformierbaren Modells und seiner Parameter sei auf die Beschreibung in `find_planar_uncalib_deformable_model` verwiesen.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild, in dem das Modell gefunden werden soll.

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . deformable_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

▷ **AngleStart** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Kleinste auftretende Rotation des Modells.
Default: -0.39
Wertevorschläge: `AngleStart` ∈ {-3.14, -1.57, -0.78, -0.39, -0.20, 0.0}

▷ **AngleExtent** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Ausdehnung des Winkelbereichs.
Default: 0.78
Wertevorschläge: AngleExtent ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.78, 0.39, 0.0}
Restriktion: AngleExtent >= 0

▷ **ScaleRMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Modells in Zeilenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: ScaleRMin ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleRMin > 0

▷ **ScaleRMax** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Größte auftretende Skalierung des Modells in Zeilenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: ScaleRMax ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
Restriktion: ScaleRMax >= ScaleRMin

▷ **ScaleCMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Modells in Spaltenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: ScaleCMin ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleCMin > 0

▷ **ScaleCMax** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Größte auftretende Skalierung des Modells in Spaltenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: ScaleCMax ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
Restriktion: ScaleCMax >= ScaleCMin

▷ **MinScore** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen des Modells.
Default: 0.5
Wertevorschläge: MinScore ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ MinScore ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **NumMatches** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der zu findenden Instanzen des Modells (oder 0 für alle Treffer).
Default: 1
Wertevorschläge: NumMatches ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}

▷ **MaxOverlap** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximale Überlappung der zu findenden Instanzen des Modells.
Default: 1.0
Wertevorschläge: MaxOverlap ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ MaxOverlap ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der verwendeten Pyramidenebenen (und unterste zu verwendende Pyramidenebene falls |NumLevels| = 2).
Default: 0
Werteliste: NumLevels ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **Greediness** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
„Gierigkeit“ der Suchheuristik (0: sicher aber langsam; 1: schnell, aber Matches können „übersehen“ werden).
Default: 0.9
Wertevorschläge: Greediness ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ Greediness ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der allgemeinen Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {[], 'subpixel', 'angle_change_restriction', 'aniso_scale_change_restriction', 'angle_step', 'scale_r_step', 'scale_c_step', 'cov_pose_mode'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer* / real / string
Werte der allgemeinen Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamValue ∈ {[], 'least_squares', 'least_squares_high', 'least_squares_very_high', 'standard_deviations', 'covariances'}

▷ **Pose** (output_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
Pose des Objekts.

▷ **CovPose** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
6 Standardabweichungen bzw. 36 Kovarianzen der Poseparameter.

▷ **Score** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Bewertung der gefundenen Instanzen des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert find_planar_calib_deformable_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

create_planar_calib_deformable_model, read_deformable_model

Modul

Matching

find_planar_uncalib_deformable_model (Image : : ModelID, AngleStart, AngleExtent, ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleCMin, ScaleCMax, MinScore, NumMatches, MaxOverlap, NumLevels, Greediness, GenParamName, GenParamValue : HomMat2D, Score)

Unkalibrierte Suche nach den besten Matches eines planaren deformierbaren Modells in einem Bild.

Der Operator find_planar_uncalib_deformable_model sucht die besten NumMatches Instanzen eines perspektivisch verzerrten deformierbaren Modells ModelID in dem Suchbild Image. Die Modelle müssen vorher durch create_planar_uncalib_deformable_model oder read_deformable_model erzeugt worden sein.

HomMat2D bestimmt die projektive Transformation (Homographie), welche die Lage des gefundenen Matches beschreibt. Falls mehrere Objekte gefunden werden, werden die verschiedenen Homographien aneinandergefügt. Dann kann eine einzelne Homographie mittels tuple_select_range(HomMat2D,Index*9,(Index+1) extrahiert werden. Die verschiedenen Ergebnisse sind nach absteigendem Score sortiert.

Die Zeilen- und Spaltenkoordinaten des Ursprungs des deformierbaren Modells im Suchbild können durch Aufruf von projective_trans_pixel(HomMat2D,0,0,Row,Column) bestimmt werden.

Normalerweise ist der Ursprung des Modells der Schwerpunkt der Bildregion, welche zur Erzeugung des Formmodells mittels create_planar_uncalib_deformable_model verwendet wurde. Der Ursprung kann mit set_deformable_model_origin modifiziert werden.

Die Modellkonturen der gefundenen Instanzen können mittels projective_trans_contour_xld visualisiert werden. Dazu übergibt man die Homographie HomMat2D und die Modellkontur, welche zuvor durch get_deformable_model_contours extrahiert wurden.

Der Score ist eine Bewertung im Intervall 0 bis 1. Dieser kann darauf hinweisen, wie viel des Modells im Bild sichtbar ist.

Beispiel: Die Hälfte des Modells ist im Bild verdeckt. Folglich kann die Bewertung nicht größer als 0.5 sein.

Eingabeparameter im Detail

Image: Der Definitionsbereich des Bildes Image gibt den Suchbereich für den Referenzpunkt des Modells an, d.h. für den Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des deformierbaren Modells mit create_planar_uncalib_deformable_model verwendet wurde. Ein eventuell mit set_deformable_model_origin anders gesetzter Ursprung wird nicht berücksichtigt. Das Modell wird innerhalb des Definitionsbereiches des Eingabebildes nur an den Stellen gesucht, an denen das Modell vollständig in das Bild passt. Das bedeutet, dass das Modell nicht gefunden werden kann, wenn es aus dem Bild herausragt, selbst wenn eine Bewertung größer als MinScore erreichen würde (siehe unten). Außerdem kann es sein, dass das Modell, wenn es in einer der Pyramidenebenen den Bildrand berührt, ebenfalls nicht gefunden wird, auch wenn es im ursprünglichen Bild vollständig enthalten ist. Als Daumenregel gilt hier, dass das Modell dann nicht gefunden werden könnte, wenn seine Distanz zum Bildrand unter $2^{NumLevels-1}$ fällt. Dieses Verhalten kann mit set_system('border_shape_models','true') umgestellt werden, so dass auch Modelle gefunden werden, die aus dem Bild herausragen, falls sie eine Bewertung größer als MinScore erreichen. Dabei werden Punkte außerhalb des Bildes als verdeckt angesehen, d.h. sie verringern die Bewertung. Es ist zu beachten, dass dieser Modus die Laufzeit der Suche erhöht. Es ist weiter zu beachten, dass in seltenen Fällen, die typischerweise nur in künstlichen Bildern auftreten, auch dann kein Modell gefunden wird, wenn das Modell in einer Pyramidenebene die reduzierte Bilddomäne berührt. In diesem Fall kann es helfen, die Region der Domäne um $2^{NumLevels-1}$, z.B., mit dilation_circle zu vergrößern.

Winkel- und Skalierungs-Parameter: Die Parameter AngleStart, AngleExtent, ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleCMin und ScaleCMax legen einen grundsätzlichen Bereich bis zu einer anisotropen Transformation fest, der auf der obersten Pyramidenstufe des Bildes erschöpfend durchsucht wird. Die Parameter AngleStart und AngleExtent legen den Winkelbereich für die möglichen Rotationen des Modells im Bild fest, die erschöpfend durchsucht werden. ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleCMin und ScaleCMax bestimmen den möglichen Bereich von anisotropen Skalierungen die im Bild erschöpfend durchsucht werden. Eine Skalierung von 1 für beide Skalierungsfaktoren entspricht der Originalgröße des Modells.

Es ist zu beachten, dass der Operator find_planar_uncalib_deformable_model Objekte außerhalb dieses Bereiches, z.B. auch dann wenn das Objekt perspektivisch verzerrt ist, findet. Demzufolge sind die Bereichsparameter eine Art Hinweis für den Suchalgorithmus find_planar_uncalib_deformable_model, und ausgehend von diesem Bereich kann in einem größeren Bereich, der von der Anzahl der Pyramidenstufen wie auch vom Bildinhalt abhängt, detektiert werden. Es ist zum Beispiel wichtig zu beachten, dass kleine Skalierungsunterschiede ohne die explizite Angabe eines Skalierungsbereichs detektiert werden, was zu einer schnelleren Ausführungszeit führt.

Falls das Objekt signifikante Skalierungsunterschiede aufweist, aber nur kleine perspektivische Verzeichnungen, benötigt man nur eine isotrope Skalierung und ScaleCMin wie auch ScaleCMax sollten auf den Wert *1.0* gesetzt werden, um zu signalisieren, dass keine anisotrope Skalierung benötigt wird. Falls das Objekt auch unter deutlichen Verkippungen erkannt werden soll, benötigt man eine anisotrope Skalierung. In diesem Fall wird die anisotrope Skalierung durch ScaleRMin und ScaleRMax in Zeilenrichtung, und durch ScaleCMin und ScaleCMax in Spaltenrichtung eingestellt.

Es ist zu beachten, dass die Transformationen intern so behandelt werden, dass erst die Skalierungen und dann die Rotation angewendet werden. Daher sollte das Modell im Normalfall so ausgerichtet werden, dass es im Modellbild horizontal oder vertikal erscheint.

Zusätzlich verwendet find_planar_uncalib_deformable_model die Parameter *'angle_step'*, *'scale_r_step'* und *'scale_c_step'*, die bei der Modellerstellung vom Operator create_planar_uncalib_deformable_model gesetzt wurden, oder aber, wie unten beschrieben, mit den generischen Parametern GenParamName und GenParamValue gesetzt werden können.

Der Parameter *'angle_step'* bestimmt die Schrittweite innerhalb des ausgewählten Winkelbereichs. Der Parameter *'angle_step'* sollte aufgrund der Größe des Objekts gewählt werden. Kleinere Modelle besitzen nur eine kleine Anzahl von verschiedenen diskreten Rotationen im Bild. Deshalb sollte *'angle_step'* für kleinere Modelle größer gewählt werden. Falls AngleExtent kein ganzzahliges Vielfaches von *'angle_step'* ist, wird *'angle_step'* entsprechend angepasst. Die Parameter *'scale_r_step'* und *'scale_c_step'* bestimmen die Schrittweite innerhalb des Skalierungsbereichs. Wie auch *'angle_step'* sollten *'scale_r_step'* und *'scale_c_step'* aufgrund der Größe des Modells gewählt werden. Falls der jeweilige Skalierungsbereich kein ganzzahliges Vielfaches von *'scale_r_step'* und *'scale_c_step'* ist, werden *'scale_r_step'* und *'scale_c_step'* entsprechend angepasst.

MinScore: Der Parameter MinScore bestimmt, welchen Score ein potenzieller Match mindestens haben muss, damit er als Instanz des Modells im Bild angesehen wird. Umso höher MinScore gewählt wird, umso schneller wird die Suche im Bild. Falls das Modell niemals verdeckt wird, kann MinScore sogar auf *0.8* oder sogar *0.9* gesetzt werden.

NumMatches: Die maximale Anzahl der Instanzen, die gefunden werden können, kann mit NumMatches angegeben werden. Falls mehr als NumMatches Instanzen einen Wert größer als MinScore haben, werden nur die besten NumMatches zurückgegeben. Falls weniger als NumMatches gefunden werden, wird nur diese Anzahl zurückgegeben, das heißt, dass der Parameter MinScore Vorrang vor NumMatches hat. Sollen alle Modellinstanzen, deren Bewertung MinScore übersteigt, im Bild gefunden werden, muss NumMatches auf *0* gesetzt werden. In seltenen Fällen muss NumMatches auf einen höheren Wert als die beabsichtigte Anzahl von gefundenen Instanzen gesetzt werden. Das ist z.B. der Fall, wenn ein kleiner Wert für MinScore gesetzt wurde.

Beim Tracken der Matches durch die Bildpyramide werden auf jeder Ebene Matches verworfen, die wenig vielversprechend sind. Dadurch ist es möglich, dass Matches verworfen werden, die auf der niedrigsten Pyramidenebene einen höheren Score gehabt hätten. Beispielsweise kann das dazu führen, dass der gefundene Match für NumMatches gleich *1* nicht mit dem Match mit dem höchsten Score übereinstimmt, der von NumMatches gleich *0* oder > *1* zurückgegeben wird.

Falls erwartet wird, dass mehrere Objekte mit einem ähnlichen Score gefunden werden können, aber nur das Modell mit dem höchsten Score zurückgegeben werden soll, kann es vorteilhaft sein, NumMatches zu erhöhen, und dann den Match mit dem höchsten Score auszuwählen.

MaxOverlap: Falls das Modell Symmetrien aufweist, kann es vorkommen, dass mehrere Instanzen an ähnlichen Positionen im Bild, aber mit verschiedenen Rotationen gefunden werden. Mit dem Parameter MaxOverlap kann bestimmt werden, um welchen Anteil, ausgedrückt als Zahl zwischen 0 und 1, sich zwei Instanzen höchstens überlappen dürfen, damit sie als verschieden angesehen werden, und somit zurückgeliefert werden. Falls sich zwei Instanzen um mehr als MaxOverlap überlappen, wird nur die beste gefundene Instanz zurückgeliefert. Die Berechnung der Überlappung erfolgt anhand der kleinsten umschließenden Rechtecke beliebiger Orientierung der Konturen (siehe smallest_rectangle2). Bei MaxOverlap=*0* dürfen sich die gefundenen Instanzen nicht überlappen, bei MaxOverlap=*1* werden alle gefundenen Instanzen zurückgeliefert.

GenParamName, GenParamValue: Mit Hilfe der generischen Parameter GenParamName und GenParamValue können mögliche Parameter angepasst werden, die typischerweise nicht von dem Benutzer verändert werden müssen. Grundsätzlich wird die Position mit hoher Subpixelgenauigkeit (*'least_squares_very_high'*) durch eine Kleinste-Quadrate Ausgleichung berechnet, das heißt, das die Abstände von Modellpunkten zu ihren korrespondierenden Bildpunkten minimiert werden. Falls diese hohe Genauigkeit von einer Anwendung nicht benötigt wird, kann die Subpixelgenaue Verfeinerung verringert oder sogar ganz ausgeschaltet werden, um die Laufzeit zu verkürzen. Hierzu wird *'subpixel'* in GenParamName und *'none'*, *'least_squares'* oder *'least_squares_high'* für GenParamValue übergeben. Eine weitere Anwendung für GenParamName und GenParamValue ist das Überschreiben der Diskretisierungsschritte des Parameterraums *'angle_step'*, *'scale_r_step'* und *'scale_c_step'*, die definiert wurden als das Model mit create_planar_uncalib_deformable_model erzeugt wurde.

Wie in create_planar_uncalib_deformable_model beschrieben, führt der deformierbare Matching-Algorithmus eine vollkommene Suche des Basissuchbereichs, der mit AngleStart, AngleExtent, ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleCMin und ScaleCMax angegeben wird, aus. Um die Erkennung von sogar perspektivisch verzeichneten Objekten zu erlauben, wird eine zusätzliche Transformation geschätzt. Diese zusätzliche Transformation bring das Modell vom ursprünglichen Suchbereich in einen größeren, perspektivisch verzeichneten Suchbereich. Dadurch, dass perspektivische Verzeichnungen erlaubt werden, steigt das Risiko von falschen Matches. Eine zusätzliche Verwendung des Parameters GenParamName ist es, falsch als positiv Klassifizierte Matches zu verwerfen. Das ist zum Beispiel nötig, falls ein kleiner Wert in MinScore angegeben wurde und das Bild signifikanten Hintergrund mit ähnlichem Aussehen wie das Modell enthält.

Um beliebige, zufällige, perspektivische Verzeichnungen zu unterdrücken, können die Parameter *'angle_change_restriction'* und *'aniso_scale_change_restriction'* in GenParamName verwendet werden. Mit *'angle_change_restriction'* wird die maximal tolerierte Winkelverzeichnung eingeschränkt. Als Standardwert wird $\frac{\pi}{2}$ verwendet, welcher Ergebnisse mit beliebigen Deformationen zulässt. Wird für *'angle_change_restriction'* der Wert *0* gesetzt, wird keinerlei Deformation erlaubt. Es sollten Werte im Intervall $[0, \frac{\pi}{2}]$ verwendet werden. Der Parameter überprüft, ob ein Winkel von 90 Grad an den Ecken des an den Achsen ausgerichteten Rechtecks um die Modellpunkte um mehr als den korrespondierenden GenParamValue für die Modellinstanz verändert wird. Es ist zu beachten, dass dieser Parameter sowohl den affinen (die

Scherung) als auch den perspektivischen Anteil der Transformation einschränkt. Zum Beispiel kann mit *'angle_change_restriction'* ein rechteckiges Modell davon abgehalten werden sich zu einem Parallelogramm oder Trapez zu verformen.

Mit dem Parameter *'aniso_scale_change_restriction'* kann der anisotrope Skalierungsanteil eingeschränkt werden (der kleinere Anteil geteilt durch den größeren Skalierungsfaktor). Der Wertebereich dieses Parameters reicht vom Standardwert *0.0*, der beliebige Deformationen erlaubt, bis zu *1.0*, wo keine Deformationen erlaubt sind. Ein Beispiel dafür ist, dass mit diesem Parameter ein quadratisches Modell nicht zu einem rechteckigen Modell verformt werden kann.

NumLevels: Mit `NumLevels` wird die Anzahl der Pyramidenebenen festgelegt, die bei der Suche verwendet werden soll. Die Anzahl der Ebenen wird gegebenenfalls auf den bei der Erzeugung mit `create_planar_uncalib_deformable_model` angegebenen Bereich beschnitten. Falls `NumLevels` als *0* angegeben wird, wird die mit `create_planar_uncalib_deformable_model` angegebene Anzahl verwendet.

Greediness: Der Parameter `Greediness` bestimmt, wie „gierig" die Suche durchgeführt werden soll. Für `Greediness`=*0* wird eine sichere Suchheuristik verwendet, die das Modell, falls im Bild vorhanden, immer findet, wenn die anderen Parameter passend gesetzt sind. Allerdings ist die Suche hiermit relativ zeitaufwendig. Für `Greediness`=*1* wird eine unsichere Suchheuristik verwendet, bei der es in seltenen Fällen vorkommen kann, dass das Modell nicht gefunden wird, obwohl es im Bild sichtbar ist. Für `Greediness`=*1* wird die maximale Suchgeschwindigkeit erreicht. In den allermeisten Fällen wird das Formmodell für `Greediness`=*0.9* immer sicher gefunden.

Ausgabeparameter im Detail

HomMat2D: Die projektive Transformation (Homographie), die die Position der gefundenen Instanzen des Modells angeben, wird in `HomMat2D` zurückgegeben. Falls mehrere Objekte gefunden werden, werden die verschiedenen Homographien aneinandergefügt. Eine einzelne Homographie kann mittels `tuple_select_range(HomMat2D,Index*9,(Index+1)` extrahiert werden. Die gefundenen Ergebnisse werden absteigend nach `Score` sortiert. Die Zeilen- und Spaltenkoordinaten sind die Koordinaten des Ursprungs des deformierbaren Modells im Suchbild, welches durch einen Aufruf von `projective_trans_pixel(HomMat2D,0,0,Row,Column)` gefunden werden kann. Standardmäßig ist der Ursprung der Schwerpunkt der Domäne (Region) des Bildes, welches zur Erzeugung des deformierbaren Modells mit `create_planar_uncalib_deformable_model` verwendet wurde. Ein anderer Ursprung kann mit `set_deformable_model_origin` gesetzt werden. Zu Visualisierungszwecken können die Modellkonturen, die mit `get_deformable_model_contours` extrahiert wurden, mit `projective_trans_contour_xld` and die Stelle projiziert werden, an der die Instanz gefunden wurde (angegeben durch `HomMat2D`).

Score: Zusätzlich wird eine Bewertung für jede gefundene Instanz in `Score` zurückgegeben. Die Bewertung ist eine Zahl zwischen 0 und 1 und ist ein ungefähres Maß dafür, wie viel von dem Modell im Bild sichtbar ist. Ist beispielsweise die Hälfte des Modells verdeckt, so kann die Bewertung nicht über 0.5 liegen.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild, in dem das Modell gefunden werden soll.

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . deformable_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

▷ **AngleStart** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Kleinste auftretende Rotation des Modells.
Default: -0.39
Wertevorschläge: `AngleStart` ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}

▷ **AngleExtent** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Ausdehnung des Winkelbereichs.
Default: 0.78
Wertevorschläge: `AngleExtent` ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39, 0.0}
Restriktion: AngleExtent >= 0

▷ **ScaleRMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Modells in Zeilenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `ScaleRMin` ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleRMin > 0

▷ **ScaleRMax** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Größte auftretende Skalierung des Modells in Zeilenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: ScaleRMax ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
Restriktion: ScaleRMax >= ScaleRMin

▷ **ScaleCMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Modells in Spaltenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: ScaleCMin ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleCMin > 0

▷ **ScaleCMax** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Größte auftretende Skalierung des Modells in Spaltenrichtung.
Default: 1.0
Wertevorschläge: ScaleCMax ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
Restriktion: ScaleCMax >= ScaleCMin

▷ **MinScore** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen des Modells.
Default: 0.5
Wertevorschläge: MinScore ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ MinScore ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **NumMatches** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der zu findenden Instanzen des Modells (oder 0 für alle Treffer).
Default: 1
Wertevorschläge: NumMatches ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}

▷ **MaxOverlap** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximale Überlappung der zu findenden Instanzen des Modells.
Default: 1.0
Wertevorschläge: MaxOverlap ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ MaxOverlap ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der verwendeten Pyramidenebenen (und unterste zu verwendende Pyramidenebene falls |NumLevels| = 2).
Default: 0
Werteliste: NumLevels ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **Greediness** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
„Gierigkeit“ der Suchheuristik (0: sicher aber langsam; 1: schnell aber Matches können „übersehen“ werden).
Default: 0.9
Wertevorschläge: Greediness ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ Greediness ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der allgemeinen Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {[], 'subpixel', 'angle_change_restriction', 'aniso_scale_change_restriction', 'angle_step', 'scale_r_step', 'scale_c_step'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer* / real / string
Werte der allgemeinen Parameter.
Default: []
Werteliste: GenParamValue ∈ {[], 'none', 'least_squares', 'least_squares_high', 'least_squares_very_high'}

▷ **HomMat2D** (output_control) . . . . . hom_mat2d(-array) ⇝ *real*
Homographie zwischen Modell und gefundenem Objekt.

▷ **Score** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Bewertung der gefundenen Instanzen des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `find_planar_uncalib_deformable_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`create_planar_uncalib_deformable_model`, `read_deformable_model`

Alternativen

`find_planar_calib_deformable_model`

Modul

Matching

get_deformable_model_contours (: ModelContours : ModelID, Level :)

Auslesen der Konturrepräsentation eines Formmodells.

Der Operator `get_deformable_model_contours` gibt in `ModelContours` eine Repräsentation des Formmodells `ModelID` als XLD-Konturen zurück. Der Parameter `Level` gibt an, für welche Pyramidenstufe des Modells die Konturrepräsentation zurückgegeben werden soll. Die Konturen können z.B. zur Visualisierung der gefundenen Instanzen des Modells verwendet werden.

Im Falle, dass das Modell mit `create_planar_calib_deformable_model_xld` erzeugt wurde, wird die Kontur des Modells standardmäßig im Weltkoordinatensystem in metrischem Maß zurückgegeben. Für die Visualisierung müssen die Konturen mit der zurückgelieferten Pose transformiert werden.

In allen anderen Fällen wird die Kontur des Modells standardmäßig im Bildkoordinatensystem im Pixelmaß zurückgegeben. Für den kalibrierten Fall handelt es sich dabei um das rektifizierte Bildkoordinatensystem. Das rektifizierte Bildkoordinatensystem entspricht dem Koordinatensystem eines Bildes, das man mit `change_radial_distortion_image` unter Verwendung der rektifizierten Kameraparameter erhält. Die rektifizierten Kameraparameter lassen sich mit `get_deformable_model_params` abfragen. Es ist darauf zu achten, dass die Lage von `ModelContours` so normalisiert worden ist, dass der Referenzpunkt des Modells (siehe `set_deformable_model_origin`) an der Pixelposition $(0, 0)$ liegt. D.h., die Konturen müssen mit der Homographie lediglich an die gefundene Stelle transformiert werden.

Das Standardverhalten kann mit dem generischen Parameter *'get_deformable_model_contours_coord_system'* des Operators `set_deformable_model_param` geändert werden.

Parameter

▷ **ModelContours** (output_object) . . . . . xld_cont-array ⇝ *object*
Konturrepräsentation des Formmodells.

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . deformable_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

▷ **Level** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Pyramidenebene, für die die Konturrepräsentation zurückgegeben werden soll.
Default: 1
Wertevorschläge: `Level` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}
Restriktion: Level >= 1

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert `get_deformable_model_contours` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_planar_uncalib_deformable_model`, `create_planar_uncalib_deformable_model_xld`, `read_deformable_model`, `create_planar_calib_deformable_model`, `create_planar_calib_deformable_model_xld`, `create_local_deformable_model`, `create_local_deformable_model_xld`

Siehe auch

`set_deformable_model_param`, `find_planar_uncalib_deformable_model`, `find_planar_calib_deformable_model`

Modul

Matching

get_deformable_model_origin (: : ModelID : Row, Column)

Auslesen des Ursprungs (Referenzpunktes) eines deformierbaren Modells.

Der Operator `get_deformable_model_origin` gibt den Ursprung (Referenzpunkt) des Formmodells `ModelID` zurück. Der Ursprung wird relativ zum Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des Formmodells mit `create_planar_uncalib_deformable_model` verwendet wurde, angegeben. Ein Ursprung von (0,0) heißt also, dass der Schwerpunkt der Region des Modellbildes verwendet wird. Ein Ursprung von (-20,-40) heißt, dass der Ursprung links oberhalb des Schwerpunktes liegt.

Parameter

▷ **ModelID** (input_control) ..... deformable_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

▷ **Row** (output_control) ..... point.y ⇝ *real*
Zeilenkoordinate des Ursprungs des deformierbaren Modells.

▷ **Column** (output_control) ..... point.x ⇝ *real*
Spaltenkoordinate des Ursprungs des deformierbaren Modells.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert `get_deformable_model_origin` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_planar_uncalib_deformable_model`, `read_deformable_model`, `set_deformable_model_origin`

Nachfolger

`find_planar_uncalib_deformable_model`

Siehe auch

`area_center`

Modul

Matching

get_deformable_model_params (: : ModelID,
GenParamName : GenParamValue)

Auslesen der Parameter eines 3D-Formmodells.

Der Operator get_deformable_model_params erlaubt es die Parameter eines deformierbaren Modells zu ermitteln. Die Namen der gewünschten Parameter werden als generische Parameter in GenParamName übergeben und die korrespondierenden Werte in GenParamValue zurückgegeben.

Die folgenden Parameter können ermittelt werden:

'cam_param': Interne Parameter der Kamera, die für den kalibrierten Fall verwendet wird.

'cam_param_rect': Rektifizierte interne Parameter der Kamera, die für den kalibrierten Fall verwendet wird.

'reference_pose': Die Referenzposition und Orientierung des kalibrierten, deformierbaren Modells. Die zurückgelieferte Position beschreibt die Ebene in der das Model liegt, das der Benutzer übergeben hat.

'model_pose': Referenzposition und Orientierung des deformierbaren Modells. Die zurückgelieferte Position beschreibt die Position des internen verwendeten metrischen 3D Modells, das für die Modellgenerierung verwendet wird. Die Pose bezieht sich dabei auf den Schwerpunkt des Modells, falls der Referenzpunkt nicht explizit mit set_deformable_model_origin gesetzt wurde.

'angle_start': Der kleinste Rotationswinkel des Modells.

'angle_extent': Die Ausdehnung des Winkelbereichs des Modells.

'angle_step': Schrittweite der Winkel (Auflösung) des Modells.

'scale_r_min': Kleinste auftretende Skalierung des Musters in Zeilenrichtung.

'scale_r_max': Größte auftretende Skalierung des Musters in Zeilenrichtung.

'scale_r_step': Schrittweite der Skalierung (Auflösung) in Zeilenrichtung.

'scale_c_min': Kleinste auftretende Skalierung des Musters in Spaltenrichtung.

'scale_c_max': Größte auftretende Skalierung des Musters in Spaltenrichtung.

'scale_c_step': Schrittweite der Skalierung (Auflösung) in Spaltenrichtung.

'num_levels': Maximale Anzahl der Pyramidenebenen.

'optimization': Art der Optimierung der Modellgenerierung.

'min_size': Minimale Größe der Kanten eines Modells.

'min_contrast': Minimaler Kontrast der Objekte im Suchbild.

'metric': Das verwendete Ähnlichkeitsmaß.

'model_row': Zeilenkoordinate des Ursprungs im radial entzerrten Modellbild.

'model_col': Spaltenkoordinate des Ursprungs im radial entzerrten Modellbild.

'model_type': Die Art des Modells: *'planar_uncalib'*, *'planar_calib'* oder *'local'*.

'created_from_xld': Wurde das Model aus XLD erzeugt oder aus einem Bild: *'created_from_xld'* oder *'created_from_image'*.

'get_deformable_model_contours_coord_system': Koordinatensystem (*'image'* oder *'world'*), in dem die Konturen beim Aufruf des Operators get_deformable_model_contours zurückgegeben werden.

Eine detaillierte Beschreibung der Parameter kann bei dem Operator create_planar_uncalib_deformable_model und create_planar_calib_deformable_model oder bei get_deformable_model_contours gefunden werden.

Obwohl der Parameter Contrast bei der Erstellung des Modells automatisch bestimmt werden kann, ist es nicht möglich, seinen Wert mit dem Operator get_deformable_model_params abzufragen. Stattdessen soll der Operator determine_deformable_model_params verwendet werden, um seinen Wert abzufragen.

Es ist möglich, mehrere Parameterwerte durch einen Operatoraufruf abzufragen, indem ein Tupel von Namen aller gewünschten Parameter in GenParamName übergeben wird. Als Ergebnis wird ein Tupel der gleichen Länge in GenParamValue zurückgeliefert. Es ist zu beachten das dies nur für Parameter möglich ist, die nur einen Rückgabeparameter haben.

Parameter

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . deformable_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die für das deformierbare Modell abgefragt werden sollen.
Default: 'angle_start'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'cam_param', 'cam_param_rect', 'angle_start', 'angle_extent', 'angle_step', 'scale_r_min', 'scale_r_max', 'scale_r_step', 'scale_c_min', 'scale_c_max', 'scale_c_step', 'optimization', 'metric', 'min_contrast', 'num_levels', 'min_size', 'reference_pose', 'model_pose', 'model_row', 'model_col', 'model_type', 'created_from_xld', 'get_deformable_model_contours_coord_system'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Parameter.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_deformable_model_params` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_planar_uncalib_deformable_model`, `create_planar_calib_deformable_model`, `create_local_deformable_model`

Nachfolger

`find_planar_uncalib_deformable_model`, `find_planar_calib_deformable_model`

Siehe auch

`set_deformable_model_param`

Modul

Matching

read_deformable_model (: : FileName : ModelID)

Einlesen eines deformierbares Formmodells aus einer Datei.

`read_deformable_model` liest ein deformierbares Formmodell, das mit `write_deformable_model` geschrieben wurde, aus der Datei `FileName` ein. Die Dateiendung für das deformierbare Formmodell ist in HALCON 'dfm'.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.dfm`

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . deformable_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`find_planar_uncalib_deformable_model`, `find_planar_calib_deformable_model`, `find_local_deformable_model`

Siehe auch

`create_planar_uncalib_deformable_model`, `create_planar_calib_deformable_model`, `create_local_deformable_model`

Modul

Matching

`serialize_deformable_model` (: : ModelID : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines deformierbaren Modells.

`serialize_deformable_model` serialisiert die Daten eines deformierbaren Formmodells (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von `write_deformable_model` in eine Datei geschrieben werden. Das deformierbare Formmodell wird in dem Handle `ModelID` übergeben. Das serialisierte deformierbare Formmodell wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und kann mit `deserialize_deformable_model` wieder deserialisiert werden.

Parameter

- ▷ **`ModelID`** (input_control) . . . . . deformable_model ⇝ *handle*
  Handle des zu speichernden Modells.
- ▷ **`SerializedItemHandle`** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_deformable_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_planar_uncalib_deformable_model`, `create_planar_calib_deformable_model`, `create_local_deformable_model`

Nachfolger

`fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_deformable_model`

Modul

Matching

`set_deformable_model_origin` (: : ModelID, Row, Column :)

Setzen des Ursprungs (Referenzpunktes) eines deformierbaren Modells.

Der Operator `set_deformable_model_origin` setzt den Ursprung (Referenzpunkt) des Formmodells `ModelID` auf einen neuen Wert. Der Ursprung wird relativ zum Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des Formmodells mit `create_planar_uncalib_deformable_model` verwendet wurde, angegeben. Ein Ursprung von (0,0) heißt also, dass der Schwerpunkt der Region des Modellbildes verwendet wird.

Ein Ursprung von (-20,-40) heißt, dass der Ursprung links oberhalb des Schwerpunktes liegt. Falls ein deformierbares Modell mit create_planar_calib_deformable_model erzeugt wurde, wird die 3D-Lage vom Ursprung durch eine entsprechende Translation verschoben. Das bedeutet, dass zukünftige Aufrufe von find_planar_calib_deformable_model einen entsprechenden Versatz beinhalten. Falls ein deformierbares Modell mit create_planar_calib_deformable_model_xld erzeugt wurde, wird die 3D-Lage vom Ursprung direkt um den Versatz im Weltkoordinaten verschoben. In diesem Fall entspricht die Zeilenkoordinate der y Koordinate (von oben nach unten) und die Spaltenkoordinate der x Koordinate (von links nach rechts).

Parameter

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . deformable_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *real*
Zeilenkoordinate des Ursprungs des deformierbaren Modells.

▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *real*
Spaltenkoordinate des Ursprungs des deformierbaren Modells.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert set_deformable_model_origin den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_planar_uncalib_deformable_model, create_planar_calib_deformable_model, create_local_deformable_model, read_deformable_model

Nachfolger

find_planar_uncalib_deformable_model, find_planar_calib_deformable_model, get_deformable_model_origin

Siehe auch

area_center

Modul

Matching

set_deformable_model_param (: : ModelID, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen ausgewählter Parameter eines deformierbaren Modells.

Der Operator set_deformable_model_param setzt ausgewählte Parameter im Modell ModelID. Die folgenden Parameter können modifiziert werden:

'min_contrast'

Setzt im Modell ModelID den minimalen Kontrast des Objekts in den Suchbildern. Damit wird der Wert *'min_contrast'*, der ursprünglich z.B. mit create_planar_uncalib_deformable_model gesetzt wurde, überschrieben. Falls das Modell ModelID aus einer Datei eingelesen wurde und diese Datei geändert werden soll, muss das Formmodell ModelID nochmals in die Datei geschrieben werden, nachdem der Operator set_deformable_model_param ausgeführt wurde.

'get_deformable_model_contours_coord_system'

Setzt im Modell ModelID das Koordinatensystem, in dem die Konturen beim Aufruf des Operators get_deformable_model_contours zurückgegeben werden. Wird als Wert *'world'* übergeben, so werden die Konturen im Weltkoordinatensystem in metrischem Maß zurückgegeben. Dies ist nur für den kalibrierten Fall möglich. Wird als Wert *'image'* übergeben, so werden die Konturen im Bildkoordinatensystem im Pixelmaß zurückgeben. Für den kalibrierten Fall handelt es sich dabei um das rektifizierte Bildkoordinatensystem. Das rektifizierte Bildkoordinatensystem entspricht dem Koordinatensystem eines Bildes, das man mit change_radial_distortion_image unter Verwendung der rektifizierten Kameraparameter erhält. Die rektifizierten Kameraparameter lassen sich mit get_deformable_model_params abfragen. Falls das Modell mit create_planar_calib_deformable_model_xld erzeugt wurde, ist dieser Wert standardmäßig auf *'world'* gesetzt, in allen anderen Fällen auf *'image'*.

Parameter

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . deformable_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Parameternamen.
Werteliste: GenParamName ∈ {'min_contrast', 'get_deformable_model_contours_coord_system'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string
Parameterwerte.
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {5, 6, 7, 8, 9, 10, 'image', 'world'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert set_deformable_model_param den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_planar_uncalib_deformable_model, create_planar_calib_deformable_model, create_local_deformable_model, read_deformable_model

Nachfolger

find_planar_uncalib_deformable_model, find_planar_calib_deformable_model

Siehe auch

get_deformable_model_contours, get_deformable_model_params

Modul

Matching

set_local_deformable_model_metric (Image, VectorField : : ModelID, Metric :)

Setzen der Metrik eines lokal deformierbaren Modells, das aus XLD-Konturen erzeugt wurde.

set_local_deformable_model_metric ermöglicht eine Änderung des Wertes des Parameters Metric, der bei der Erstellung des Formmodells ModelID gesetzt wurde. Weil keine Information über die Polarität von Modellkonturen aus XLD-Konturen vorhanden ist, wird die Polarität unter Verwendung des Bildes Image bestimmt. Dafür werden die Modellkonturen an der entsprechenden Position an der das Objekt im Bild

Image erscheint, abgebildet. Hierfür wird das VectorField benötigt, welches vom semantischen Typ 'vector_field_absolute' sein muss und mit einem vorherigen Aufruf von find_local_deformable_model ermittelt wird. Es ist zu beachten, das die *'expand_border'* Option in find_local_deformable_model nicht verwendet werden darf, da sonst das zurückgelieferte VectorField die falsche Größe hat.

Der Parameter Metric legt fest, unter welchen Bedingungen das Muster später im Suchbild noch erkannt wird. Falls Metric = *'use_polarity'*, muss das Objekt im Bild dieselben Kontrasteigenschaften aufweisen wie das Modell. Wenn z.B. das Modell ein helles Objekt auf dunklem Hintergrund ist, wird das Objekt im Bild nur dann gefunden, wenn es auch heller als der Hintergrund ist. Falls Metric = *'ignore_global_polarity'*, wird das Objekt auch dann im Bild gefunden, wenn sich der Kontrast global umkehrt. Im obigen Beispiel würde das Objekt also auch dann gefunden, wenn es dunkler als der Hintergrund ist. Die Laufzeit von find_local_deformable_model erhöht sich in diesem Fall geringfügig.

Es muss sichergestellt werden, dass die Objektkonturen im Bild Image die gleiche (oder inverse) Polarität aufweisen wie die entsprechenden Konturen im späteren Suchbild. Insbesondere darf das Objekt nicht verdeckt sein und der Hintergrund muss entweder heller oder dunkler sein als das Objekt. Ansonsten stimmt die Polarität der Modellkanten nicht mit der Polarität der Kanten im Suchbild überein und das Formmodell kann dort nicht gefunden werden. Zu beachten ist, dass nur die Polarität der Konturen bestimmt wird, nicht ihr Kontrast. Des Weiteren ist zu beachten, dass die Polarität nur aus einem einkanaligen Bild bestimmt wird. Wird ein Mehrkanalbild in Image übergeben, so wird nur der erste Kanal verwendet (und keine Fehlermeldung zurückgegeben).

Eine typische Vorgehensweise besteht darin, zuerst die XLD-Konturen aus einer Datei einzulesen. Da diese XLD-Konturen keine Polaritätsinformation haben, muss der Parameter Metric bei der Erzeugung des Formmodells aus den XLD-Konturen auf den Wert *'ignore_local_polarity'* gesetzt werden. Dann kann das Modell in einem ersten Suchbild gefunden werden. Aus den resultierenden Matchingergebnissen lassen sich die Transformationsparameter (VectorField) bestimmen, die die Modellkonturen an der Stelle des Suchbildes abbilden, an der das Objekt erscheint. Ist das Matchingergebnis korrekt, kann der Wert des Parameters Metric z.B. auf *'use_polarity'* gesetzt werden. Dies führt in den nachfolgenden Bildern zu einer schnelleren und robusteren Erkennung.

Achtung

set_local_deformable_model_metric kann nur mit Modellen genutzt werden, die aus XLD-Konturen erzeugt wurden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild, das zur Bestimmung der Polarität verwendet wird.
- ▷ **VectorField** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* vector_field
  Vektorfeld der lokalen Deformation.
- ▷ **ModelID** (input_control) ..... deformable_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells.
- ▷ **Metric** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
  Default: 'use_polarity'
  Werteliste: Metric ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert set_local_deformable_model_metric den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_local_deformable_model_xld, find_local_deformable_model

Nachfolger

`find_local_deformable_model`

Siehe auch

`create_local_deformable_model_xld`

Modul

Matching

set_planar_calib_deformable_model_metric (Image : : ModelID, Pose, Metric :)

Setzen der Metrik eines planaren kalibrierten deformierbaren Modells, das aus XLD-Konturen erzeugt wurde.

`set_planar_calib_deformable_model_metric` ändert den Wert des Parameters `Metric` der bei der Erstellung des Formmodells `ModelID` gesetzt wurde. Weil keine Information über die Polarität von Modellkonturen aus XLD-Konturen vorhanden ist, wird die Polarität unter Verwendung des Bildes `Image` bestimmt. Dafür werden die Modellkonturen und die entsprechende Position an der das Objekt im Bild `Image` erscheint mit Hilfe von `Pose` abgebildet. `Pose` kann mit einem vorherigen Aufruf von `find_planar_uncalib_deformable_model` ermittelt werden.

Der Parameter `Metric` legt fest, unter welchen Bedingungen das Muster später im Suchbild noch erkannt wird. Falls `Metric` = *'use_polarity'*, muss das Objekt im Bild dieselben Kontrasteigenschaften aufweisen wie das Modell. Wenn z.B. das Modell ein helles Objekt auf dunklem Hintergrund ist, wird das Objekt im Bild nur dann gefunden, wenn es auch heller als der Hintergrund ist. Falls `Metric` = *'ignore_global_polarity'*, wird das Objekt auch dann im Bild gefunden, wenn sich der Kontrast global umkehrt. Im obigen Beispiel würde das Objekt also auch dann gefunden, wenn es dunkler als der Hintergrund ist. Die Laufzeit von `find_planar_calib_deformable_model` erhöht sich in diesem Fall geringfügig.

Es muss sichergestellt werden, dass die Objektkonturen im Bild `Image` die gleiche (oder inverse) Polarität aufweisen wie die entsprechenden Konturen im späteren Suchbild. Insbesondere darf das Objekt nicht verdeckt sein und der Hintergrund muss entweder heller oder dunkler sein als das Objekt. Ansonsten stimmt die Polarität der Modellkonturen nicht mit der Polarität der Konturen im Suchbild überein und das Formmodell kann dort nicht gefunden werden. Zu beachten ist, dass nur die Polarität der Konturen bestimmt wird, nicht ihr Kontrast. Des Weiteren ist zu beachten, dass die Polarität nur aus einem einkanaligen Bild bestimmt wird. Wird ein Mehrkanalbild in `Image` übergeben, so wird nur der erste Kanal verwendet (und keine Fehlermeldung zurückgegeben).

Eine typische Vorgehensweise besteht darin, zuerst die XLD-Konturen aus einer Datei einzulesen. Da diese XLD-Konturen keine Polaritätsinformation haben, muss der Parameter `Metric` bei der Erzeugung des Formmodells aus den XLD-Konturen auf den Wert *'ignore_local_polarity'* gesetzt werden. Dann kann das Modell in einem ersten Suchbild gefunden werden. Aus den resultierenden Matchingergebnissen lassen sich die Transformationsparameter bestimmen, die die Modellkonturen an die Stelle des Suchbildes abbilden, an der das Objekt erscheint. Um die Matchingergebnisse interaktiv zu kontrollieren, können die Modellkonturen entsprechend transformiert werden. Ist das Matchingergebnis korrekt, kann der Wert des Parameters `Metric` z.B. zu *'use_polarity'* verändert werden. Dies führt in den nachfolgenden Bildern zu einer schnelleren und robusteren Erkennung.

Achtung

`set_planar_calib_deformable_model_metric` kann nur mit Modellen genutzt werden, die aus XLD-Konturen erzeugt wurden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild, das zur Bestimmung der Polarität verwendet wird.
- ▷ **ModelID** (input_control) ..... deformable_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells.
- ▷ **Pose** (input_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
  Lage des Modells im Bild.
  Parameteranzahl: 7
- ▷ **Metric** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
  Default: 'use_polarity'
  Werteliste: `Metric` ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_planar_calib_deformable_model_metric` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_planar_calib_deformable_model_xld`, `find_planar_calib_deformable_model`

Nachfolger

`find_planar_calib_deformable_model`

Siehe auch

`create_planar_calib_deformable_model_xld`

Modul

Matching

set_planar_uncalib_deformable_model_metric (Image : : ModelID, HomMat2D, Metric :)

Setzen der Metrik eines planaren unkalibrierten deformierbaren Modells, das aus XLD-Konturen erzeugt wurde.

`set_planar_uncalib_deformable_model_metric` ändert den Wert des Parameters `Metric` der bei der Erstellung des Formmodells `ModelID` aus XLD-Konturen gesetzt wurde. Weil keine Information über die Polarität von Modellkonturen aus XLD-Konturen vorhanden ist, wird die Polarität unter Verwendung des Bildes `Image` bestimmt. Dafür werden die Modellkonturen und die entsprechende Position an der das Objekt im Bild `Image` erscheint mit Hilfe von `HomMat2D` abgebildet. `HomMat2D` kann mit einem vorherigen Aufruf von `find_planar_uncalib_deformable_model` ermittelt werden.

Der Parameter `Metric` legt fest, unter welchen Bedingungen das Muster später im Suchbild noch erkannt wird. Falls `Metric` = *'use_polarity'*, muss das Objekt im Bild dieselben Kontrasteigenschaften aufweisen wie das Modell. Wenn z.B. das Modell ein helles Objekt auf dunklem Hintergrund ist, wird das Objekt im Bild nur dann gefunden, wenn es auch heller als der Hintergrund ist. Falls `Metric` = *'ignore_global_polarity'*, wird das Objekt auch dann im Bild gefunden, wenn sich der Kontrast global umkehrt. Im obigen Beispiel würde das Objekt also auch dann gefunden, wenn es dunkler als der Hintergrund ist. Die Laufzeit von `find_planar_uncalib_deformable_model` erhöht sich in diesem Fall geringfügig.

Es muss sichergestellt werden, dass die Objektkonturen im Bild `Image` die gleiche (oder inverse) Polarität aufweisen wie die entsprechenden Konturen im späteren Suchbild. Insbesondere darf das Objekt nicht verdeckt sein und der Hintergrund muss entweder heller oder dunkler sein als das Objekt. Ansonsten stimmt die Polarität der Modellkanten nicht mit der Polarität der Kanten im Suchbild überein und das Formmodell kann dort nicht gefunden werden. Zu beachten ist, dass nur die Polarität der Konturen bestimmt wird, nicht ihr Kontrast. Des Weiteren ist zu beachten, dass die Polarität nur aus einem einkanaligen Bild bestimmt wird. Wird ein Mehrkanalbild in `Image` übergeben, so wird nur der erste Kanal verwendet (und keine Fehlermeldung zurückgegeben).

Eine typische Vorgehensweise besteht darin, zuerst die XLD-Konturen aus einer Datei einzulesen. Da diese XLD-Konturen keine Polaritätsinformation haben, muss der Parameter `Metric` bei der Erzeugung des Formmodells aus den XLD-Konturen auf den Wert *'ignore_local_polarity'* gesetzt werden. Dann kann das Modell in einem ersten Suchbild gefunden werden. Aus den resultierenden Matchingergebnissen lassen sich die Transformationsparameter (`HomMat2D`) bestimmen, die die Modellkonturen an die Stelle des Suchbildes abbilden, an der das Objekt

erscheint. Um die Matchingergebnisse interaktiv zu kontrollieren, können die Modellkonturen entsprechend transformiert werden. Ist das Matchingergebnis korrekt, kann der Wert des Parameters `Metric` z.B. zu *'use_polarity'* verändert werden. Dies führt in den nachfolgenden Bildern zu einer schnelleren und robusteren Erkennung.

Achtung

`set_planar_uncalib_deformable_model_metric` kann nur mit Modellen genutzt werden, die aus XLD-Konturen erzeugt wurden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild, das zur Bestimmung der Polarität verwendet wird.
- ▷ **`ModelID`** (input_control) ..... deformable_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells.
- ▷ **`HomMat2D`** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Transformationsmatrix.
- ▷ **`Metric`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
  Default: 'use_polarity'
  Werteliste: `Metric` ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_planar_uncalib_deformable_model_metric` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_planar_uncalib_deformable_model_xld`,
`find_planar_uncalib_deformable_model`

Nachfolger

`find_planar_uncalib_deformable_model`

Siehe auch

`create_planar_uncalib_deformable_model_xld`

Modul

Matching

`write_deformable_model` (: : ModelID, FileName :)

Schreiben eines deformierbaren Modells in eine Datei.

`write_deformable_model` schreibt ein deformierbares Formmodell in die Datei `FileName`. Das Modell kann mit `read_deformable_model` wieder eingelesen werden. Die Dateiendung für das deformierbare Formmodell ist in HALCON 'dfm'.

Parameter

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . deformable_model ⇝ *handle*
Handle des zu speichernden Modells.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Der Pfad sowie Name des zu speichernden Modells.
Dateiendung: `.dfm`

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_planar_uncalib_deformable_model`, `create_planar_calib_deformable_model`, `create_local_deformable_model`

Modul

Matching

18.3 Deskriptorbasiert

clear_descriptor_model (: : ModelID :)

Freigeben des Speichers eines Deskriptormodells.

`clear_descriptor_model` gibt den Speicher eines Deskriptormodells, das mit `create_calib_descriptor_model` oder `create_uncalib_descriptor_model` angelegt wurde, wieder frei. Das Modell kann nach dem Aufruf nicht mehr verwendet werden. Der Handle `ModelID` ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . descriptor_model(-array) ⇝ *handle*
Handle des Deskriptormodells.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert `clear_descriptor_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Siehe auch

`create_uncalib_descriptor_model`, `create_calib_descriptor_model`

Modul

Matching

create_calib_descriptor_model (Template : : CamParam, ReferencePose, DetectorType, DetectorParamName, DetectorParamValue, DescriptorParamName, DescriptorParamValue, Seed : ModelID)

Erzeugen eines Deskriptormodells für Punkt-Matching und Objektposenbestimmung.

Der Operator create_calib_descriptor_model erstellt aus einer Region, die als Bild in Template übergeben wird, ein Deskriptormodell, mit dessen Hilfe kalibriertes deskriptorbasiertes Matching durchgeführt werden kann. Es ist zu beachten, dass der Teil des Objektes, der in dem Template-Bild zu sehen ist, planar sein muss.

ReferencePose beschreibt die 3D Position und Orientierung der Objektebene, welche im Referenzbild Template abgebildet ist. Die internen Kameraparameter CamParam und die Referenzpose werden intern dazu genutzt, ein Modellkoordinatensystem zu erstellen. Der Ursprung dieses Modellkoordinatensystems wird dabei durch die Projektion des Schwerpunkts einer intern entzerrten Version des Referenzbildes auf die Objektebene gebildet. Die Achsen des Modellkoordinatensystems liegen parallel zu den Achsen von Reference Pose. Um ein Deskriptormodell aus dem Referenzbild Template zu generieren, werden die durch einen Detektor im entzerrten Referenzbild extrahierten Punkte ebenfalls auf die Objektebene projiziert. Ihre Koordinaten im Modellkoordinatensystem werden als Weltkoordinaten im Modell gespeichert, um später für die Schätzung der Pose eines Suchobjekts verwendet zu werden (siehe find_calib_descriptor_model).

Ein mit Hilfe des Operators create_calib_descriptor_model erstelltes Deskriptormodell kann auch mit dem Operator find_uncalib_descriptor_model zur Ermittlung einer Homographie verwendet werden. Ein mit dem Operator create_uncalib_descriptor_model erstelltes Modell kann jedoch nicht in find_calib_descriptor_model verwendet werden.

Das Deskriptormodell beschreibt einen Satz von Merkmalspunkten. Es speichert die Punktpositionen, sowie unterschiedliche Beschreibungen ihrer lokalen Bildumgebung. Die Extraktion dieser Merkmalspunkte wird durch DetectorType, DetectorParamName und DetectorParamValue parametrisiert. Der zugehörige Deskriptor für die Umgebung der Merkmalspunkte wird durch DescriptorParamName und DescriptorParamValue parametrisiert. Derzeit wird der Deskriptor durch *randomized ferns* implementiert. Der Parameter Seed initialisiert den Zufallszahlengenerator, der für den Aufbau der *randomized ferns* Strukturen verwendet wird. Ist das Deskriptormodell generiert, wird dessen Referenz in ModelID zurückgegeben. Weitere Informationen über diese Parameter können unter der Beschreibung des Operators create_uncalib_descriptor_model gefunden werden.

Alle Parameter sowie die Koordinaten der letztendlichen Merkmalspunkte können über get_descriptor_model_params und get_descriptor_model_points abgerufen werden.

create_calib_descriptor_model legt den Detektor und den Deskriptor fest. Somit werden beide auch bei jedem nachfolgenden Aufruf von find_calib_descriptor_model verwendet. Der Referenzpunkt (Ursprung) des Modells ist der Schwerpunkt der ROI des Templates. Er kann über set_descriptor_model_origin geändert werden.

Parameter

- ▷ **Template** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild, dessen Definitionsbereich zum Aufbau des Modells verwendet wird.
- ▷ **CamParam** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Die internen Kameraparameter der Kamera.
- ▷ **ReferencePose** (input_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
  Die Referenzpose des Objekts im Referenzbild.
- ▷ **DetectorType** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art des Detektors.
  Default: 'lepetit'
  Werteliste: DetectorType ∈ {'lepetit', 'harris', 'harris_binomial'}
- ▷ **DetectorParamName** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der Detektor-Parameter.
  Default: []
  Werteliste: DetectorParamName ∈ {'alpha', 'check_neighbor', 'mask_size_grd', 'mask_size_smooth', 'min_check_neighbor_diff', 'min_score', 'radius', 'sigma_grad', 'sigma_smooth', 'subpix', 'threshold'}

▷ **DetectorParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *integer* / real / string
Werte der Detektor-Parameter.
Default: []
Wertevorschläge: DetectorParamValue ∈ {0.08, 1, 1.2, 3, 15, 30, 1000, 'on', 'off'}

▷ **DescriptorParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der Deskriptor-Parameter.
Default: []
Werteliste: DescriptorParamName ∈ {'depth', 'max_rot', 'max_scale', 'min_rot', 'min_scale', 'number_ferns', 'patch_size', 'tilt'}

▷ **DescriptorParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *integer* / real / string
Werte der Deskriptor-Parameter.
Default: []
Wertevorschläge: DescriptorParamValue ∈ {0.5, 1.4, 11, 21, 30, -180, 180, 'on', 'off'}

▷ **Seed** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Initialisierung des Zufallsgenerators.
Default: 42

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . descriptor_model ⇝ *handle*
Der Handle des Deskriptormodells

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

points_lepetit, points_harris, reduce_domain

Nachfolger

get_descriptor_model_params, find_calib_descriptor_model

Siehe auch

get_descriptor_model_params, find_calib_descriptor_model

Literatur

V. Lepetit and P. Fua: „Keypoint Recognition using Randomized Trees.„ IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 28, Nr. 9, pp. 1465-1479, 2006.

M. Ozuysal, P. Fua, and V. Lepetit: „Fast Keypoint Recognition in Ten Lines of Code.„ In Proceedings of Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2007.

Modul

Matching

create_uncalib_descriptor_model (Template : : DetectorType, DetectorParamName, DetectorParamValue, DescriptorParamName, DescriptorParamValue, Seed : ModelID)

Vorbereiten eines Deskriptormodells für Punkt-Matching.

Der Operator create_uncalib_descriptor_model erstellt ein Deskriptormodell einer Bildregion, die als das Bild Template übergeben wird. Mit Hilfe dieses Modells kann deskriptorbasiertes Matching durchgeführt werden. Durch anschließende Verwendung des Operators find_uncalib_descriptor_model kann damit eine projektive 2D Abbildung (Homographie) von Template zu einem Suchbild ermittelt werden. Der Schwerpunkt der Bildregion im Template wird als Ursprung des Modells genommen. Im Gegensatz zu create_calib_descriptor_model ist hier keine kalibrierte Kamera nötig, allerdings ist das Ergebnis eines nachfolgenden Matchings lediglich eine 2D Projektion. Es ist zu beachten, dass der Teil des Objektes, der in dem Template-Bild zu sehen ist, planar sein muss.

Das Deskriptormodell beschreibt einen Satz von Merkmalspunkten. Es speichert die Punktpositionen, sowie unterschiedlichen Beschreibungen ihrer lokalen Bildumgebung. Die Extraktion dieser Merkmalspunkte wird durch DetectorType, DetectorParamName und DetectorParamValue parametrisiert. Der zugehörige Deskriptor für die Umgebung der Merkmalspunkte wird durch DescriptorParamName und DescriptorParamValue parametrisiert. Derzeit wird der Deskriptor durch *randomized ferns* implementiert. Der Parameter Seed initialisiert den Zufallszahlengenerator, der für den Aufbau der *randomized ferns* Strukturen verwendet wird. Ist das Deskriptormodell generiert, wird dessen Referenz in ModelID zurückgegeben. Durch Verwendung dieses Modells in find_uncalib_descriptor_model kann ein schnelles, projektivinvariantes Matching zwischen Modell- und Suchbild gewährleistet werden. Da das deskriptorbasierte Matching auf der Existenz von stabilen und repräsentativen Merkmalspunkten basiert, muss das detektierte Objekt ausreichend Textur aufweisen, die sich nicht wiederholt.

Detektorparameter

Wie bereits erwähnt, ist der Detektor dafür verantwortlich, stabile Merkmalspunkte aus dem Modellbild zu extrahieren. Durch den Parameter DetectorType kann festgelegt werden, welcher Punktoperator verwendet werden soll. Derzeit werden points_lepetit, points_harris oder dessen binomiale Approximation points_harris_binomial unterstützt (*'lepetit'*, *'harris'*, *'harris_binomial'*). Bei Anwendung auf dunkle Modell- / Suchbilder wird die Verwendung eines der Harris-Punktoperatoren empfohlen. Je nach Wahl des Punktoperators DetectorType müssen dessen Parameter eingestellt werden, was über DetectorParamName und DetectorParamValue möglich ist.

Gültige Parameternamen für DetectorParamName und die entsprechenden Defaultwerte sind:

'lepetit' **:** [*'radius'*, *'check_neighbor'*, *'min_check_neighbor_diff'*, *'min_score'*, *'subpix'*]
[3, 1, 15, 30, 'interpolation']

'harris' **:** [*'sigma_grad'*, *'sigma_smooth'*, *'alpha'*, *'threshold'*]
[0.7, 2.0, 0.08, 1000]

'harris_binomial' **:** [*'mask_size_grd'*, *'mask_size_smooth'*, *'alpha'*, *'threshold'*, *'subpix'*]
[5, 15, 0.08, 1000, 'on']

Weitere Informationen über diese Parameter können unter der Beschreibung von points_harris, points_harris_binomial beziehungsweise points_lepetit gefunden werden. Für die Parameter, die nicht explizit durch DetectorParamName und DetectorParamValue gesetzt sind, werden die oben genannten Werte für den entsprechenden Punktoperator genommen. Dementsprechend, wenn sowohl DetectorParamName als auch DetectorParamValue auf [] gesetzt sind, werden diese Defaultwerte für alle Parameter übernommen.

Beim Optimieren der Punktoperator-Parameter sollten zwischen 50 und 450 Merkmalspunkte extrahiert werden (je nach Textur und Bildgröße von Template). In den meisten Fällen ist es jedoch ausreichend, die Defaultwerte zu übernehmen ([] in DetectorParamName und DetectorParamValue eingeben).

Deskriptorparameter

Der Punktdeskriptor ist ein Klassifikator, der charakteristische Beschreibungen der Grauwertnachbarschaft der Merkmalspunkte aufbaut. Derzeit ist der Deskriptor durch die so genannten *randomized ferns* implementiert. Diese entnehmen die Polarität der Grauwertdifferenzen von *zufällig* ausgewählten Pixelpaaren aus der Nachbarschaft des Punktes. Dieser Deskriptor wird danach in find_uncalib_descriptor_model verwendet, um Merkmalspunkte im Suchbild zu klassifizieren, oder mit anderen Worten: um potentielle Modellpunkte auch im Suchbild zu erkennen (matchen).

Der Deskriptor speichert nur die projektiv *stabilen* Merkmalspunkte (die in vielen projektiven Ansichten des Modellbildes auftauchen). Um die *Stabilität* einzelner Punkte zu bewerten, wird die folgende Simulation durchgeführt: Template wird vielen affinen Transformationen ausgesetzt, und die Punkte, die in den meisten Ansichten erscheinen, werden als *stabil* eingestuft. Die affinen Transformationen gelten als eine gute Näherung zu projektiven Transformationen in der lokalen Umgebung der Punkten.

Die folgenden Parameter des Deskriptors und seines Trainings können mit DescriptorParamName und DescriptorParamValue gesetzt werden:

Deskriptorstrukturen-Parameter:

*'depth'***:** Tiefe des Farns, der für die Punktklassifikation verwendet wird. Ein tieferer Farn kann Merkmalspunkte besser unterscheiden. Andererseits steigt der Speicherbedarf bei Erhöhung der Tiefe um 2 an.
Typische Werte sind [*5 ... 11*], Defaultwert ist *11*.

'number_ferns': Anzahl der Farne. Mehr Farne erhöhen die Erkennungsrobustheit, aber auch die Laufzeit der Punktdetektion. Soll der Speicherverbrauch des Deskriptormodells minimiert werden, sind viele Farne mit geringer Tiefe empfohlen (z.B. *'number_ferns'=150*, *'depth'= 5*). Soll hingegen die Detektionszeit verkürzt werden sind wenige Farne mit größerer Tiefe empfohlen (z.B. *'number_ferns'=10*, *'depth'=11*).
Typische Werte sind [*1 ... 150*], Defaultwert ist *30*.

'patch_size': Seitenlänge der quadratischen Umgebung eines Merkmalspunkts. Höhere Werte dieses Parameters können zu längeren Trainingszeiten führen.
Typische Werte sind [*15 ... 33*], Defaultwert ist *17*.

Die Parameter *'depth'*, *'number_ferns'* und *'patch_size'* erlauben eine transparente Kontrolle über die Robustheit der Erkennung, die Geschwindigkeit und den Speicherverbrauch.

Simulationparameter:

'tilt': Schalter für projektive Transformationen während des Simulationsschrittes. Im eingeschalteten Zustand (*'on'*), verbessert sich die Robustheit des Modells, indem Objekte mit größerer Neigung gefunden werden können. Im ausgeschalteten Zustand (*'off'*) verkürzt sich die Trainingzeit deutlich, und das Modell kann immer noch projektiv transformierte Objekte erkennen.
Mögliche Werte sind [*'on'*, *'off'*], Defaultwert ist *'on'*.

'min_rot': Minimaler Rotationswinkel um den Normalvektor des `Template`-Bildes.
Typische Werte sind [*-180 ... 0*], Defaultwert ist *-180*.

'max_rot': Maximaler Rotationswinkel um den Normalvektor des `Template`-Bildes.
Typische Werte sind [*0 ... 180*], Defaultwert ist *180*.

'min_scale': Minimaler Skalierungsfaktor des `Template`-Bildes.
Typische Werte sind [*0.1 ... 1.0*], Defaultwert ist *0.5*.

'max_scale': Maximaler Skalierungsfaktor des `Template`-Bildes.
Typische Werte sind [*1.0 ... 3.5*], Defaultwert ist *1.4*.

Die Parameter *'min_rot'*, *'max_rot'*, *'min_scale'* und *'max_scale'* ermöglichen eine manuelle Selektion der für das Training durch Affintransformationen erzeugten Ansichten von `Template`. Eine Einschränkung ist insbesondere in Verbindung mit dem Parameter *'tilt'* zur Reduzierung der Trainingszeiten hilfreich. Es ist zu beachten, dass die Einstellung dieser Parameter direkten Einfluss auf die Ergebnisse von `find_uncalib_descriptor_model` hat. Deshalb sollten sie mit Bedacht verwendet werden. Falls die Rotationsspanne beispielsweise auf *'min_rot'* = -10 bis *'max_rot'* = 10 eingeschränkt wird, ist es in `find_uncalib_descriptor_model` nicht möglich, Ansichten von `Template` zu finden, die außerhalb dieses Bereichs liegen. Eine Einschränkung des Trainingsbereichs hat auch zur Folge, dass weniger Farne / geringere Farbtiefen nötig sind, um `Template` zu erkennen. Eine Ausweitung bedingt folglich mehr Bäume / Baumtiefen.

Bemerkungen

Es ist zu beachten, dass das Training der randomized ferns je nach Rechenleistung mehrere Sekunden bis zu wenigen Minuten dauern kann. Aus diesem Grund kann ein generierter Fern mittels `write_descriptor_model` abgespeichert und mittels `read_descriptor_model` wieder geladen werden.

Alle Parameter sowie die Koordinaten der letztendlichen Merkmalspunkte können über `get_descriptor_model_params` und `get_descriptor_model_points` abgerufen werden.

`create_uncalib_descriptor_model` legt den Detektor und den Deskriptor fest. Somit werden beide auch bei jedem nachfolgenden Aufruf von `find_uncalib_descriptor_model` verwendet. Der Referenzpunkt (Ursprung) des Modells ist der Schwerpunkt der ROI des Templates. Er kann über `set_descriptor_model_origin` geändert werden.

Parameter

▷ **`Template`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild, dessen Definitionsbereich zum Aufbau des Modells verwendet wird.

▷ **`DetectorType`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art des Detektors.
Default: 'lepetit'
Werteliste: `DetectorType` ∈ {'lepetit', 'harris', 'harris_binomial'}

▷ **DetectorParamName** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der Detektor-Parameter.
Default: []
Werteliste: DetectorParamName ∈ {'alpha', 'check_neighbor', 'mask_size_grd', 'mask_size_smooth', 'min_check_neighbor_diff', 'min_score', 'radius', 'sigma_grad', 'sigma_smooth', 'subpix', 'threshold'}

▷ **DetectorParamValue** (input_control) ..... attribute.value-array ⇝ *integer* / real / string
Werte der Detektor-Parameter.
Default: []
Wertevorschläge: DetectorParamValue ∈ {0.08, 1, 1.2, 3, 15, 30, 1000, 'on', 'off', 'none', 'interpolation'}

▷ **DescriptorParamName** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der Deskriptor-Parameter.
Default: []
Werteliste: DescriptorParamName ∈ {'depth', 'max_rot', 'max_scale', 'min_rot', 'min_scale', 'number_ferns', 'patch_size', 'tilt'}

▷ **DescriptorParamValue** (input_control) ..... attribute.value-array ⇝ *integer* / real / string
Werte der Deskriptor-Parameter.
Default: []
Wertevorschläge: DescriptorParamValue ∈ {0.5, 1.4, 11, 21, 30, -180, 180, 'on', 'off'}

▷ **Seed** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Initialisierung des Zufallsgenerators.
Default: 42

▷ **ModelID** (output_control) ..... descriptor_model ⇝ *handle*
Der Handle des Deskriptormodells

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

points_lepetit, points_harris, reduce_domain

Nachfolger

get_descriptor_model_params, find_uncalib_descriptor_model

Siehe auch

get_descriptor_model_params, find_uncalib_descriptor_model

Literatur

V. Lepetit and P. Fua: „Keypoint Recognition using Randomized Trees.„ IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 28, Nr. 9, pp. 1465-1479, 2006.

M. Ozuysal, P. Fua, and V. Lepetit: „Fast Keypoint Recognition in Ten Lines of Code.„ In Proceedings of Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2007.

Modul

Matching

deserialize_descriptor_model (: : SerializedItemHandle : ModelID)

Deserialisieren eines Deskriptormodells.

deserialize_descriptor_model deserialisiert ein Deskriptormodell, welches mit serialize_descriptor_model serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte Deskriptormodell wird in dem Handle

SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten Deskriptormodell mit dem Handle ModelID gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **ModelID** (output_control) ..... descriptor_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_descriptor_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

fread_serialized_item, receive_serialized_item, serialize_descriptor_model

Nachfolger

find_uncalib_descriptor_model, find_calib_descriptor_model

Siehe auch

create_calib_descriptor_model, create_uncalib_descriptor_model

Modul

Matching

find_calib_descriptor_model (Image : : ModelID, DetectorParamName, DetectorParamValue, DescriptorParamName, DescriptorParamValue, MinScore, NumMatches, CamParam, ScoreType : Pose, Score)

Suchen der besten Matches eines kalibrierten, Deskriptormodells in einem Suchbild und Bestimmung seiner 3D-Lage (Pose).

Der Operator find_calib_descriptor_model sucht den besten Match eines Deskriptormodells ModelID in einem Suchbild Image. Ein Deskriptormodell beinhaltet Beschreibungen von Merkmalspunkten und muss zuvor durch create_calib_descriptor_model erzeugt oder mit read_descriptor_model eingelesen worden sein.

Die zurückgelieferte Pose ist die Pose (im Kamera-Koordinatensystem) des gefundenen Musterobjekts im Suchbild Image. Da für Modellgenerierung und Suche unterschiedliche Kameras verwendet werden können, müssen die Kameraparameter der 'Suchkamera' in CamParam übergeben werden. Verzeichnungen in Image müssen daher nicht zuvor manuell korrigiert werden.

Der Suchprozess ist derselbe wie in find_uncalib_descriptor_model. Die Einstellungen für DetectorParamName, DetectorParamValue, DescriptorParamName, DescriptorParamValue, MinScore, NumMatches und ScoreType sind beim Operator find_uncalib_descriptor_model beschrieben. Wenn ein Objekt gefunden wird, werden die korrespondierenden Modell- und Suchpunkte intern an vector_to_pose übergeben, um die Pose des Objekts zu bestimmen. Wie beim Operator create_calib_descriptor_model beschrieben, werden die Modellpunkte davor in Weltkoordinaten der Modellebene umgerechnet.

Die gefundenen Punktkorrespondenzen einzelner Instanzen können mit Hilfe des Operators get_descriptor_model_points abgefragt werden.

Achtung

Der Definitionsbereich des Suchbildes sollte das gesamte gesuchte Objekt enthalten, da die Merkmalspunkte nur innerhalb des Definitionsbereiches des Suchbildes extrahiert werden. Das bedeutet, dass der resultierende Score entsprechend kleiner wird, wenn der Definitionsbereich nicht das gesamte gesuchte Objekt enthält. Des Weiteren ist

zu beachten, dass Matches auch dann zurück gegeben werden, wenn der Referenzpunkt des Modells außerhalb des Definitionsbereiches des Suchbildes liegt. Die beiden hier geschilderten Auswirkungen des Definitionsbereiches des Suchbildes unterscheiden sich grundsätzlich von der Auswirkung des Definitionsbereiches beim formbasierten Matching, wo der Definitionsbereich den Suchbereich für den Referenzpunkt des Modells darstellt.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Das Suchbild.
- ▷ **ModelID** (input_control) ..... descriptor_model ⇝ *handle*
  Der Handle des Deskriptormodells.
- ▷ **DetectorParamName** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der Parameter des Detektors.
  Default: []
  Werteliste: `DetectorParamName` ∈ {'alpha', 'check_neighbor', 'mask_size_grd', 'mask_size_smooth', 'min_check_neighbor_diff', 'min_score', 'radius', 'sigma_grad', 'sigma_smooth', 'subpix', 'threshold'}
- ▷ **DetectorParamValue** (input_control) ..... attribute.value-array ⇝ *integer* / real / string
  Werte der Detektor-Parameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: `DetectorParamValue` ∈ {0.08, 1, 1.2, 3, 15, 30, 1000, 'on', 'off'}
- ▷ **DescriptorParamName** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der Deskriptor-Parameter.
  Default: []
  Werteliste: `DescriptorParamName` ∈ {'min_score_descr', 'guided_matching'}
- ▷ **DescriptorParamValue** (input_control) ..... attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string
  Werte der Deskriptor-Parameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: `DescriptorParamValue` ∈ {0.0, 0.001, 0.005, 0.01, 'on', 'off'}
- ▷ **MinScore** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen der Modelle.
  Default: 0.2
  Wertevorschläge: `MinScore` ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Wertebereich: $0 \leq$ `MinScore` ≤ 1
- ▷ **NumMatches** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Maximale Anzahl von gefundenen Instanzen.
  Default: 1
  Wertevorschläge: `NumMatches` ∈ {1, 2, 3, 4}
  Restriktion: NumMatches >= 1
- ▷ **CamParam** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Kamera Parameter (innere Orientierung) aus Kamerakalibrierung.
- ▷ **ScoreType** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Bewertungstyp berechnet in `Score`.
  Default: 'num_points'
  Werteliste: `ScoreType` ∈ {'num_points', 'inlier_ratio'}
- ▷ **Pose** (output_control) ..... pose(-array) ⇝ *real* / integer
  3D Pose des Objekts.
- ▷ **Score** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Bewertung der gefundenen Instanzen gemäß ausgewählten ScoreType.

Beispiel

```
*  Perform camera calibration (with standard calibration plate)
calibrate_cameras (CalibDataID, Error)
get_calib_data (CalibDataID, 'camera', 0, 'params', CamParam)
*  World coordinate system is defined by calibration plate in first image
get_calib_data (CalibDataID, 'calib_obj_pose',  [0,0], 'pose', \
                ObjInCameraPose)
*  Compensate thickness of plate
set_origin_pose(ObjInCameraPose, 0, 0, 0.0006, WorldPose)
```

```
* Create descriptor model:
create_calib_descriptor_model (Image,CamParam,WorldPose, \
                               'harris',[],[],[],[],42,ModelID)

get_descriptor_model_params (ModelID,DetectorType, \
                             DetectorParamName,DetectorParamValue, \
                             DescriptorParamName,DescriptorParamValue)
write_descriptor_model (ModelID,'simple_example.dsm')

read_descriptor_model ('simple_example.dsm',ModelID)
find_calib_descriptor_model (SearchImage,ModelID,[],[],[],[],0.2,1, \
                             CamParam,['num_points','inlier_ratio'], \
                             Pose,Score)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_calib_descriptor_model, read_descriptor_model

Siehe auch

vector_to_pose, points_lepetit, create_calib_descriptor_model

Modul

Matching

find_uncalib_descriptor_model (Image : : ModelID, DetectorParamName, DetectorParamValue, DescriptorParamName, DescriptorParamValue, MinScore, NumMatches, ScoreType : HomMat2D, Score)

Suchen die besten Matches eines Deskriptormodells in einem Suchbild.

Der Operator find_uncalib_descriptor_model sucht den besten Match eines Deskriptormodells ModelID in einem Suchbild Image. Ein Deskriptormodell beinhaltet Beschreibungen von Merkmalspunkten und muss zuvor durch create_uncalib_descriptor_model bzw. create_calib_descriptor_model erzeugt oder mit read_descriptor_model eingelesen worden sein.

Ein Match wird akzeptiert, wenn er eine bessere Bewertung als MinScore hat. Dieses Kriterium basiert auf der 'inlier_ratio' Bewertung, die weiter unten erklärt wird. Hauptergebnis des Operators find_uncalib_descriptor_model ist die 3x3 Matrix HomMat2D, die eine projektive 2D Transformation von Modellpunkten zu Suchbildpunkten darstellt. Die Matrix ist durch ihre zeilenweise gegebenen 9 Elementen dargestellt. Tritt das gesuchte Objekt (Template) mehrfach in Image auf und erfüllt es das Kriterium MinScore, werden die resultierenden Homographien aneinandergehängt. Die Anzahl der letztendlich gefundenen Objekte lässt sich durch NumObjects = |HomMat2D| / 9 berechnen.

Der Suchprozess ist in drei Phasen unterteilt. **Als erstes** werden Merkmalspunkte aus dem Suchbild (aber nur innerhalb des Definitionsbereiches des Suchbildes) extrahiert. Dies erfolgt mit dem Punktoperator, der bei der Modellerstellung ausgewählten wurde. Während der Modellerstellung werden auch die Parameter des Punktoperators gesetzt. Sie können allerdings mittels DetectorParamName und DetectorParamValue auch zusätzlich angepasst werden. Hierdurch können dieser Parameter insbesondere an Beleuchtungsschwankungen zwischen Modellerzeugung und Suchbild angepasst werden. Es wird jedoch empfohlen, die Werte des Modells zu verwenden (Übergabe eines leeren Tupels).

In der **zweiten Phase** der Suche werden Korrespondenzen zwischen Modellpunkten und extrahierten Punkten des Suchbildes erstellt. Die Parameter des Deskriptors werden in DescriptorParamName und DescriptorParamValue gesetzt:

'min_score_descr': Die minimale Klassifikatorbewertung eines Punktes, damit er als potentieller Match betrachtet wird. Diese Bewertungsfunktion hat einen Wertebereich von *0.0* bis *1.0*. Sinnvolle Werte liegen jedoch zwischen *0.0* und *0.1*. Es ist zu beachten, dass *'min_score_descr'* u.U. eine negative Auswirkung auf die Robustheit des Erkennungsprozesses hat. Zumindest dann, wenn wenige Merkmalspunkte auf dem Objekt gefunden werden können.
Typische Werte sind [*0.0* ... *0.1*], Defaultwert ist *0.0*.

'guided_matching': Erhöht die Genauigkeit der Objekterkennung. Das *'guided_matching'* kann allerdings in manchen Fällen auch die Rechenzeit um bis zu 10% erhöhen.
Mögliche Werte sind [*'on'*, *'off'*], Defaultwert ist *'on'*.

Der **letzte Schritt** ist die Schätzung der Homographie, die die Punktkorrespondenzen beschreibt. Die resultierende Homographie ist eine 2D Projektion, die eine Transformation von Modellpunkten zu Punkten in `Image` beschreibt. Hierfür werden Natural 3D Markers (N3Ms) verwendet, um die Punktkorrespondenz zu bestimmen (siehe Literatur).

Zusätzlich zu der geschätzten Homographie `HomMat2D` liefert der Operator eine oder mehrere `Score` Bewertungen für jede gefundene Objektinstanz, je nachdem, was der Benutzer in `ScoreType` eingegeben hat. Derzeit sind die folgenden Werte für `ScoreType` unterstützt:

'num_points': Anzahl der Punktkorrespondenzen je Instanz. Wurde eine Homographie mit weniger als 10 Korrespondenzen gefunden, so kann sie nicht als gut angenommen werden, da im Extremfall beliebige 4 Punkte eine mathematisch gültige Homographie beschreiben.

'inlier_ratio': Anteil von Punktkorrespondenzen an der Anzahl der Modellpunkte. Obwohl diese Bewertung einen Wertebereich von [*0.0* ... *1.0*] hat, ist es eher untypisch, dass sie einen Wert von *1.0* erreicht. Instanzen mit einem Bewertungswert kleiner als *0.1* sollten nicht berücksichtigt werden.

Falls im Suchbild mehrere Objektinstanzen gefunden werden, werden die resultierenden `Score` Bewertungen für die einzelnen Instanzen aneinandergehängt, sodass |`Score`| = NumObjects * |`ScoreType`|.

Die gefundenen Punktkorrespondenzen einzelner Instanzen können mit Hilfe des Operators `get_descriptor_model_points` abgefragt werden.

Achtung

Der Definitionsbereich des Suchbildes sollte das gesamte gesuchte Objekt enthalten, da die Merkmalspunkte nur innerhalb des Definitionsbereiches des Suchbildes extrahiert werden. Das bedeutet, dass der resultierende `Score` entsprechend kleiner wird, wenn der Definitionsbereich nicht das gesamte gesuchte Objekt enthält. Des Weiteren ist zu beachten, dass Matches auch dann zurück gegeben werden, wenn der Referenzpunkt des Modells außerhalb des Definitionsbereiches des Suchbildes liegt. Die beiden hier geschilderten Auswirkungen des Definitionsbereiches des Suchbildes unterscheiden sich grundsätzlich von der Auswirkung des Definitionsbereiches beim formbasierten Matching, wo der Definitionsbereich den Suchbereich für den Referenzpunkt des Modells darstellt.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
Das Suchbild.

▷ **`ModelID`** (input_control) ..... descriptor_model ⇝ *handle*
Der Handle des Deskriptormodells.

▷ **`DetectorParamName`** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der Parameter des Detektors.
Default: []
Werteliste: `DetectorParamName` ∈ {'alpha', 'check_neighbor', 'mask_size_grd', 'mask_size_smooth', 'min_check_neighbor_diff', 'min_score', 'radius', 'sigma_grad', 'sigma_smooth', 'subpix', 'threshold'}

▷ **`DetectorParamValue`** (input_control) ..... attribute.value-array ⇝ *integer* / real / string
Werte der Detektor-Parameter.
Default: []
Wertevorschläge: `DetectorParamValue` ∈ {0.08, 1, 1.2, 3, 15, 30, 1000, 'on', 'off'}

▷ **`DescriptorParamName`** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der Deskriptor-Parameter.
Default: []
Werteliste: `DescriptorParamName` ∈ {'min_score_descr', 'guided_matching'}

▷ **DescriptorParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string
Werte der Deskriptor-Parameter.
Default: []
Wertevorschläge: DescriptorParamValue ∈ {0.0, 0.001, 0.005, 0.01, 'on', 'off'}

▷ **MinScore** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen der Modelle.
Default: 0.2
Wertevorschläge: MinScore ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ MinScore ≤ 1

▷ **NumMatches** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Maximale Anzahl von gefundenen Instanzen.
Default: 1
Wertevorschläge: NumMatches ∈ {1, 2, 3, 4}
Restriktion: NumMatches >= 1

▷ **ScoreType** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Bewertungstyp berechnet in Score.
Default: 'num_points'
Werteliste: ScoreType ∈ {'num_points', 'inlier_ratio'}

▷ **HomMat2D** (output_control) . . . . . hom_mat2d(-array) ⇝ *real*
Homographie zwischen Modell und gefundenem Objekt.

▷ **Score** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
Bewertung der gefundenen Instanzen gemäß ausgewählten ScoreType.

Beispiel

```
create_uncalib_descriptor_model (ImageReduced,'harris',[],[], \
                                 [],[],42,ModelID)

get_descriptor_model_params (ModelID,DetectorType, \
                             DetectorParamName,DetectorParamValue, \
                             DescriptorParamName,DescriptorParamValue)
write_descriptor_model (ModelID,'simple_example.dsm')

read_descriptor_model ('simple_example.dsm',ModelID)
find_uncalib_descriptor_model (SearchImage,ModelID,[],[],[],[],0.2,1, \
                               ['num_points','inlier_ratio'],HomMat2D,Score)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_uncalib_descriptor_model, create_calib_descriptor_model, read_descriptor_model

Siehe auch

create_uncalib_descriptor_model, create_calib_descriptor_model, find_calib_descriptor_model, get_descriptor_model_points

Literatur

S. Hinterstoisser, S. Benhimane, and N. Navab: „N3M: Natural 3D Markers for Real-Time Object Detection and Pose Estimation.„ IEEE 11th International Conference on Computer Vision, 2007. pp. 1-7, ICCV 2007.

Modul

Matching

get_descriptor_model_origin (: : ModelID : Row, Column)

Zurückgeben des Ursprungs eines Deskriptormodells.

Der Operator get_descriptor_model_origin gibt den Ursprung (Referenzpunkt) des Deskriptormodells ModelID zurück. Der Ursprung wird relativ zum Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des Deskriptormodells mit create_uncalib_descriptor_model oder create_calib_descriptor_model verwendet wurde, angegeben. Ein Ursprung von (0,0) heißt also, dass der Schwerpunkt der Region des Modellbildes verwendet wird. Ein Ursprung von (-20,-40) heißt, dass der Ursprung links oberhalb des Schwerpunktes liegt.

Parameter

- ▷ **ModelID** (input_control) ..... descriptor_model ⇝ *handle*
  Handle zu einem Deskriptormodell.
- ▷ **Row** (output_control) ..... real ⇝ *real* / integer
  Lage des Ursprungs in Zeilenrichtung.
- ▷ **Column** (output_control) ..... real ⇝ *real* / integer
  Lage des Ursprungs in Spaltenrichtung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_uncalib_descriptor_model, read_descriptor_model

Siehe auch

set_descriptor_model_origin, create_uncalib_descriptor_model

Modul

Matching

get_descriptor_model_params (: : ModelID : DetectorType, DetectorParamName, DetectorParamValue, DescriptorParamName, DescriptorParamValue)

Ermitteln der Parameter eines Deskriptormodells.

Der Operator get_descriptor_model_params erlaubt es, die Parameter eines durch create_uncalib_descriptor_model oder create_calib_descriptor_model erzeugten Deskriptormodells zu bestimmen. Hierfür muss ein Handle zu einem Modell in ModelID übergeben werden. Der Operator liefert in DetectorType, DetectorParamName und DetectorParamValue den Typ, sowie die Parameter des Detektors zurück. Entsprechend werden in DescriptorType, DescriptorParamName und DescriptorParamValue die Einstellungen des Deskriptors zurückgeliefert.

Eine Anwendung dieses Operators ist die Ermittlung der Parameter eines Deskriptormodells das mit read_descriptor_model geladen wurde.

Parameter

- ▷ **ModelID** (input_control) ..... descriptor_model ⇝ *handle*
  Der Handle des Deskriptormodells.
- ▷ **DetectorType** (output_control) ..... string ⇝ *string*
  Art des Detektors.
- ▷ **DetectorParamName** (output_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der Detektor-Parameter.
- ▷ **DetectorParamValue** (output_control) ..... attribute.value-array ⇝ *integer* / real / string
  Werte der Detektor-Parameter.

▷ **DescriptorParamName** (output_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der Deskriptor-Parameter.

▷ **DescriptorParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *integer* / real / string
Werte der Deskriptor-Parameter.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_uncalib_descriptor_model`, `create_calib_descriptor_model`, `read_descriptor_model`

Siehe auch

`create_uncalib_descriptor_model`, `create_calib_descriptor_model`

Modul

Matching

get_descriptor_model_points (: : ModelID, Set, Subset : Row, Column)

Ermitteln der Koordinaten der Punkte eines Deskriptormodells.

Der Operator `get_descriptor_model_points` erlaubt es, die Punktkoordinaten eines Deskriptormodells oder des zuletzt bearbeiteten Suchbildes abzufragen. Hierfür muss ein Handle zu einem Modell in `ModelID` übergeben werden, das durch `create_calib_descriptor_model`, `create_uncalib_descriptor_model` oder `read_descriptor_model` erzeugt wurde.

Die im Modell gespeicherten Merkmalspunkte können immer abgefragt werden, indem man `Set` auf *'model'* und `Subset` auf *'all'* setzt. Wenn `find_uncalib_descriptor_model` oder `find_calib_descriptor_model` schon ausgeführt wurde, können die Merkmalspunkte des Suchbildes abgefragt werden, indem man `Set` auf *'search'* und `Subset` auf *'all'* setzt. Darüber hinaus können die gematchten (Korrespondenz-)Punkte für jede Objektinstanz abgefragt werden, indem man `Set` auf *'model'* oder *'search'* (für die Modell- oder Suchbild Merkmalspunkte) und `Subset` auf die Ergebnisnummer der Instanz setzt.

Die Bildkoordinaten der abgefragten Punkte werden in `Row` und `Column` zurückgeliefert.

Parameter

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . descriptor_model ⇝ *handle*
Der Handle des Deskriptormodells.

▷ **Set** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Satz von Merkmalspunkten.
Default: 'model'
Werteliste: `Set` ∈ {'model', 'search'}

▷ **Subset** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Teilsatz von Merkmalspunkten.
Default: 'all'
Wertevorschläge: `Subset` ∈ {'all', 0, 1, 2}

▷ **Row** (output_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinaten der Merkmalspunkte.

▷ **Column** (output_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinaten der Merkmalspunkte.

Beispiel

```
create_uncalib_descriptor_model (Template,'harris',[],[],[],[],42, \
                                 ModelID)
```

```
* Model points can be queried from a model, even if just created
get_descriptor_model_points (ModelID,'model','all',ModelRow,ModelColumn)
find_uncalib_descriptor_model (Image,ModelID,[],[],[],[],0.2,1, \
                               'num_points',HomMat2D,Score)
* Search points can be queried only after a
* find_[un]calib_descriptor_model was executed
get_descriptor_model_points (ModelID,'search','all',SearchRow,SearchColumn)
* Additionally, correspondences for the results can be queried
NumObjects := |HomMat2D|/9
for I := 0 to NumObjects-1 by 1
    * Query corresponding points in the model
    get_descriptor_model_points (ModelID,'model',I, \
                                 CorrModelRow,CorrModelColumn)
    * Query corresponding points in the search image
    get_descriptor_model_points (ModelID,'search',I, \
                                 CorrSearchRow,CorrSearchColumn)
    * Those points are typically for visualizational purposes
    gen_cross_contour_xld (CrossModel,CorrModelRow,CorrModelColumn, \
                           6,0.78)
    gen_cross_contour_xld (CrossSearch,CorrSearchRow,CorrSearchColumn, \
                           6,0.78)

    * ....

endfor
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_uncalib_descriptor_model`, `create_calib_descriptor_model`, `find_uncalib_descriptor_model`, `find_calib_descriptor_model`, `read_descriptor_model`

Siehe auch

`create_uncalib_descriptor_model`, `create_calib_descriptor_model`

Modul

Matching

get_descriptor_model_results (: : ModelID, ObjectID, ResultNames : Results)

Abfrage von alphanumerischen Ergebnissen, die bei deskriptorbasiertem Matching angefallen sind.

Mit dem Operator `get_descriptor_model_results` können alphanumerische Ergebnisse des deskriptorbasierten Matchings abgefragt werden. Diese Ergebnisse sind im deskriptorbasierten Modell (`ModelID`) gespeichert. Der Parameter `ObjectID` gibt das Objekt an, dessen Ergebnisse zurückgegeben werden sollen. Der Index der Objekte beginnt mit 0. Auf die Objekte ist in der gleichen Reihenfolge zuzugreifen in der sie von `find_uncalib_descriptor_model` bzw. `find_calib_descriptor_model` gefunden werden. Ergebnisse können auch für alle Objekte gleichzeitig abgefragt werden, wenn der gewünschte Wert ein Einzelwert und kein Tupelwert ist (z.B. `ResultNames`=*'num_points'* oder `ResultNames`=*'inlier_ratio'*).

Welche Ergebnisse in `Results` zurückgeliefert werden hängt von den gewählten `ResultNames` ab:

'num_points': Anzahl der Objektpunkte, die mit Modellpunkten übereinstimmen.

'inlier_ratio': Verhältnis der Anzahl der übereinstimmenden Objektpunkte zu der Anzahl der Modellpunkte.

'homography': 3x3 projektive Transformationsmatrix, welche die Modellpunkte in Objektpunkte transformiert. Es ist zu beachten, dass die Punktabbildung von dem ausgewählten Modellursprung abhängt (siehe `set_descriptor_model_origin`).

'pose': Geschätzte Objektpose. Dieses Ergebnis kann nur nach einem Aufruf des Operators `find_calib_descriptor_model` abgefragt werden.

'point_classification': liefert hintereinander hängende Dreiergruppen, welche die Klassifikationsergebnisse der durch `find_uncalib_descriptor_model` oder `find_calib_descriptor_model` im Suchbild extrahierten Punkte wiedergeben. Jede Dreiergruppe enthält einen *Suchpunktindex* an der ersten, einen *Modellpunktindex* an der zweiten und die *Klassifikationsbewertung* und der dritten Stelle. Die Reihenfolge der Such- und Modellpunktindizes entspricht der Reihenfolge der Punkte, die vom Operator `get_descriptor_model_points` mit Parameter `Subset`=*'all'* und Parameter `Set`=*'model'* bzw. `Set`=*'search'* zurückgegeben werden. Wenn eine Nummer in `ObjectID` übergeben wird, wird nur die Klassifikation der zu diesem Objekt korrespondierenden Punkte zurückgeliefert. Wenn *'all'* in `ObjectID` übergeben wird, wird die Klassifikation für alle Punkte zurückgeliefert, auch wenn sie keinem Objekt zugeordnet wurden. Die Dreiergruppen werden nach ihrer Klassifikationsbewertung geordnet. Punkte, deren Bewertung niedriger als der Wert des Deskriptorparameters *'min_score_descr'* ist (siehe `find_calib_descriptor_model` oder `find_uncalib_descriptor_model`), werden verworfen und werden deswegen im Ergebnistupel nicht aufgelistet.

Parameter

▷ **`ModelID`** (input_control) ..... descriptor_model ⇝ *handle*
Handle zu einem Deskriptormodell.

▷ **`ObjectID`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer* / string
Handle des Objekts, dessen Ergebnisse abgefragt werden sollen.
Default: 'all'
Wertevorschläge: `ObjectID` ∈ {'all', 0, 1, 2, 3}

▷ **`ResultNames`** (input_control) ..... attribute.name ⇝ *string*
Name des Ergebnisses, das abgefragt werden soll.
Default: 'num_points'
Werteliste: `ResultNames` ∈ {'num_points', 'inlier_ratio', 'homography', 'pose', 'point_classification'}

▷ **`Results`** (output_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Zurückgelieferte Ergebnisse.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`find_uncalib_descriptor_model`, `find_calib_descriptor_model`

Siehe auch

`get_descriptor_model_origin`, `get_descriptor_model_params`, `get_descriptor_model_points`

Modul

Matching

`read_descriptor_model` (: : `FileName` : `ModelID`)

Einlesen eines Deskriptormodells von einer Datei.

`read_descriptor_model` liest ein Deskriptormodell, das mit `write_descriptor_model` geschrieben wurde, aus der Datei `FileName` ein. Die Dateiendung für das Deskriptormodell ist in HALCON 'dsm'.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: .dsm

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . descriptor_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`find_uncalib_descriptor_model`, `find_calib_descriptor_model`

Siehe auch

`create_calib_descriptor_model`, `create_uncalib_descriptor_model`

Modul

Matching

serialize_descriptor_model (: : ModelID : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines Deskriptormodells.

`serialize_descriptor_model` serialisiert die Daten eines Deskriptormodells (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von `write_descriptor_model` in eine Datei geschrieben werden. Das Deskriptormodell wird in dem Handle `ModelID` übergeben. Das serialisierte Deskriptormodell wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und kann mit `deserialize_descriptor_model` wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . descriptor_model ⇝ *handle*
Handle zu dem zu speichernden Modell.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_descriptor_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`points_lepetit`, `create_uncalib_descriptor_model`, `create_calib_descriptor_model`

Nachfolger

`fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_descriptor_model`

Siehe auch

`create_uncalib_descriptor_model`, `create_calib_descriptor_model`

Modul

Matching

set_descriptor_model_origin (: : ModelID, Row, Column :)

Setzen des Ursprungs eines Deskriptormodells.

Der Operator set_descriptor_model_origin setzt den Ursprung (Referenzpunkt) des Deskriptormodells ModelID auf einen neuen Wert. Der Ursprung wird relativ zum Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des Deskriptormodells mit create_uncalib_descriptor_model oder create_calib_descriptor_model verwendet wurde, angegeben. Ein Ursprung von (0,0) heißt also, dass der Schwerpunkt der Region des Modellbildes verwendet wird. Ein Ursprung von (-20,-40) heißt, dass der Ursprung links oberhalb des Schwerpunktes liegt.

Parameter

- ▷ **ModelID** (input_control) ..... descriptor_model ⇝ *handle*
  Handle zu einem Deskriptormodell.
- ▷ **Row** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
  Verschiebung des Ursprungs in Zeilenrichtung.
  Default: 0
- ▷ **Column** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
  Verschiebung des Ursprungs in Spaltenrichtung.
  Default: 0

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_uncalib_descriptor_model, create_calib_descriptor_model, read_descriptor_model

Siehe auch

get_descriptor_model_origin, create_uncalib_descriptor_model

Modul

Matching

write_descriptor_model (: : ModelID, FileName :)

Schreiben eines Deskriptormodells in eine Datei.

write_descriptor_model schreibt ein Deskriptormodell in die Datei FileName. Das Modell kann mit read_descriptor_model wieder eingelesen werden. Die Die Dateiendung für das Deskriptormodell ist in HALCON 'dsm'.

Parameter

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . descriptor_model ⇝ *handle*
Handle zu dem zu speichernden Modell.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Der Pfad sowie Name des zu speichernden Modells.
Dateiendung: `.dsm`

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`points_lepetit`, `create_uncalib_descriptor_model`, `create_calib_descriptor_model`

Siehe auch

`create_uncalib_descriptor_model`, `create_calib_descriptor_model`

Modul

Matching

18.4 Formbasiert

adapt_shape_model_high_noise (ImageReduced : : ModelID,
GenParam : ResultDict)

Anpassen der Parameter eines Formmodells an Bilder mit starkem Rauschen.

`adapt_shape_model_high_noise` passt die Parameter eines Formmodells `ModelID` an Bilder mit starkem Rauschen an und liefert sie in `ResultDict` zurück. Basierend auf einem beispielhaften Suchbild `ImageReduced` werden die optimalen Werte für die Parameter eines Formmodells geschätzt und im Modell angepasst. Die Domäne von `ImageReduced` sollte das Modell und umgebenden Hintergrund beinhalten, so dass für die Suchbilder typisches Rauschen zur Schätzung der Parameter berücksichtigt werden kann. Mit `GenParam` werden die Parameter, die geschätzt werden sollen, gesteuert. Zur Zeit unterstützt der Operator das Schätzen der untersten Pyramidenstufe, die bei der Suche verwendet wird. Entsprechend soll der Wert *'all'* oder *'lowest_level'* in `GenParam` übergeben werden.

Achtung: Der Operator verändert das Formmodell `ModelID` indem die geschätzte Pyramidenstufe gesetzt wird.

Parameter

▷ **ImageReduced** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
Beispielhaftes Suchbild mit reduzierter Domäne.

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . shape_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

▷ **GenParam** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Die zu schätzenden Parameter.
Default: 'all'
Werteliste: `GenParam` ∈ {'lowest_level', 'all'}

▷ **ResultDict** (output_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Dictionary mit den geschätzten Parameterwerten.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `adapt_shape_model_high_noise` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_generic_shape_model`

Nachfolger

`find_generic_shape_model`

Modul

Matching

clear_shape_model (: : ModelID :)

Freigabe des Speichers eines Formmodells.

`clear_shape_model` gibt den Speicher eines Formmodells, das mit `create_shape_model`, `create_scaled_shape_model` oder `create_aniso_shape_model` angelegt wurde, wieder frei. Das Modell kann nach dem Aufruf nicht mehr verwendet werden. Der Handle `ModelID` ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **ModelID** (input_control) ..... shape_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert `clear_shape_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_generic_shape_model`, `write_shape_model`

Modul

Matching

create_aniso_shape_model (Template : : NumLevels, AngleStart, AngleExtent, AngleStep, ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleRStep, ScaleCMin, ScaleCMax, ScaleCStep, Optimization, Metric, Contrast, MinContrast : ModelID)

Vorbereiten eines anisotrop skalierten Formmodells für das Matching.

create_aniso_shape_model bereitet ein Muster, das als Bild Template übergeben wird, als anisotrop skaliertes Formmodell für das Matching vor. Die ROI des Modells wird als der Definitionsbereich von Template übergeben.

Der Ausgabeparameter ModelID ist ein Handle für dieses Modell, der in nachfolgenden Aufrufen von find_aniso_shape_model verwendet wird. Als Ursprung (Referenzpunkt) des Modells wird der Schwerpunkt der Region des Modellbildes Template verwendet. Falls ein anderer Ursprung gewünscht wird, kann dieser mit set_shape_model_origin gesetzt werden. Das Modell wird auf mehreren Pyramidenebenen generiert und im Speicher abgelegt. Falls eine vollständige Vorabgenerierung des Modells gewählt wird (siehe unten), wird das Modell in mehreren Rotationen und anisotropen Skalierungen (unabhängigen Skalierungen in Zeilen- und Spaltenrichtung) auf jeder Ebene generiert. Das Modell kann mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert werden.

Eingabeparameter im Detail

NumLevels: Die Anzahl der Pyramidenebenen wird mit NumLevels festgelegt. Sie sollte so groß wie möglich gewählt werden, da hierdurch das Auffinden des Modells erheblich beschleunigt wird. Bei der Wahl von NumLevels ist aber darauf zu achten, dass das Modell auf der obersten Pyramidenstufe noch erkennbar ist und genügend viele Punkte besitzt (mindestens vier). Dies kann anhand der Ausgabe von inspect_shape_model überprüft werden. Falls nicht genügend Modellpunkte erzeugt werden, wird die Anzahl der Pyramidenstufen intern solange reduziert, bis auf der obersten Pyramidenstufe genügend Modellpunkte vorhanden sind. Falls durch diese Anpassung ein Modell mit keiner Pyramidenstufe entstehen würde, d.h. falls schon auf der untersten Pyramidenstufe zu wenige Modellpunkte vorhanden sind, liefert create_aniso_shape_model eine Fehlermeldung zurück.

Falls für NumLevels *'auto'* (oder *0* für Rückwärtskompatibilität) übergeben wird, wählt create_aniso_shape_model die Anzahl der Pyramidenstufen automatisch. Die automatisch gewählte Anzahl von Pyramidenstufen kann mit get_shape_model_params abgefragt werden. In seltenen Fällen kann es vorkommen, dass create_aniso_shape_model die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch oder zu niedrig bestimmt. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch gewählt wird, kann das dazu führen, dass das Modell im Bild nicht erkannt wird oder dass sehr niedrige Parameter für MinScore oder Greediness in find_aniso_shape_model selektiert werden müssen, damit das Modell gefunden wird. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu niedrig gewählt wird, kann es zu erhöhten Laufzeiten in find_aniso_shape_model kommen. In diesen Fällen sollte die Anzahl der Pyramidenstufen mit Hilfe der Ausgabe von inspect_shape_model gewählt werden.

AngleStart, AngleExtent und AngleStep: Die Parameter AngleStart und AngleExtent legen den Winkelbereich für die möglichen Rotationen des Modells im Bild fest. Das Modell kann also mit find_aniso_shape_model nur in diesem Winkelbereich gefunden werden. Der Parameter AngleStep gibt die Schrittweite der Winkel in dem gewählten Winkelbereich an. Falls bei find_aniso_shape_model keine Subpixelgenauigkeit spezifiziert wird, gibt AngleStep also die erreichbare Winkelgenauigkeit an. AngleStep sollte aufgrund der Größe des Objektes gewählt werden. Kleinere Modelle besitzen nur eine kleine Anzahl von verschiedenen diskreten Rotationen im Bild. Deshalb sollte AngleStep für kleinere Modelle größer gewählt werden. Falls AngleExtent kein ganzzahliges Vielfaches von AngleStep ist, wird AngleStep entsprechend angepasst. Um sicherzustellen, dass find_aniso_shape_model für Modellinstanzen ohne Rotation Winkel von exakt 0.0 zurückgibt, wird der Winkelbereich der möglichen Rotationen folgendermaßen angepasst: Wenn kein positiver ganzzahliger Wert n existiert, für den AngleStart plus n mal AngleStep genau Null ergibt, wird AngleStart um höchstens AngleStep verringert, und AngleExtent wird um AngleStep vergrößert.

ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleCMin, ScaleCMax, ScaleRStep und ScaleCStep: Die Parameter ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleCMin und ScaleCMax legen den Bereich der möglichen anisotropen Skalierung des Modells in Zeilen- und Spaltenrichtung im Bild fest. Eine Skalierung von 1 in beiden Skalierungsfaktoren entspricht der Originalgröße des Modells. Die Parameter ScaleRStep und ScaleCStep geben die Schrittweite der Skalierungen an. Falls bei find_aniso_shape_model keine Subpixelgenauigkeit spezifiziert wird, geben ScaleRStep und ScaleCStep also die erreichbare Genauigkeit der Skalierungen an. Wie AngleStep sollten ScaleRStep und ScaleRStep aufgrund der Größe des Objektes gewählt werden. Falls der jeweilige Skalierungsbereich kein ganzzahliges Vielfaches von ScaleRStep und ScaleCStep ist, werden ScaleRStep und ScaleCStep entsprechend angepasst. Um sicherzustellen, dass find_aniso_shape_model für Modellinstanzen ohne Skalierung Skalierungen von exakt 1.0 zurückgibt, wird der Bereich der möglichen Skalierungen folgendermaßen angepasst: Wenn keine positiven ganzzahligen Werte n und m existieren, für die ScaleRMin plus n mal ScaleRStep sowie ScaleCMin plus m mal ScaleCStep genau 1.0 ergeben, werden ScaleRMin und ScaleCMin

um höchstens ScaleRStep bzw. ScaleCStep verringert, und ScaleRMax und ScaleCMax werden so erhöht, dass der jeweilige Skalierungsbereich um ScaleRStep bzw. ScaleCStep vergrößert wird.

Es ist zu beachten, dass die Transformationen intern so behandelt werden, dass erst die Skalierungen und dann die Rotation angewendet werden. Daher sollte das Modell im Normalfall so ausgerichtet werden, dass es im Modellbild horizontal oder vertikal erscheint.

Optimization: Bei besonders großen Modellen kann es auch sinnvoll sein, die Anzahl der Modellpunkte durch Setzen des Parameters Optimization auf einen Wert ungleich *'none'* zu setzen. Falls Optimization = *'none'*, werden alle Modellpunkte abgespeichert. Ansonsten wird die Anzahl der Punkte entsprechend dem Parameter Optimization reduziert. Falls die Anzahl der Punkte reduziert wird, kann es bei find_aniso_shape_model notwendig werden, den Parameter Greediness auf einen kleineren Wert, z.B. *0.7* oder *0.8*, zu setzen. Bei kleineren Modellen bewirkt die Reduktion der Anzahl der Punkte keine Beschleunigung, da dadurch typischerweise wesentlich mehr potentielle Instanzen des Modells untersucht werden müssen.

Falls für Optimization *'auto'* übergeben wird, wählt create_aniso_shape_model die Reduktion der Punkte automatisch.

Metric: Der Parameter Metric legt fest, unter welchen Bedingungen das Muster im Bild noch erkannt wird.

Falls Metric = *'use_polarity'*, muss das Objekt im Bild dieselben Kontrasteigenschaften aufweisen wie das Modell. Wenn z.B. das Modell ein helles Objekt auf dunklem Hintergrund ist, wird das Objekt im Bild nur dann gefunden, wenn es auch heller als der Hintergrund ist.

Falls Metric = *'ignore_global_polarity'*, wird das Objekt auch dann im Bild gefunden, wenn sich der Kontrast global umkehrt. Im obigen Beispiel würde das Objekt also auch dann gefunden, wenn es dunkler als der Hintergrund ist. Die Laufzeit von find_aniso_shape_model erhöht sich in diesem Fall geringfügig.

Falls Metric = *'ignore_local_polarity'*, wird das Modell auch dann gefunden, wenn sich die Kontrastverhältnisse lokal ändern. Dieser Modus kann z.B. dann sinnvoll sein, wenn das Objekt aus einem Teil mittleren Grauwerts besteht, auf dem entweder dunkle oder helle Unterobjekte liegen können. Da sich in diesem Fall die Laufzeit von find_aniso_shape_model aber wesentlich erhöht, ist es in solchen Fällen meist sinnvoller, mehrere Modelle mit create_aniso_shape_model zu erzeugen und mit find_aniso_shape_models zu suchen.

Die obigen drei Metriken können nur auf einkanalige Bilder angewendet werden. Falls im Modellbild oder in den Suchbildern ein mehrkanaliges Bild übergeben wird, wird stillschweigend nur der erste Kanal des Bildes verwendet.

Falls Metric = *'ignore_color_polarity'*, wird das Modell auch dann gefunden, falls sich die Farbkontraste lokal ändern können. Dies ist z.B. der Fall, wenn Teile des Objektes ihre Farbe ändern können, z.B. von rot auf grün. Dieser Modus ist insbesondere dann sinnvoll, wenn nicht vorab bekannt ist, in welchen Kanälen das Objekt zu erkennen ist. Auch hier kann sich die Laufzeit von find_aniso_shape_model erheblich erhöhen. Die Metrik *'ignore_color_polarity'* kann auf Bilder mit einer beliebigen Anzahl von Kanälen angewendet werden. Falls sie mit einkanaligen Bildern verwendet wird, hat sie dieselbe Wirkung wie *'ignore_local_polarity'*. Es ist zu beachten, dass für Metric = *'ignore_color_polarity'* die Anzahl der Kanäle bei der Modellgenerierung mit create_aniso_shape_model und bei der Suche mit find_aniso_shape_model verschieden sein können. Dies erlaubt z.B. die Modellgenerierung aus einem einkanaligen synthetisch generierten Bild. Es ist auch zu beachten, dass die Kanäle nicht einer spektralen Unterteilung des Lichtes (wie z.B. bei einem RGB-Bild) entsprechen müssen. Die Kanäle können z.B. auch durch Beleuchtung des Objektes aus unterschiedlichen Richtungen entstanden sein.

Contrast: Der Parameter Contrast legt fest, welchen Grauwertkontrast die Punkte des Modells besitzen müssen. Der Kontrast ist ein Maß für die lokalen Grauwertdifferenzen zwischen dem Objekt und dem Hintergrund und zwischen verschiedenen Teilen des Objektes. Contrast sollte so gewählt werden, dass nur die signifikanten Merkmale des Musters für das Modell verwendet werden. Contrast kann auch ein Tupel mit zwei Werten enthalten. In diesem Fall wird bei der Segmentierung des Modells ein Verfahren, das ähnlich zum Hysterese-Schwellenwert-Verfahren in edges_image ist, eingesetzt. Dabei ist der erste Wert des Tupels der untere Schwellenwert und der zweite Wert der obere Schwellenwert. Für weitere Informationen über das Hysterese-Schwellenwert-Verfahren siehe hysteresis_threshold. Optional kann in Contrast auch ein dritter Wert als letztes Element des Tupels übergeben werden. Dieser Wert dient zur Selektion von signifikanten Komponenten des Modells basierend auf der Größe der Komponenten, d.h. Komponenten, deren Anzahl von Punkten kleiner ist als diese Mindestgröße, werden unterdrückt. Da sich die Mindestgröße auf die Größe der Komponenten bezieht kann es auch vorkommen, dass die daraus abgeleiteten Modellkonturen trotzdem kleiner als die angegebene Mindestgröße sind. Dieser Schwellenwert wird pro Pyramidenstufe halbiert. Falls eine Unterdrückung von kleinen Modellkomponenten gewünscht ist, aber keine Hysterese-Schwellenwert-Operation, müssen dennoch drei Werte in Contrast übergeben werden, von

denen die ersten zwei auf denselben Wert gesetzt werden. Die Wirkung von Contrast kann auch vorab mit inspect_shape_model überprüft werden.

Wird Contrast auf *'auto'* gesetzt, dann bestimmt create_aniso_shape_model die beschriebenen drei Werte automatisch. Es besteht die Möglichkeit, nur den Kontrast (*'auto_contrast'*), die Hysterese-Schwellenwerte (*'auto_contrast_hyst'*) oder die Mindestgröße (*'auto_min_size'*) automatisch bestimmen zu lassen. Die übrigen, nicht automatisch zu bestimmenden Größen, können dann zusätzlich als Tupel übergeben werden. Dabei sind auch Kombinationen zulässig: Wird z.B. *['auto_contrast','auto_min_size']* übergeben, wird sowohl der Kontrast als auch die Mindestgröße bestimmt. Bei *['auto_min_size',20,30]* wird die Mindestgröße automatisch ermittelt, während die Hysterese-Schwellen auf *20* und *30* gesetzt werden, etc. In bestimmten Fällen kann es vorkommen, dass die automatische Bestimmung der Kontrast-Schwellenwerte nicht zum gewünschten Ergebnis führt. So ist eine manuelle Parameterwahl zu bevorzugen, wenn anwendungsbedingt bestimmte Modellkomponenten ausgeschlossen oder ins Modell integriert werden sollen oder wenn das Objekt mehrere unterschiedliche Kontraststufen umfasst. Daher ist es sinnvoll, die Kontrastwerte vor der Modellgenerierung mit determine_shape_model_params automatisch zu ermitteln und das Ergebnis mit inspect_shape_model zu überprüfen. Es ist zu beachten, dass MinContrast die Bestimmung der Kontrast-Schwellenwerte beeinflusst, und daher auch die Schätzung der Mindestgröße.

MinContrast: Mit MinContrast wird festgelegt, welchen Grauwertkontrast das Modell später bei der Erkennung mit find_aniso_shape_model im Bild mindestens besitzen muss. Mit anderen Worten stellt dieser Parameter somit eine Abgrenzung des Musters von Rauschen im Bild dar. Eine gute Wahl ist deshalb der Bereich von Grauwertänderungen, der durch das Rauschen im Bild verursacht wird. Falls die Grauwerte z.B. in einem Bereich von 10 Graustufen durch Rauschen schwanken, sollte MinContrast auf 10 gesetzt werden. Falls mehrkanalige Bilder für das Modell und für die Suchbilder verwendet werden, und falls der Parameter Metric auf *'ignore_color_polarity'* gesetzt wird (siehe oben), muss das Rauschen in einem Kanal noch mit der Wurzel der Anzahl der Kanäle multipliziert werden, um MinContrast zu bestimmen. Falls die Grauwerte in einem Kanal z.B. in einem Bereich von 10 Graustufen schwanken, sollte MinContrast bei einem dreikanaligen Bild auf 17 gesetzt werden. Offensichtlich muss MinContrast kleiner als Contrast sein. Falls das Modell später in sehr kontrastarmen Bildern erkannt werden soll, muss MinContrast entsprechend klein gewählt werden. Falls das Modell mit erheblichen Verdeckungen erkannt werden soll, sollte MinContrast etwas größer als der Grauwertbereich, der durch das Rauschen verursacht wird, gewählt werden, um eine robuste und genaue Lageschätzung des verdeckten Modells zu gewährleisten.

Wird MinContrast auf *'auto'* gesetzt, wählt create_aniso_shape_model den Mindestkontrast basierend auf dem Rauschen im Modellbild automatisch. Eine automatische Bestimmung ergibt demzufolge nur Sinn, wenn das bei der Erkennung zu erwartende Bildrauschen dem Rauschen im Modellbild entspricht. Außerdem kann es in manchen Fällen sinnvoll sein, den automatisch ermittelten Wert zu erhöhen, um eine höhere Robustheit gegenüber Verdeckungen zu erzielen (siehe oben). Der automatisch bestimmte Mindestkontrast kann mit get_shape_model_params abgefragt werden.

Vollständige Vorabgenerierung des Modells

Optional kann in Optimization ein zweiter Wert übergeben werden. Dieser Wert legt fest, ob das Modell vollständig vorab generiert wird oder nicht. Der zweite Wert von Optimization ist hierzu auf *'pregeneration'* oder *'no_pregeneration'* zu setzen. Falls der zweite Wert nicht angegeben wird, wird der mit set_system ('pregenerate_shape_models',...) eingestellte Modus verwendet. Mit der Standardeinstellung (*'pregenerate_shape_models'* = *'false'*) wird das Modell nicht vollständig vorab generiert. Die vollständige Vorabgenerierung des Modells führt im Normalfall zu leicht geringeren Laufzeiten in find_aniso_shape_model, da das Modell nicht zur Laufzeit transformiert werden muss. Allerdings sind in diesem Fall der Speicherbedarf und die Zeit, die zur Modellerzeugung benötigt wird, wesentlich höher. Zu beachten ist auch, dass in den zwei Modi nicht dieselben Ergebnisse erwartet werden können, da intern bei der Transformation zur Laufzeit notwendigerweise andere Daten für die transformierten Modelle entstehen, als bei der Vorabgenerierung. Falls das Modell nicht vorab generiert wird, werden z.B. in find_aniso_shape_model typischerweise leicht niedrigere Bewertungen (Scores) zurückgeliefert, so dass es unter Umständen notwendig sein kann, einen niedrigeren Wert für MinScore als bei vollständiger Vorabgenerierung zu verwenden. Außerdem können sich die durch Interpolation gewonnenen Subpixelpositionen geringfügig unterscheiden. Falls höchste Genauigkeit gewünscht wird, sollte die Lage des Modells mittels Ausgleichsrechnung (Least-Squares Adjustment) bestimmt werden.

Falls eine vollständige Vorabgenerierung des Modells gewählt wird, wird das Modell in dem gewählten Winkelbereich und Skalierungsbereich vorab generiert und im Speicher abgelegt. Der Speicherbedarf zur Speicherung des Modells ist also proportional zur Anzahl der Winkelschritte, zur Anzahl der Skalierungsschritte und zur Anzahl der Punkte im Modell. Wenn also AngleStep, ScaleRStep oder ScaleCStep zu klein bzw. AngleExtent oder der Skalierungsbereich zu groß gewählt werden, kann es vorkommen, dass das Modell

nicht mehr in den (virtuellen) Speicher passt. In diesem Fall muss entweder AngleStep, ScaleRStep oder ScaleCStep größer oder AngleExtent oder der Skalierungsbereich kleiner gewählt werden. In jedem Fall ist es aus Laufzeitgründen vorteilhaft, wenn das Modell komplett in den Hauptspeicher passt und somit ein Paging durch das Betriebssystem vermieden werden kann. Da die Möglichkeit zur subpixelgenauen Winkelbestimmung in find_aniso_shape_model gegeben ist, kann bei Modellen mit einem Durchmesser von ca. 200 Pixeln AngleStep $\geq 1°$ und ScaleRStep, ScaleCStep ≥ 0.02 gewählt werden.

Falls AngleStep $= 'auto'$ oder ScaleRStep, ScaleCStep $= 'auto'$ (oder jeweils *0* für Rückwärtskompatibilität) übergeben wird, wählt create_aniso_shape_model automatisch eine Schrittweite für die Winkel bzw. Skalierungen basierend auf der Größe des Modells aus. Die automatisch gewählten Schrittweiten können mit get_shape_model_params abgefragt werden.

Falls eine vollständige Vorabgenerierung des Modells nicht gewählt wird, wird das Modell nur in einer Referenzlage auf jeder Ebene erzeugt. In diesem Fall muss das Modell zur Laufzeit in find_aniso_shape_model auf die verschiedenen Winkel und Skalierungen transformiert werden. Dadurch kann es vorkommen, dass das Auffinden des Modells etwas mehr Zeit benötigt.

Es ist zu beachten, dass vorabgenerierte Modelle für eine spezifische Bildgröße bestimmt sind. Aus Laufzeitgründen ist die Verwendung von Bildern mit verschiedenen Größen während der Suche mit dem gleichen Modell nicht parallel möglich. In diesem Fall müssen Kopien des gleichen Modells verwendet werden. Anderenfalls kann das Programm abstürzen.

Parameter

▷ **Template** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild, dessen Definitionsbereich zum Aufbau des Modells verwendet wird.

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Maximale Anzahl von Pyramidenebenen.
Default: 'auto'
Werteliste: NumLevels ∈ {'auto', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **AngleStart** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Kleinste auftretende Rotation des Musters.
Default: -0.39
Wertevorschläge: AngleStart ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}

▷ **AngleExtent** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Ausdehnung des Winkelbereichs.
Default: 0.79
Wertevorschläge: AngleExtent ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39}
Restriktion: AngleExtent >= 0

▷ **AngleStep** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / string
Schrittweite der Winkel (Auflösung).
Default: 'auto'
Wertevorschläge: AngleStep ∈ {'auto', 0.0175, 0.0349, 0.0524, 0.0698, 0.0873}
Restriktion: AngleStep >= 0 && AngleStep <= pi / 2

▷ **ScaleRMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Musters in Zeilenrichtung.
Default: 0.9
Wertevorschläge: ScaleRMin ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleRMin > 0

▷ **ScaleRMax** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Größte auftretende Skalierung des Musters in Zeilenrichtung.
Default: 1.1
Wertevorschläge: ScaleRMax ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
Restriktion: ScaleRMax >= ScaleRMin

▷ **ScaleRStep** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / string
Schrittweite der Skalierung (Auflösung) in Zeilenrichtung.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: ScaleRStep ∈ {'auto', 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
Restriktion: ScaleRStep >= 0

▷ **ScaleCMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Musters in Spaltenrichtung.
Default: 0.9
Wertevorschläge: ScaleCMin ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleCMin > 0

▷ **ScaleCMax** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Größte auftretende Skalierung des Musters in Spaltenrichtung.
Default: 1.1
Wertevorschläge: ScaleCMax ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
Restriktion: ScaleCMax >= ScaleCMin

▷ **ScaleCStep** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / string
Schrittweite der Skalierung (Auflösung) in Spaltenrichtung.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: ScaleCStep ∈ {'auto', 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
Restriktion: ScaleCStep >= 0

▷ **Optimization** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Art der Optimierung und optional Methode der Modellgenerierung.
Default: 'auto'
Werteliste: Optimization ∈ {'auto', 'none', 'point_reduction_low', 'point_reduction_medium', 'point_reduction_high', 'pregeneration', 'no_pregeneration'}

▷ **Metric** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
Default: 'use_polarity'
Werteliste: Metric ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity', 'ignore_local_polarity', 'ignore_color_polarity'}

▷ **Contrast** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / string
Schwellenwert bzw. Hystereseschwellenwerte für den Kontrast des Objektes im Musterbild und optional Mindestgröße der Objektteile.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: Contrast ∈ {'auto', 'auto_contrast', 'auto_contrast_hyst', 'auto_min_size', 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160}

▷ **MinContrast** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer* / string
Minimaler Kontrast des Objektes in den Suchbildern.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: MinContrast ∈ {'auto', 1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 40}
Restriktion: MinContrast < Contrast

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . shape_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_aniso_shape_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wenn die Parameter NumLevels und Contrast so gewählt worden sind, dass das Modell zu wenige Punkte besitzt, wird die Fehlermeldung 8510 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

draw_region, reduce_domain, threshold

Nachfolger

find_aniso_shape_model, find_aniso_shape_models, get_shape_model_params,

clear_shape_model, write_shape_model, set_shape_model_origin, set_shape_model_clutter

Alternativen

create_generic_shape_model

Siehe auch

set_system, get_system

Modul

Matching

create_aniso_shape_model_xld (Contours : : NumLevels, AngleStart, AngleExtent, AngleStep, ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleRStep, ScaleCMin, ScaleCMax, ScaleCStep, Optimization, Metric, MinContrast : ModelID)

Vorbereiten eines anisotrop skalierten Formmodells für das Matching aus XLD-Konturen.

create_aniso_shape_model_xld erzeugt ein anisotrop skaliertes Formmodell für das Matching aus den XLD-Konturen Contours. Die XLD-Konturen repräsentieren dabei die Grauwertkanten des zu suchenden Objekts im Bild. Im Gegensatz zu dem Operator create_aniso_shape_model, der ein Formmodell aus einem Bild erzeugt, erzeugt der Operator create_aniso_shape_model_xld das Formmodell aus XLD-Konturen, d.h., ohne die Verwendung eines Bildes.

Der Ausgabeparameter ModelID ist ein Handle für dieses Modell, der in nachfolgenden Aufrufen von find_aniso_shape_model verwendet wird. Als Ursprung (Referenzpunkt) des Modells wird der Schwerpunkt des kleinsten umschließenden Rechtecks der Konturen Contours, das parallel zu den Koordinatenachsen liegt, verwendet. Falls ein anderer Ursprung gewünscht wird, kann dieser mit set_shape_model_origin gesetzt werden. Das Modell wird für mehrere Pyramidenebenen generiert und im Speicher abgelegt. Falls eine vollständige Vorabgenerierung des Modells gewählt wird (siehe unten), wird das Modell in mehreren Rotationen und anisotropen Skalierungen (unabhängigen Skalierungen in Zeilen- und Spaltenrichtung) auf jeder Ebene generiert. Das Modell kann mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert werden.

Eingabeparameter im Detail

NumLevels: Die Anzahl der Pyramidenebenen wird mit NumLevels festgelegt. Sie sollte so groß wie möglich gewählt werden, da hierdurch das Auffinden des Modells erheblich beschleunigt wird. Bei der Wahl von NumLevels ist aber darauf zu achten, dass das Modell auf der obersten Pyramidenstufe noch erkennbar ist und genügend viele Punkte besitzt (mindestens vier). Falls nicht genügend Modellpunkte erzeugt werden, wird die Anzahl der Pyramidenstufen intern solange reduziert, bis auf der obersten Pyramidenstufe genügend Modellpunkte vorhanden sind. Falls durch diese Anpassung ein Modell mit keiner Pyramidenstufe entstehen würde, d.h. falls schon auf der untersten Pyramidenstufe zu wenige Modellpunkte vorhanden sind, liefert create_aniso_shape_model_xld eine Fehlermeldung zurück.

Falls für NumLevels *'auto'* übergeben wird, wählt create_aniso_shape_model_xld die Anzahl der Pyramidenstufen automatisch. Die gewählte Anzahl von Pyramidenstufen kann mit get_shape_model_params abgefragt werden. In seltenen Fällen kann es vorkommen, dass create_aniso_shape_model_xld die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch oder zu niedrig bestimmt. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch gewählt wird, kann das dazu führen, dass das Modell im Bild nicht erkannt wird oder dass sehr niedrige Parameter für MinScore oder Greediness in find_aniso_shape_model selektiert werden müssen, damit das Modell gefunden wird. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu niedrig gewählt wird, kann es zu erhöhten Laufzeiten in find_aniso_shape_model kommen. In diesen Fällen sollte die Anzahl der Pyramidenstufen manuell gewählt werden.

AngleStart, AngleExtent und AngleStep: Die Parameter AngleStart und AngleExtent legen den Winkelbereich für die möglichen Rotationen des Objektes im Bild fest. Das Objekt kann also mit find_aniso_shape_model nur in diesem Winkelbereich gefunden werden. Der Parameter AngleStep gibt die Schrittweite der Winkel in dem gewählten Winkelbereich an. Falls bei find_aniso_shape_model keine Subpixelgenauigkeit spezifiziert wird, gibt AngleStep also die erreichbare Winkelgenauigkeit an. AngleStep sollte aufgrund der Größe des Objektes gewählt werden.

Kleinere Modelle besitzen nur eine kleine Anzahl von verschiedenen diskreten Rotationen im Bild. Deshalb sollte AngleStep für kleinere Modelle größer gewählt werden. Falls AngleExtent kein ganzzahliges Vielfaches von AngleStep ist, wird AngleStep entsprechend angepasst. Um sicherzustellen, dass find_aniso_shape_model für Modellinstanzen ohne Rotation Winkel von exakt 0.0 zurückgibt, wird der Winkelbereich der möglichen Rotationen folgendermaßen angepasst: Wenn kein positiver ganzzahliger Wert n existiert, für den AngleStart plus n mal AngleStep genau Null ergibt, wird AngleStart um höchstens AngleStep verringert, und AngleExtent wird um AngleStep vergrößert.

ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleCMin, ScaleCMax, ScaleRStep und ScaleCStep: Die Parameter ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleCMin und ScaleCMax legen den Bereich der möglichen anisotropen Skalierung des Objektes in Zeilen- und Spaltenrichtung im Bild fest. Eine Skalierung von 1 in beiden Skalierungsfaktoren entspricht der Originalgröße des Modells. Die Parameter ScaleRStep und ScaleCStep geben die Schrittweite der Skalierungen an. Falls bei find_aniso_shape_model keine Subpixelgenauigkeit spezifiziert wird, geben ScaleRStep und ScaleCStep also die erreichbare Genauigkeit der Skalierungen an. Wie AngleStep sollten ScaleRStep und ScaleRStep aufgrund der Größe des Objektes gewählt werden. Falls der jeweilige Skalierungsbereich kein ganzzahliges Vielfaches von ScaleRStep und ScaleCStep ist, werden ScaleRStep und ScaleCStep entsprechend angepasst. Um sicherzustellen, dass find_aniso_shape_model für Modellinstanzen ohne Skalierung Skalierungen von exakt 1.0 zurückgibt, wird der Bereich der möglichen Skalierungen folgendermaßen angepasst: Wenn keine positiven ganzzahligen Werte n und m existieren, für die ScaleRMin plus n mal ScaleRStep sowie ScaleCMin plus m mal ScaleCStep genau 1.0 ergeben, werden ScaleRMin und ScaleCMin um höchstens ScaleRStep bzw. ScaleCStep verringert, und ScaleRMax und ScaleCMax werden so erhöht, dass der jeweilige Skalierungsbereich um ScaleRStep bzw. ScaleCStep vergrößert wird.

Es ist zu beachten, dass die Transformationen intern so behandelt werden, dass erst die Skalierungen und dann die Rotation angewendet werden. Daher sollte das Modell im Normalfall so ausgerichtet werden, dass es im Modellbild horizontal oder vertikal erscheint.

Optimization: Bei besonders großen Modellen kann es auch sinnvoll sein, die Anzahl der Modellpunkte durch Setzen des Parameters Optimization auf einen Wert ungleich *'none'* zu setzen. Falls Optimization = *'none'*, werden alle Modellpunkte abgespeichert. Ansonsten wird die Anzahl der Punkte entsprechend dem Parameter Optimization reduziert. Falls die Anzahl der Punkte reduziert wird, kann es bei find_aniso_shape_model notwendig werden, den Parameter Greediness auf einen kleineren Wert, z.B. *0.7* oder *0.8*, zu setzen. Bei kleineren Modellen bewirkt die Reduktion der Anzahl der Punkte keine Beschleunigung, da dadurch typischerweise wesentlich mehr potentielle Instanzen des Modells untersucht werden müssen.

Falls für Optimization *'auto'* übergeben wird, wählt create_aniso_shape_model_xld die Reduktion der Punkte automatisch.

Metric: Der Parameter Metric legt fest, unter welchen Bedingungen das Muster im Bild noch erkannt wird.

Falls Metric = *'use_polarity'*, muss das Objekt im Bild dieselben Kontrasteigenschaften aufweisen wie das Modell. Wenn z.B. das Modell ein helles Objekt auf dunklem Hintergrund ist, wird das Objekt im Bild nur dann gefunden, wenn es auch heller als der Hintergrund ist.

Falls Metric = *'ignore_global_polarity'*, wird das Objekt auch dann im Bild gefunden, wenn sich der Kontrast global umkehrt. Im obigen Beispiel würde das Objekt also auch dann gefunden, wenn es dunkler als der Hintergrund ist. Die Laufzeit von find_aniso_shape_model erhöht sich in diesem Fall geringfügig.

Es ist zu beachten, dass die beiden Werte *'use_polarity'* und *'ignore_global_polarity'* für Metric nur dann verwendet werden können, wenn bei allen Konturen, die in Contours übergeben wurden, das Attribut *'edge_direction'* gesetzt ist, da es die Polarität der Kanten festlegt. Für weitere Informationen zu Konturattributen wie *'edge_direction'* siehe get_contour_attrib_xld. Ansonsten besteht die Möglichkeit, die beiden Werte für Metric mit dem Operator set_shape_model_metric zu setzen, der die Polarität der Kanten aus einem Bild bestimmt.

Falls Metric = *'ignore_local_polarity'*, wird das Modell auch dann gefunden, wenn sich die Kontrastverhältnisse lokal ändern. Dieser Modus kann z.B. dann sinnvoll sein, wenn das Objekt aus einem Teil mittleren Grauwerts besteht, auf dem entweder dunkle oder helle Unterobjekte liegen können. Da sich in diesem Fall die Laufzeit von find_aniso_shape_model aber wesentlich erhöht, ist es in solchen Fällen meist sinnvoller, mehrere Modelle mit create_aniso_shape_model_xld zu erzeugen und mit find_aniso_shape_models zu suchen.

Die obigen drei Metriken können nur auf einkanalige Bilder angewendet werden. Falls im Modellbild oder in den Suchbildern ein mehrkanaliges Bild übergeben wird, wird stillschweigend nur der erste Kanal des Bildes verwendet. Falls Metric = *'ignore_color_polarity'*, wird das Modell auch dann gefunden, falls sich die

Farbkontraste lokal ändern können. Dies ist z.B. der Fall, wenn Teile des Objektes ihre Farbe ändern können, z.B. von rot auf grün. Dieser Modus ist insbesondere dann sinnvoll, wenn nicht vorab bekannt ist, in welchen Kanälen das Objekt zu erkennen ist. Auch hier kann sich die Laufzeit von `find_aniso_shape_model` erheblich erhöhen. Die Metrik *'ignore_color_polarity'* kann auf Bilder mit einer beliebigen Anzahl von Kanälen angewendet werden. Falls sie mit einkanaligen Bildern verwendet wird, hat sie dieselbe Wirkung wie *'ignore_local_polarity'*. Es ist zu beachten, dass für `Metric` = *'ignore_color_polarity'* die Kanäle nicht einer spektralen Unterteilung des Lichtes (wie z.B. bei einem RGB-Bild) entsprechen müssen. Die Kanäle können z.B. auch durch Beleuchtung des Objektes aus unterschiedlichen Richtungen entstanden sein. Es ist auch zu beachten, dass die beiden ersten Werte für `Metric` (*'use_polarity'* und *'ignore_global_polarity'*) nur dann verwendet werden können, wenn bei allen Konturen, die in `Contours` übergeben wurden, das Attribut *'edge_direction'* gesetzt ist, da es die Polarität der Kanten festlegt. Für weitere Informationen zu Konturattributen wie *'edge_direction'* siehe `get_contour_attrib_xld`. Ansonsten besteht die Möglichkeit, die beiden Werte für `Metric` mit dem Operator `set_shape_model_metric` zu setzen, der die Polarität der Kanten aus einem Bild bestimmt.

`MinContrast`: Mit `MinContrast` wird festgelegt, welchen Grauwertkontrast die Objektkanten später bei der Erkennung mit `find_aniso_shape_model` im Bild mindestens besitzen müssen. Mit anderen Worten stellt dieser Parameter somit eine Abgrenzung des Objektes von Rauschen im Bild dar. Eine gute Wahl ist deshalb der Bereich von Grauwertänderungen, der durch das Rauschen im Bild verursacht wird. Falls die Grauwerte z.B. in einem Bereich von 10 Graustufen durch Rauschen schwanken, sollte `MinContrast` auf 10 gesetzt werden. Falls mehrkanalige Bilder für das Modell und für die Suchbilder verwendet werden, und falls der Parameter `Metric` auf *'ignore_color_polarity'* gesetzt wird (siehe oben), muss das Rauschen in einem Kanal noch mit der Wurzel der Anzahl der Kanäle multipliziert werden, um `MinContrast` zu bestimmen. Falls die Grauwerte in einem Kanal z.B. in einem Bereich von 10 Graustufen schwanken, sollte `MinContrast` bei einem dreikanaligen Bild auf 17 gesetzt werden. Falls das Modell später in sehr kontrastarmen Bildern erkannt werden soll, muss `MinContrast` entsprechend klein gewählt werden. Falls das Modell mit erheblichen Verdeckungen erkannt werden soll, sollte `MinContrast` etwas größer als der Grauwertbereich, der durch das Rauschen verursacht wird, gewählt werden, um eine robuste und genaue Lageschätzung des verdeckten Modells zu gewährleisten.

Vollständige Vorabgenerierung des Modells

Optional kann in `Optimization` ein zweiter Wert übergeben werden. Dieser Wert legt fest, ob das Modell vollständig vorab generiert wird oder nicht. Der zweite Wert von `Optimization` ist hierzu auf *'pregeneration'* oder *'no_pregeneration'* zu setzen. Falls der zweite Wert nicht angegeben wird, wird der mit `set_system ('pregenerate_shape_models',...)` eingestellte Modus verwendet. Mit der Standardeinstellung (*'pregenerate_shape_models'* = *'false'*) wird das Modell nicht vollständig vorab generiert. Die vollständige Vorabgenerierung des Modells führt im Normalfall zu leicht geringeren Laufzeiten in `find_aniso_shape_model`, da das Modell nicht zur Laufzeit transformiert werden muss. Allerdings sind in diesem Fall der Speicherbedarf und die Zeit, die zur Modellerzeugung benötigt wird, wesentlich höher. Zu beachten ist auch, dass in den zwei Modi nicht dieselben Ergebnisse erwartet werden können, da intern bei der Transformation zur Laufzeit notwendigerweise andere Daten für die transformierten Modelle entstehen, als bei der Vorabgenerierung. Falls das Modell nicht vorab generiert wird, werden z.B. in `find_aniso_shape_model` typischerweise leicht niedrigere Bewertungen (Scores) zurückgeliefert, so dass es unter Umständen notwendig sein kann, einen niedrigeren Wert für `MinScore` als bei vollständiger Vorabgenerierung zu verwenden. Außerdem können sich die durch Interpolation gewonnenen Subpixelpositionen geringfügig unterscheiden. Falls höchste Genauigkeit gewünscht wird, sollte die Lage des Modells mittels Ausgleichsrechnung (Least-Squares Adjustment) bestimmt werden.

Falls eine vollständige Vorabgenerierung des Modells gewählt wird, wird das Modell in dem gewählten Winkelbereich und Skalierungsbereich vorab generiert und im Speicher abgelegt. Der Speicherbedarf zur Speicherung des Modells ist also proportional zur Anzahl der Winkelschritte, zur Anzahl der Skalierungsschritte und zur Anzahl der Punkte im Modell. Wenn also `AngleStep`, `ScaleRStep` oder `ScaleCStep` zu klein bzw. `AngleExtent` oder der Skalierungsbereich zu groß gewählt werden, kann es vorkommen, dass das Modell nicht mehr in den (virtuellen) Speicher passt. In diesem Fall muss entweder `AngleStep`, `ScaleRStep` oder `ScaleCStep` größer oder `AngleExtent` oder der Skalierungsbereich kleiner gewählt werden. In jedem Fall ist es aus Laufzeitgründen vorteilhaft, wenn das Modell komplett in den Hauptspeicher passt und somit ein Paging durch das Betriebssystem vermieden werden kann. Da die Möglichkeit zur subpixelgenauen Winkelbestimmung in `find_aniso_shape_model` gegeben ist, kann bei Modellen mit einem Durchmesser von ca. 200 Pixeln `AngleStep` $\geq 1°$ und `ScaleRStep`, `ScaleCStep` ≥ 0.02 gewählt werden.

Falls `AngleStep` = *'auto'* oder `ScaleRStep`, `ScaleCStep` = *'auto'* übergeben wird, wählt `create_aniso_shape_model_xld` automatisch eine Schrittweite für die Winkel bzw. Skalierun-

gen basierend auf der Größe des Modells aus. Die automatisch gewählten Schrittweiten können mit `get_shape_model_params` abgefragt werden.

Falls eine vollständige Vorabgenerierung des Modells nicht gewählt wird, wird das Modell nur in einer Referenzlage auf jeder Ebene erzeugt. In diesem Fall muss das Modell zur Laufzeit in `find_aniso_shape_model` auf die verschiedenen Winkel und Skalierungen transformiert werden. Dadurch kann es vorkommen, dass das Auffinden des Modells etwas mehr Zeit benötigt.

Es ist zu beachten, dass vorabgenerierte Modelle für eine spezifische Bildgröße bestimmt sind. Aus Laufzeitgründen ist die Verwendung von Bildern mit verschiedenen Größen während der Suche mit dem gleichen Modell nicht parallel möglich. In diesem Fall müssen Kopien des gleichen Modells verwendet werden. Anderenfalls kann das Programm abstürzen.

Achtung

Die XLD-Konturen, die in `Contours` übergeben werden, sollten in etwa auf die mittlere Größe skaliert worden sein, in der das Objekt in den Suchbildern erscheint. Die Produkte `ScaleRMin` × `ScaleRMax` und `ScaleCMin` × `ScaleCMax` sollten also etwa 1 ergeben.

Im Gegensatz zum Operator `create_aniso_shape_model` ist es nicht möglich die Mindestgröße der Modellkomponenten anzugeben. Um kleine Modellkomponenten im Formmodell zu vermeiden, können kurze Konturen vor dem Aufruf von `create_aniso_shape_model_xld` mit dem Operator `select_contours_xld` eliminiert werden.

Parameter

▷ **`Contours`** (input_object) . . . . . xld_cont(-array) ⇝ *object*
Eingabekonturen, die zum Aufbau des Modells verwendet werden.

▷ **`NumLevels`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Maximale Anzahl von Pyramidenebenen.
Default: 'auto'
Werteliste: `NumLevels` ∈ {'auto', 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **`AngleStart`** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Kleinste auftretende Rotation des Musters.
Default: -0.39
Wertevorschläge: `AngleStart` ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}

▷ **`AngleExtent`** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Ausdehnung des Winkelbereichs.
Default: 0.79
Wertevorschläge: `AngleExtent` ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39}
Restriktion: AngleExtent >= 0

▷ **`AngleStep`** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / string
Schrittweite der Winkel (Auflösung).
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `AngleStep` ∈ {'auto', 0.0175, 0.0349, 0.0524, 0.0698, 0.0873}
Restriktion: AngleStep >= 0 && AngleStep <= pi / 2

▷ **`ScaleRMin`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Musters in Zeilenrichtung.
Default: 0.9
Wertevorschläge: `ScaleRMin` ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleRMin > 0

▷ **`ScaleRMax`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Größte auftretende Skalierung des Musters in Zeilenrichtung.
Default: 1.1
Wertevorschläge: `ScaleRMax` ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
Restriktion: ScaleRMax >= ScaleRMin

▷ **`ScaleRStep`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / string
Schrittweite der Skalierung (Auflösung) in Zeilenrichtung.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `ScaleRStep` ∈ {'auto', 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
Restriktion: ScaleRStep >= 0

▷ **ScaleCMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Musters in Spaltenrichtung.
Default: 0.9
Wertevorschläge: ScaleCMin ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleCMin > 0

▷ **ScaleCMax** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Größte auftretende Skalierung des Musters in Spaltenrichtung.
Default: 1.1
Wertevorschläge: ScaleCMax ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
Restriktion: ScaleCMax >= ScaleCMin

▷ **ScaleCStep** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / string
Schrittweite der Skalierung (Auflösung) in Spaltenrichtung.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: ScaleCStep ∈ {'auto', 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
Restriktion: ScaleCStep >= 0

▷ **Optimization** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Art der Optimierung und optional Methode der Modellgenerierung.
Default: 'auto'
Werteliste: Optimization ∈ {'auto', 'none', 'point_reduction_low', 'point_reduction_medium', 'point_reduction_high', 'pregeneration', 'no_pregeneration'}

▷ **Metric** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
Default: 'ignore_local_polarity'
Werteliste: Metric ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity', 'ignore_local_polarity', 'ignore_color_polarity'}

▷ **MinContrast** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Minimaler Kontrast des Objektes in den Suchbildern.
Default: 5
Wertevorschläge: MinContrast ∈ {1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 40}

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . shape_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_aniso_shape_model_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wenn der Parameter NumLevels so gewählt wurde, dass das Modell zu wenige Punkte besitzt, wird die Fehlermeldung 8510 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

read_contour_xld_dxf, edges_sub_pix, select_contours_xld

Nachfolger

find_aniso_shape_model, find_aniso_shape_models, get_shape_model_params, clear_shape_model, write_shape_model, set_shape_model_origin, set_shape_model_param, set_shape_model_metric, set_shape_model_clutter

Alternativen

create_generic_shape_model

Siehe auch

set_system, get_system

Modul

Matching

create_generic_shape_model (: : : ModelID)

Erstellen eines Formmodells.

Der Operator create_generic_shape_model erstellt ein Formmodell und gibt dessen Handle in ModelID zurück.

Das erstellte Modell ist nicht trainiert. Für Informationen zum Trainieren eines Modells siehe train_generic_shape_model.

Parameter

▷ **ModelID** (output_control) ..... shape_model ⇝ *handle*
Handle des Formmodells.

Ergebnis

Wird create_generic_shape_model erfolgreich ausgeführt, liefert der Operator den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

set_generic_shape_model_param, train_generic_shape_model, write_shape_model, set_shape_model_origin

Modul

Matching

create_scaled_shape_model (Template : : NumLevels, AngleStart, AngleExtent, AngleStep, ScaleMin, ScaleMax, ScaleStep, Optimization, Metric, Contrast, MinContrast : ModelID)

Vorbereiten eines isotrop skalierten Formmodells für das Matching.

create_scaled_shape_model bereitet ein Muster, das als Bild Template übergeben wird, als isotrop skaliertes Formmodell für Matching vor. Die ROI des Modells wird als der Definitionsbereich von Template übergeben.

Der Ausgabeparameter ModelID ist ein Handle für dieses Modell, der in nachfolgenden Aufrufen von find_scaled_shape_model verwendet wird. Als Ursprung (Referenzpunkt) des Modells wird der Schwerpunkt der Region des Modellbildes Template verwendet. Falls ein anderer Ursprung gewünscht wird, kann dieser mit set_shape_model_origin gesetzt werden. Das Modell wird auf mehreren Pyramidenebenen generiert und im Speicher abgelegt. Falls eine vollständige Vorabgenerierung des Modells gewählt wird (siehe unten), wird das Modell in mehreren Rotationen und Skalierungen auf jeder Ebene generiert. Das Modell kann mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert werden.

Eingabeparameter im Detail

NumLevels: Die Anzahl der Pyramidenebenen wird mit NumLevels festgelegt. Sie sollte so groß wie möglich gewählt werden, da hierdurch das Auffinden des Modells erheblich beschleunigt wird. Bei der Wahl von NumLevels ist aber darauf zu achten, dass das Modell auf der obersten Pyramidenstufe noch erkennbar ist und genügend viele Punkte besitzt (mindestens vier). Dies kann anhand der Ausgabe von inspect_shape_model überprüft werden. Falls nicht genügend Modellpunkte erzeugt werden, wird die Anzahl der Pyramidenstufen intern solange reduziert, bis auf der obersten Pyramidenstufe genügend Modellpunkte vorhanden sind. Falls durch diese Anpassung ein Modell mit keiner Pyramidenstufe entstehen

würde, d.h. falls schon auf der untersten Pyramidenstufe zu wenige Modellpunkte vorhanden sind, liefert `create_scaled_shape_model` eine Fehlermeldung zurück.

Falls für `NumLevels` *'auto'* (oder *0* für Rückwärtskompatibilität) übergeben wird, wählt `create_scaled_shape_model` die Anzahl der Pyramidenstufen automatisch. Die automatisch gewählte Anzahl von Pyramidenstufen kann mit `get_shape_model_params` abgefragt werden. In seltenen Fällen kann es vorkommen, dass `create_scaled_shape_model` die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch oder zu niedrig bestimmt. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch gewählt wird, kann das dazu führen, dass das Modell im Bild nicht erkannt wird oder dass sehr niedrige Parameter für `MinScore` oder `Greediness` in `find_scaled_shape_model` selektiert werden müssen, damit das Modell gefunden wird. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu niedrig gewählt wird, kann es zu erhöhten Laufzeiten in `find_scaled_shape_model` kommen. In diesen Fällen sollte die Anzahl der Pyramidenstufen mit Hilfe der Ausgabe von `inspect_shape_model` gewählt werden.

`AngleStart`, `AngleExtent` und `AngleStep`: Die Parameter `AngleStart` und `AngleExtent` legen den Winkelbereich für die möglichen Rotationen des Modells im Bild fest. Das Modell kann also mit `find_scaled_shape_model` nur in diesem Winkelbereich gefunden werden. Der Parameter `AngleStep` gibt die Schrittweite der Winkel in dem gewählten Winkelbereich an. Falls bei `find_scaled_shape_model` keine Subpixelgenauigkeit spezifiziert wird, gibt `AngleStep` also die erreichbare Winkelgenauigkeit an. `AngleStep` sollte aufgrund der Größe des Objektes gewählt werden. Kleinere Modelle besitzen nur eine kleine Anzahl von verschiedenen diskreten Rotationen im Bild. Deshalb sollte `AngleStep` für kleinere Modelle größer gewählt werden. Falls `AngleExtent` kein ganzzahliges Vielfaches von `AngleStep` ist, wird `AngleStep` entsprechend angepasst. Um sicherzustellen, dass `find_scaled_shape_model` für Modellinstanzen ohne Rotation Winkel von exakt 0.0 zurückgibt, wird der Winkelbereich der möglichen Rotationen folgendermaßen angepasst: Wenn kein positiver ganzzahliger Wert n existiert, für den `AngleStart` plus n mal `AngleStep` genau Null ergibt, wird `AngleStart` um höchstens `AngleStep` verringert, und `AngleExtent` wird um `AngleStep` vergrößert.

`ScaleMin`, `ScaleMax` und `ScaleStep`: Die Parameter `ScaleMin` und `ScaleMax` legen den Bereich der möglichen Skalierung (Größe) des Modells im Bild fest. Eine Skalierung von 1 entspricht der Originalgröße des Modells. Der Parameter `ScaleStep` gibt die Schrittweite der Skalierungen an. Falls bei `find_scaled_shape_model` keine Subpixelgenauigkeit spezifiziert wird, gibt `ScaleStep` also die erreichbare Genauigkeit der Skalierung an. Wie `AngleStep` sollte `ScaleStep` aufgrund der Größe des Objektes gewählt werden. Falls der Skalierungsbereich kein ganzzahliges Vielfaches von `ScaleStep` ist, wird `ScaleStep` entsprechend angepasst. Um sicherzustellen, dass `find_scaled_shape_model` für Modellinstanzen ohne Skalierung Skalierungen von exakt 1.0 zurückgibt, wird der Bereich der möglichen Skalierungen folgendermaßen angepasst: Wenn kein positiver ganzzahliger Wert n existiert, für den `ScaleMin` plus n mal `ScaleStep` genau 1.0 ergibt, wird `ScaleMin` um höchstens `ScaleStep` verringert, und `ScaleMax` wird so erhöht, dass der Skalierungsbereich um `ScaleStep` vergrößert wird.

`Optimization`: Bei besonders großen Modellen kann es auch sinnvoll sein, die Anzahl der Modellpunkte durch Setzen des Parameters `Optimization` auf einen Wert ungleich *'none'* zu setzen. Falls `Optimization` = *'none'*, werden alle Modellpunkte abgespeichert. Ansonsten wird die Anzahl der Punkte entsprechend dem Parameter `Optimization` reduziert. Falls die Anzahl der Punkte reduziert wird, kann es bei `find_scaled_shape_model` notwendig werden, den Parameter `Greediness` auf einen kleineren Wert, z.B. *0.7* oder *0.8*, zu setzen. Bei kleineren Modellen bewirkt die Reduktion der Anzahl der Punkte keine Beschleunigung, da dadurch typischerweise wesentlich mehr potentielle Instanzen des Modells untersucht werden müssen.

Falls für `Optimization` *'auto'* übergeben wird, wählt `create_scaled_shape_model` die Reduktion der Punkte automatisch.

`Metric`: Der Parameter `Metric` legt fest, unter welchen Bedingungen das Muster im Bild noch erkannt wird.

Falls `Metric` = *'use_polarity'*, muss das Objekt im Bild dieselben Kontrasteigenschaften aufweisen wie das Modell. Wenn z.B. das Modell ein helles Objekt auf dunklem Hintergrund ist, wird das Objekt im Bild nur dann gefunden, wenn es auch heller als der Hintergrund ist.

Falls `Metric` = *'ignore_global_polarity'*, wird das Objekt auch dann im Bild gefunden, wenn sich der Kontrast global umkehrt. Im obigen Beispiel würde das Objekt also auch dann gefunden, wenn es dunkler als der Hintergrund ist. Die Laufzeit von `find_scaled_shape_model` erhöht sich in diesem Fall geringfügig.

Falls `Metric` = *'ignore_local_polarity'*, wird das Modell auch dann gefunden, wenn sich die Kontrastverhältnisse lokal ändern. Dieser Modus kann z.B. dann sinnvoll sein, wenn das Objekt aus einem Teil mittleren Grauwerts besteht, auf dem entweder dunkle oder helle Unterobjekte liegen können. Da sich in diesem Fall die Laufzeit von `find_scaled_shape_model` aber wesentlich erhöht, ist es in solchen

Fällen meist sinnvoller, mehrere Modelle mit create_scaled_shape_model zu erzeugen und mit find_scaled_shape_models zu suchen.

Die obigen drei Metriken können nur auf einkanalige Bilder angewendet werden. Falls im Modellbild oder in den Suchbildern ein mehrkanaliges Bild übergeben wird, wird stillschweigend nur der erste Kanal des Bildes verwendet.

Falls Metric = *'ignore_color_polarity'*, wird das Modell auch dann gefunden, falls sich die Farbkontraste lokal ändern können. Dies ist z.B. der Fall, wenn Teile des Objektes ihre Farbe ändern können, z.B. von rot auf grün. Dieser Modus ist insbesondere dann sinnvoll, wenn nicht vorab bekannt ist, in welchen Kanälen das Objekt zu erkennen ist. Auch hier kann sich die Laufzeit von find_scaled_shape_model erheblich erhöhen. Die Metrik *'ignore_color_polarity'* kann auf Bilder mit einer beliebigen Anzahl von Kanälen angewendet werden. Falls sie mit einkanaligen Bildern verwendet wird, hat sie dieselbe Wirkung wie *'ignore_local_polarity'*. Es ist zu beachten, dass für Metric = *'ignore_color_polarity'* die Anzahl der Kanäle bei der Modellgenerierung mit create_scaled_shape_model und bei der Suche mit find_scaled_shape_model verschieden sein können. Dies erlaubt z.B. die Modellgenerierung aus einem einkanaligen synthetisch generierten Bild. Es ist auch zu beachten, dass die Kanäle nicht einer spektralen Unterteilung des Lichtes (wie z.B. bei einem RGB-Bild) entsprechen müssen. Die Kanäle können z.B. auch durch Beleuchtung des Objektes aus unterschiedlichen Richtungen entstanden sein.

Contrast: Der Parameter Contrast legt fest, welchen Grauwertkontrast die Punkte des Modells besitzen müssen. Der Kontrast ist ein Maß für die lokalen Grauwertdifferenzen zwischen dem Objekt und dem Hintergrund und zwischen verschiedenen Teilen des Objektes. Contrast sollte so gewählt werden, dass nur die signifikanten Merkmale des Musters für das Modell verwendet werden. Contrast kann auch ein Tupel mit zwei Werten enthalten. In diesem Fall wird bei der Segmentierung des Modells ein Verfahren, das ähnlich zum Hysterese-Schwellenwert-Verfahren in edges_image ist, eingesetzt. Dabei ist der erste Wert des Tupels der untere Schwellenwert und der zweite Wert der obere Schwellenwert. Für weitere Informationen über das Hysterese-Schwellenwert-Verfahren siehe hysteresis_threshold. Optional kann in Contrast auch ein dritter Wert als letztes Element des Tupels übergeben werden. Dieser Wert dient zur Selektion von signifikanten Komponenten des Modells basierend auf der Größe der Komponenten, d.h. Komponenten, deren Anzahl von Punkten kleiner ist als diese Mindestgröße, werden unterdrückt. Da sich die Mindestgröße auf die Größe der Komponenten bezieht kann es auch vorkommen, dass die daraus abgeleiteten Modellkonturen trotzdem kleiner als die angegebene Mindestgröße sind. Dieser Schwellenwert wird pro Pyramidenstufe halbiert. Falls eine Unterdrückung von kleinen Modellkomponenten gewünscht ist, aber keine Hysterese-Schwellenwert-Operation, müssen dennoch drei Werte in Contrast übergeben werden, von denen die ersten zwei auf denselben Wert gesetzt werden. Die Wirkung von Contrast kann auch vorab mit inspect_shape_model überprüft werden.

Wird Contrast auf *'auto'* gesetzt, dann bestimmt create_scaled_shape_model die beschriebenen drei Werte automatisch. Es besteht die Möglichkeit, nur den Kontrast (*'auto_contrast'*), die Hysterese-Schwellenwerte (*'auto_contrast_hyst'*) oder die Mindestgröße (*'auto_min_size'*) automatisch bestimmen zu lassen. Die übrigen, nicht automatisch zu bestimmenden Größen, können dann zusätzlich als Tupel übergeben werden. Dabei sind auch Kombinationen zulässig: Wird z.B. *['auto_contrast','auto_min_size']* übergeben, wird sowohl der Kontrast als auch die Mindestgröße bestimmt. Bei *['auto_min_size',20,30]* wird die Mindestgröße automatisch ermittelt, während die Hysterese-Schwellen auf *20* und *30* gesetzt werden, etc. In bestimmten Fällen kann es vorkommen, dass die automatische Bestimmung der Kontrast-Schwellenwerte nicht zum gewünschten Ergebnis führt. So ist eine manuelle Parameterwahl zu bevorzugen, wenn anwendungsbedingt bestimmte Modellkomponenten ausgeschlossen oder ins Modell integriert werden sollen oder wenn das Objekt mehrere unterschiedliche Kontraststufen umfasst. Daher ist es sinnvoll, die Kontrastwerte vor der Modellgenerierung mit determine_shape_model_params automatisch zu ermitteln und das Ergebnis mit inspect_shape_model zu überprüfen. Es ist zu beachten, dass MinContrast die Bestimmung der Kontrast-Schwellenwerte beeinflusst, und daher auch die Schätzung der Mindestgröße.

MinContrast: Mit MinContrast wird festgelegt, welchen Grauwertkontrast das Modell später bei der Erkennung mit find_scaled_shape_model im Bild mindestens besitzen muss. Mit anderen Worten stellt dieser Parameter somit eine Abgrenzung des Musters von Rauschen im Bild dar. Eine gute Wahl ist deshalb der Bereich von Grauwertänderungen, der durch das Rauschen im Bild verursacht wird. Falls die Grauwerte z.B. in einem Bereich von 10 Graustufen durch Rauschen schwanken, sollte MinContrast auf 10 gesetzt werden. Falls mehrkanalige Bilder für das Modell und für die Suchbilder verwendet werden, und falls der Parameter Metric auf *'ignore_color_polarity'* gesetzt wird (siehe oben), muss das Rauschen in einem Kanal noch mit der Wurzel der Anzahl der Kanäle multipliziert werden, um MinContrast zu bestimmen. Falls die Grauwerte in einem Kanal z.B. in einem Bereich von 10 Graustufen schwanken, sollte MinContrast bei einem dreikanaligen Bild auf 17 gesetzt werden. Offensichtlich muss MinContrast

kleiner als Contrast sein. Falls das Modell später in sehr kontrastarmen Bildern erkannt werden soll, muss MinContrast entsprechend klein gewählt werden. Falls das Modell mit erheblichen Verdeckungen erkannt werden soll, sollte MinContrast etwas größer als der Grauwertbereich, der durch das Rauschen verursacht wird, gewählt werden, um eine robuste und genaue Lageschätzung des verdeckten Modells zu gewährleisten.

Wird MinContrast auf *'auto'* gesetzt, wählt create_scaled_shape_model den Mindestkontrast basierend auf dem Rauschen im Modellbild automatisch. Eine automatische Bestimmung ergibt demzufolge nur Sinn, wenn das bei der Erkennung zu erwartende Bildrauschen dem Rauschen im Modellbild entspricht. Außerdem kann es in manchen Fällen sinnvoll sein, den automatisch ermittelten Wert zu erhöhen, um eine höhere Robustheit gegenüber Verdeckungen zu erzielen (siehe oben). Der automatisch bestimmte Mindestkontrast kann mit get_shape_model_params abgefragt werden.

Vollständige Vorabgenerierung des Modells

Optional kann in Optimization ein zweiter Wert übergeben werden. Dieser Wert legt fest, ob das Modell vollständig vorab generiert wird oder nicht. Der zweite Wert von Optimization ist hierzu auf *'pregeneration'* oder *'no_pregeneration'* zu setzen. Falls der zweite Wert nicht angegeben wird, wird der mit set_system ('pregenerate_shape_models',...) eingestellte Modus verwendet. Mit der Standardeinstellung (*'pregenerate_shape_models'* = *'false'*) wird das Modell nicht vollständig vorab generiert. Die vollständige Vorabgenerierung des Modells führt im Normalfall zu leicht geringeren Laufzeiten in find_scaled_shape_model, da das Modell nicht zur Laufzeit transformiert werden muss. Allerdings sind in diesem Fall der Speicherbedarf und die Zeit, die zur Modellerzeugung benötigt wird, wesentlich höher. Zu beachten ist auch, dass in den zwei Modi nicht dieselben Ergebnisse erwartet werden können, da intern bei der Transformation zur Laufzeit notwendigerweise andere Daten für die transformierten Modelle entstehen, als bei der Vorabgenerierung. Falls das Modell nicht vorab generiert wird, werden z.B. in find_scaled_shape_model typischerweise leicht niedrigere Bewertungen (Scores) zurückgeliefert, so dass es unter Umständen notwendig sein kann, einen niedrigeren Wert für MinScore als bei vollständiger Vorabgenerierung zu verwenden. Außerdem können sich die durch Interpolation gewonnenen Subpixelpositionen geringfügig unterscheiden. Falls höchste Genauigkeit gewünscht wird, sollte die Lage des Modells mittels Ausgleichsrechnung (Least-Squares Adjustment) bestimmt werden.

Falls eine vollständige Vorabgenerierung des Modells gewählt wird, wird das Modell in dem gewählten Winkelbereich und Skalierungsbereich vorab generiert und im Speicher abgelegt. Der Speicherbedarf zur Speicherung des Modells ist also proportional zur Anzahl der Winkelschritte, zur Anzahl der Skalierungsschritte und zur Anzahl der Punkte im Modell. Wenn also AngleStep oder ScaleStep zu klein bzw. AngleExtent oder der Skalierungsbereich zu groß gewählt werden, kann es vorkommen, dass das Modell nicht mehr in den (virtuellen) Speicher passt. In diesem Fall muss entweder AngleStep oder ScaleStep größer oder AngleExtent oder der Skalierungsbereich kleiner gewählt werden. In jedem Fall ist es aus Laufzeitgründen vorteilhaft, wenn das Modell komplett in den Hauptspeicher passt und somit ein Paging durch das Betriebssystem vermieden werden kann. Da die Möglichkeit zur subpixelgenauen Winkelbestimmung in find_scaled_shape_model gegeben ist, kann bei Modellen mit einem Durchmesser von ca. 200 Pixeln AngleStep $\geq 1°$ und ScaleStep ≥ 0.02 gewählt werden.

Falls AngleStep = *0* oder ScaleStep = *'auto'* (oder jeweils *0* für Rückwärtskompatibilität) übergeben wird, wählt create_scaled_shape_model automatisch eine Schrittweite für die Winkel bzw. Skalierungen basierend auf der Größe des Modells aus. Die automatisch gewählten Schrittweiten können mit get_shape_model_params abgefragt werden.

Falls eine vollständige Vorabgenerierung des Modells nicht gewählt wird, wird das Modell nur in einer Referenzlage auf jeder Ebene erzeugt. In diesem Fall muss das Modell zur Laufzeit in find_scaled_shape_model auf die verschiedenen Winkel und Skalierungen transformiert werden. Dadurch kann es vorkommen, dass das Auffinden des Modells etwas mehr Zeit benötigt.

Es ist zu beachten, dass vorabgenerierte Modelle für eine spezifische Bildgröße bestimmt sind. Aus Laufzeitgründen ist die Verwendung von Bildern mit verschiedenen Größen während der Suche mit dem gleichen Modell nicht parallel möglich. In diesem Fall müssen Kopien des gleichen Modells verwendet werden. Anderenfalls kann das Programm abstürzen.

Parameter

▷ **Template** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild, dessen Definitionsbereich zum Aufbau des Modells verwendet wird.

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Maximale Anzahl von Pyramidenebenen.
Default: 'auto'
Werteliste: NumLevels ∈ {'auto', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **AngleStart** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Kleinste auftretende Rotation des Musters.
Default: -0.39
Wertevorschläge: AngleStart ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}

▷ **AngleExtent** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Ausdehnung des Winkelbereichs.
Default: 0.79
Wertevorschläge: AngleExtent ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39}
Restriktion: AngleExtent >= 0

▷ **AngleStep** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / string
Schrittweite der Winkel (Auflösung).
Default: 'auto'
Wertevorschläge: AngleStep ∈ {'auto', 0.0175, 0.0349, 0.0524, 0.0698, 0.0873}
Restriktion: AngleStep >= 0 && AngleStep <= pi / 2

▷ **ScaleMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Musters.
Default: 0.9
Wertevorschläge: ScaleMin ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleMin > 0

▷ **ScaleMax** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Größte auftretende Skalierung des Musters.
Default: 1.1
Wertevorschläge: ScaleMax ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
Restriktion: ScaleMax >= ScaleMin

▷ **ScaleStep** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / string
Schrittweite der Skalierungen (Auflösung).
Default: 'auto'
Wertevorschläge: ScaleStep ∈ {'auto', 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
Restriktion: ScaleStep >= 0

▷ **Optimization** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Art der Optimierung und optional Methode der Modellgenerierung.
Default: 'auto'
Werteliste: Optimization ∈ {'auto', 'none', 'point_reduction_low', 'point_reduction_medium', 'point_reduction_high', 'pregeneration', 'no_pregeneration'}

▷ **Metric** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
Default: 'use_polarity'
Werteliste: Metric ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity', 'ignore_local_polarity', 'ignore_color_polarity'}

▷ **Contrast** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / string
Schwellenwert bzw. Hystereseschwellenwerte für den Kontrast des Objektes im Musterbild und optional Mindestgröße der Objektteile.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: Contrast ∈ {'auto', 'auto_contrast', 'auto_contrast_hyst', 'auto_min_size', 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160}

▷ **MinContrast** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer* / string
Minimaler Kontrast des Objektes in den Suchbildern.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: MinContrast ∈ {'auto', 1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 40}
Restriktion: MinContrast < Contrast

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . shape_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_scaled_shape_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wenn die Parameter NumLevels und Contrast so gewählt worden sind, dass das Modell zu wenige Punkte besitzt, wird die Fehlermeldung 8510 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`draw_region`, `reduce_domain`, `threshold`

Nachfolger

`find_scaled_shape_model`, `find_scaled_shape_models`, `get_shape_model_params`, `clear_shape_model`, `write_shape_model`, `set_shape_model_origin`, `set_shape_model_clutter`

Alternativen

`create_generic_shape_model`

Siehe auch

`set_system`, `get_system`

Modul

Matching

create_scaled_shape_model_xld (Contours : : NumLevels, AngleStart, AngleExtent, AngleStep, ScaleMin, ScaleMax, ScaleStep, Optimization, Metric, MinContrast : ModelID)

Vorbereiten eines isotrop skalierten Formmodells für das Matching aus XLD-Konturen.

`create_scaled_shape_model_xld` erzeugt ein isotrop skaliertes Formmodell für das Matching aus den XLD-Konturen `Contours`. Die XLD-Konturen repräsentieren dabei die Grauwertkanten des zu suchenden Objekts im Bild. Im Gegensatz zu dem Operator `create_scaled_shape_model`, der ein Formmodell aus einem Bild erzeugt, erzeugt der Operator `create_scaled_shape_model_xld` das Formmodell aus XLD-Konturen, d.h., ohne die Verwendung eines Bildes.

Der Ausgabeparameter `ModelID` ist ein Handle für dieses Modell, der in nachfolgenden Aufrufen von `find_scaled_shape_model` verwendet wird. Als Ursprung (Referenzpunkt) des Modells wird der Schwerpunkt des kleinsten umschließenden Rechtecks der Konturen `Contours`, das parallel zu den Koordinatenachsen liegt, verwendet. Falls ein anderer Ursprung gewünscht wird, kann dieser mit `set_shape_model_origin` gesetzt werden. Das Modell wird für mehrere Pyramidenebenen generiert und im Speicher abgelegt. Falls eine vollständige Vorabgenerierung des Modells gewählt wird (siehe unten), wird das Modell in mehreren Rotationen und Skalierungen auf jeder Ebene generiert. Das Modell kann mit `set_shape_model_clutter` um Störparameter erweitert werden.

Eingabeparameter im Detail

`NumLevels`: Die Anzahl der Pyramidenebenen wird mit `NumLevels` festgelegt. Sie sollte so groß wie möglich gewählt werden, da hierdurch das Auffinden des Modells erheblich beschleunigt wird. Bei der Wahl von `NumLevels` ist aber darauf zu achten, dass das Modell auf der obersten Pyramidenstufe noch erkennbar ist und genügend viele Punkte besitzt (mindestens vier). Falls nicht genügend Modellpunkte erzeugt werden, wird die Anzahl der Pyramidenstufen intern solange reduziert, bis auf der obersten Pyramidenstufe genügend Modellpunkte vorhanden sind. Falls durch diese Anpassung ein Modell mit keiner Pyramidenstufe entstehen würde, d.h. falls schon auf der untersten Pyramidenstufe zu wenige Modellpunkte vorhanden sind, liefert `create_scaled_shape_model_xld` eine Fehlermeldung zurück.

Falls für `NumLevels` *'auto'* übergeben wird, wählt `create_scaled_shape_model_xld` die Anzahl der Pyramidenstufen automatisch. Die gewählte Anzahl von Pyramidenstufen kann mit `get_shape_model_params` abgefragt werden. In seltenen Fällen kann es vorkommen, dass `create_scaled_shape_model_xld` die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch oder zu niedrig bestimmt. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch gewählt wird, kann das dazu führen, dass das Modell im Bild nicht erkannt wird oder dass sehr niedrige Parameter für `MinScore` oder `Greediness` in `find_scaled_shape_model` selektiert werden müssen, damit das Modell gefunden

wird. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu niedrig gewählt wird, kann es zu erhöhten Laufzeiten in find_scaled_shape_model kommen. In diesen Fällen sollte die Anzahl der Pyramidenstufen manuell gewählt werden.

AngleStart, AngleExtent und AngleStep: Die Parameter AngleStart und AngleExtent legen den Winkelbereich für die möglichen Rotationen des Objektes im Bild fest. Das Objekt kann also mit find_scaled_shape_model nur in diesem Winkelbereich gefunden werden. Der Parameter AngleStep gibt die Schrittweite der Winkel in dem gewählten Winkelbereich an. Falls bei find_scaled_shape_model keine Subpixelgenauigkeit spezifiziert wird, gibt AngleStep also die erreichbare Winkelgenauigkeit an. AngleStep sollte aufgrund der Größe des Objektes gewählt werden. Kleinere Modelle besitzen nur eine kleine Anzahl von verschiedenen diskreten Rotationen im Bild. Deshalb sollte AngleStep für kleinere Modelle größer gewählt werden. Falls AngleExtent kein ganzzahliges Vielfaches von AngleStep ist, wird AngleStep entsprechend angepasst. Um sicherzustellen, dass find_scaled_shape_model für Modellinstanzen ohne Rotation Winkel von exakt 0.0 zurückgibt, wird der Winkelbereich der möglichen Rotationen folgendermaßen angepasst: Wenn kein positiver ganzzahliger Wert n existiert, für den AngleStart plus n mal AngleStep genau Null ergibt, wird AngleStart um höchstens AngleStep verringert, und AngleExtent wird um AngleStep vergrößert.

ScaleMin, ScaleMax und ScaleStep: Die Parameter ScaleMin und ScaleMax legen den Bereich der möglichen Skalierung (Größe) des Objektes im Bild fest. Eine Skalierung von 1 entspricht der Originalgröße des Modells. Der Parameter ScaleStep gibt die Schrittweite der Skalierungen an. Falls bei find_scaled_shape_model keine Subpixelgenauigkeit spezifiziert wird, gibt ScaleStep also die erreichbare Genauigkeit der Skalierung an. Wie AngleStep sollte ScaleStep aufgrund der Größe des Objektes gewählt werden. Falls der Skalierungsbereich kein ganzzahliges Vielfaches von ScaleStep ist, wird ScaleStep entsprechend angepasst. Um sicherzustellen, dass find_scaled_shape_model für Modellinstanzen ohne Skalierung Skalierungen von exakt 1.0 zurückgibt, wird der Bereich der möglichen Skalierungen folgendermaßen angepasst: Wenn kein positiver ganzzahliger Wert n existiert, für den ScaleMin plus n mal ScaleStep genau 1.0 ergibt, wird ScaleMin um höchstens ScaleStep verringert, und ScaleMax wird so erhöht, dass der Skalierungsbereich um ScaleStep vergrößert wird.

Optimization: Bei besonders großen Modellen kann es auch sinnvoll sein, die Anzahl der Modellpunkte durch Setzen des Parameters Optimization auf einen Wert ungleich *'none'* zu setzen. Falls Optimization = *'none'*, werden alle Modellpunkte abgespeichert. Ansonsten wird die Anzahl der Punkte entsprechend dem Parameter Optimization reduziert. Falls die Anzahl der Punkte reduziert wird, kann es bei find_scaled_shape_model notwendig werden, den Parameter Greediness auf einen kleineren Wert, z.B. *0.7* oder *0.8*, zu setzen. Bei kleineren Modellen bewirkt die Reduktion der Anzahl der Punkte keine Beschleunigung, da dadurch typischerweise wesentlich mehr potentielle Instanzen des Modells untersucht werden müssen.

Falls für Optimization *'auto'* übergeben wird, wählt create_scaled_shape_model_xld die Reduktion der Punkte automatisch.

Metric: Der Parameter Metric legt fest, unter welchen Bedingungen das Muster im Bild noch erkannt wird.

Falls Metric = *'use_polarity'*, muss das Objekt im Bild dieselben Kontrasteigenschaften aufweisen wie das Modell. Wenn z.B. das Modell ein helles Objekt auf dunklem Hintergrund ist, wird das Objekt im Bild nur dann gefunden, wenn es auch heller als der Hintergrund ist.

Falls Metric = *'ignore_global_polarity'*, wird das Objekt auch dann im Bild gefunden, wenn sich der Kontrast global umkehrt. Im obigen Beispiel würde das Objekt also auch dann gefunden, wenn es dunkler als der Hintergrund ist. Die Laufzeit von find_scaled_shape_model erhöht sich in diesem Fall geringfügig.

Es ist zu beachten, dass die beiden Werte *'use_polarity'* und *'ignore_global_polarity'* für Metric nur dann verwendet werden können, wenn bei allen Konturen, die in Contours übergeben wurden, das Attribut *'edge_direction'* gesetzt ist, da es die Polarität der Kanten festlegt. Für weitere Informationen zu Konturattributen wie *'edge_direction'* siehe get_contour_attrib_xld. Ansonsten besteht die Möglichkeit, die beiden Werte für Metric mit dem Operator set_shape_model_metric zu setzen, der die Polarität der Kanten aus einem Bild bestimmt.

Falls Metric = *'ignore_local_polarity'*, wird das Modell auch dann gefunden, wenn sich die Kontrastverhältnisse lokal ändern. Dieser Modus kann z.B. dann sinnvoll sein, wenn das Objekt aus einem Teil mittleren Grauwerts besteht, auf dem entweder dunkle oder helle Unterobjekte liegen können. Da sich in diesem Fall die Laufzeit von find_scaled_shape_model aber wesentlich erhöht, ist es in solchen Fällen meist sinnvoller, mehrere Modelle mit create_scaled_shape_model_xld zu erzeugen und mit find_scaled_shape_models zu suchen.

Die obigen drei Metriken können nur auf einkanalige Bilder angewendet werden. Falls im Modellbild oder in

den Suchbildern ein mehrkanaliges Bild übergeben wird, wird stillschweigend nur der erste Kanal des Bildes verwendet.

Falls `Metric` = *'ignore_color_polarity'*, wird das Modell auch dann gefunden, falls sich die Farbkontraste lokal ändern können. Dies ist z.B. der Fall, wenn Teile des Objektes ihre Farbe ändern können, z.B. von rot auf grün. Dieser Modus ist insbesondere dann sinnvoll, wenn nicht vorab bekannt ist, in welchen Kanälen das Objekt zu erkennen ist. Auch hier kann sich die Laufzeit von `find_scaled_shape_model` erheblich erhöhen. Die Metrik *'ignore_color_polarity'* kann auf Bilder mit einer beliebigen Anzahl von Kanälen angewendet werden. Falls sie mit einkanaligen Bildern verwendet wird, hat sie dieselbe Wirkung wie *'ignore_local_polarity'*. Es ist zu beachten, dass für `Metric` = *'ignore_color_polarity'* die Kanäle nicht einer spektralen Unterteilung des Lichtes (wie z.B. bei einem RGB-Bild) entsprechen müssen. Die Kanäle können z.B. auch durch Beleuchtung des Objektes aus unterschiedlichen Richtungen entstanden sein.

Es ist auch zu beachten, dass die beiden ersten Werte für `Metric` (*'use_polarity'* und *'ignore_global_polarity'*) nur dann verwendet werden können, wenn bei allen Konturen, die in `Contours` übergeben wurden, das Attribut *'edge_direction'* gesetzt ist, da es die Polarität der Kanten festlegt. Für weitere Informationen zu Konturattributen wie *'edge_direction'* siehe `get_contour_attrib_xld`. Ansonsten besteht die Möglichkeit, die beiden Werte für `Metric` mit dem Operator `set_shape_model_metric` zu setzen, der die Polarität der Kanten aus einem Bild bestimmt.

`MinContrast`: Mit `MinContrast` wird festgelegt, welchen Grauwertkontrast die Objektkanten später bei der Erkennung mit `find_scaled_shape_model` im Suchbild mindestens besitzen müssen. Mit anderen Worten stellt dieser Parameter somit eine Abgrenzung des Objektes von Rauschen im Bild dar. Eine gute Wahl ist deshalb der Bereich von Grauwertänderungen, der durch das Rauschen im Bild verursacht wird. Falls die Grauwerte z.B. in einem Bereich von 10 Graustufen durch Rauschen schwanken, sollte `MinContrast` auf 10 gesetzt werden. Falls mehrkanalige Bilder für das Modell und für die Suchbilder verwendet werden, und falls der Parameter `Metric` auf *'ignore_color_polarity'* gesetzt wird (siehe oben), muss das Rauschen in einem Kanal noch mit der Wurzel der Anzahl der Kanäle multipliziert werden, um `MinContrast` zu bestimmen. Falls die Grauwerte in einem Kanal z.B. in einem Bereich von 10 Graustufen schwanken, sollte `MinContrast` bei einem dreikanaligen Bild auf 17 gesetzt werden. Falls das Modell später in sehr kontrastarmen Bildern erkannt werden soll, muss `MinContrast` entsprechend klein gewählt werden. Falls das Modell mit erheblichen Verdeckungen erkannt werden soll, sollte `MinContrast` etwas größer als der Grauwertbereich, der durch das Rauschen verursacht wird, gewählt werden, um eine robuste und genaue Lageschätzung des verdeckten Modells zu gewährleisten.

Vollständige Vorabgenerierung des Modells

Optional kann in `Optimization` ein zweiter Wert übergeben werden. Dieser Wert legt fest, ob das Modell vollständig vorab generiert wird oder nicht. Der zweite Wert von `Optimization` ist hierzu auf *'pregeneration'* oder *'no_pregeneration'* zu setzen. Falls der zweite Wert nicht angegeben wird, wird der mit `set_system ('pregenerate_shape_models',...)` eingestellte Modus verwendet. Mit der Standardeinstellung (*'pregenerate_shape_models'* = *'false'*) wird das Modell nicht vollständig vorab generiert. Die vollständige Vorabgenerierung des Modells führt im Normalfall zu leicht geringeren Laufzeiten in `find_scaled_shape_model`, da das Modell nicht zur Laufzeit transformiert werden muss. Allerdings sind in diesem Fall der Speicherbedarf und die Zeit, die zur Modellerzeugung benötigt wird, wesentlich höher. Zu beachten ist auch, dass in den zwei Modi nicht dieselben Ergebnisse erwartet werden können, da intern bei der Transformation zur Laufzeit notwendigerweise andere Daten für die transformierten Modelle entstehen, als bei der Vorabgenerierung. Falls das Modell nicht vorab generiert wird, werden z.B. in `find_scaled_shape_model` typischerweise leicht niedrigere Bewertungen (Scores) zurückgeliefert, so dass es unter Umständen notwendig sein kann, einen niedrigeren Wert für `MinScore` als bei vollständiger Vorabgenerierung zu verwenden. Außerdem können sich die durch Interpolation gewonnenen Subpixelpositionen geringfügig unterscheiden. Falls höchste Genauigkeit gewünscht wird, sollte die Lage des Modells mittels Ausgleichsrechnung (Least-Squares Adjustment) bestimmt werden.

Falls eine vollständige Vorabgenerierung des Modells gewählt wird, wird das Modell in dem gewählten Winkelbereich und Skalierungsbereich vorab generiert und im Speicher abgelegt. Der Speicherbedarf zur Speicherung des Modells ist also proportional zur Anzahl der Winkelschritte, zur Anzahl der Skalierungsschritte und zur Anzahl der Punkte im Modell. Wenn also `AngleStep` oder `ScaleStep` zu klein bzw. `AngleExtent` oder der Skalierungsbereich zu groß gewählt werden, kann es vorkommen, dass das Modell nicht mehr in den (virtuellen) Speicher passt. In diesem Fall muss entweder `AngleStep` oder `ScaleStep` größer oder `AngleExtent` oder der Skalierungsbereich kleiner gewählt werden. In jedem Fall ist es aus Laufzeitgründen vorteilhaft, wenn das Modell komplett in den Hauptspeicher passt und somit ein Paging durch das Betriebssystem vermieden werden kann. Da die Möglichkeit zur subpixelgenauen Winkelbestimmung in `find_scaled_shape_model` gegeben ist, kann bei Modellen mit einem Durchmesser von ca. 200 Pixeln `AngleStep` $\geq 1^\circ$ und `ScaleStep` ≥ 0.02 gewählt werden.

Falls AngleStep = *'auto'* oder ScaleStep = *'auto'* übergeben wird, wählt create_scaled_shape_model_xld automatisch eine Schrittweite für die Winkel bzw. Skalierungen basierend auf der Größe des Modells aus. Die automatisch gewählten Schrittweiten können mit get_shape_model_params abgefragt werden.

Falls eine vollständige Vorabgenerierung des Modells nicht gewählt wird, wird das Modell nur in einer Referenzlage auf jeder Ebene erzeugt. In diesem Fall muss das Modell zur Laufzeit in find_scaled_shape_model auf die verschiedenen Winkel und Skalierungen transformiert werden. Dadurch kann es vorkommen, dass das Auffinden des Modells etwas mehr Zeit benötigt.

Es ist zu beachten, dass vorabgenerierte Modelle für eine spezifische Bildgröße bestimmt sind. Aus Laufzeitgründen ist die Verwendung von Bildern mit verschiedenen Größen während der Suche mit dem gleichen Modell nicht parallel möglich. In diesem Fall müssen Kopien des gleichen Modells verwendet werden. Anderenfalls kann das Programm abstürzen.

Achtung

Die XLD-Konturen, die in Contours übergeben werden, sollten in etwa auf die mittlere Größe skaliert worden sein, in der das Objekt in den Suchbildern erscheint. Das Produkt ScaleMin × ScaleMax sollte also etwa 1 ergeben.

Im Gegensatz zum Operator create_scaled_shape_model ist es nicht möglich die Mindestgröße der Modellkomponenten anzugeben. Um kleine Modellkomponenten im Formmodell zu vermeiden, können kurze Konturen vor dem Aufruf von create_scaled_shape_model_xld mit dem Operator select_contours_xld eliminiert werden.

Parameter

- ▷ **Contours** (input_object) . . . . . xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Eingabekonturen, die zum Aufbau des Modells verwendet werden.
- ▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
  Maximale Anzahl von Pyramidenebenen.
  Default: 'auto'
  Werteliste: NumLevels ∈ {'auto', 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}
- ▷ **AngleStart** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Rotation des Musters.
  Default: -0.39
  Wertevorschläge: AngleStart ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}
- ▷ **AngleExtent** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Ausdehnung des Winkelbereichs.
  Default: 0.79
  Wertevorschläge: AngleExtent ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39}
  Restriktion: AngleExtent >= 0
- ▷ **AngleStep** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / string
  Schrittweite der Winkel (Auflösung).
  Default: 'auto'
  Wertevorschläge: AngleStep ∈ {'auto', 0.0175, 0.0349, 0.0524, 0.0698, 0.0873}
  Restriktion: AngleStep >= 0 && AngleStep <= pi / 2
- ▷ **ScaleMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Skalierung des Musters.
  Default: 0.9
  Wertevorschläge: ScaleMin ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Restriktion: ScaleMin > 0
- ▷ **ScaleMax** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Größte auftretende Skalierung des Musters.
  Default: 1.1
  Wertevorschläge: ScaleMax ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
  Restriktion: ScaleMax >= ScaleMin
- ▷ **ScaleStep** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / string
  Schrittweite der Skalierungen (Auflösung).
  Default: 'auto'
  Wertevorschläge: ScaleStep ∈ {'auto', 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2}
  Restriktion: ScaleStep >= 0

▷ **Optimization** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Art der Optimierung und optional Methode der Modellgenerierung.
Default: 'auto'
Werteliste: Optimization ∈ {'auto', 'none', 'point_reduction_low', 'point_reduction_medium', 'point_reduction_high', 'pregeneration', 'no_pregeneration'}

▷ **Metric** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
Default: 'ignore_local_polarity'
Werteliste: Metric ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity', 'ignore_local_polarity', 'ignore_color_polarity'}

▷ **MinContrast** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
Minimaler Kontrast des Objektes in den Suchbildern.
Default: 5
Wertevorschläge: MinContrast ∈ {1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 40}

▷ **ModelID** (output_control) ..... shape_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_scaled_shape_model_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wenn der Parameter NumLevels so gewählt wurde, dass das Modell zu wenige Punkte besitzt, wird die Fehlermeldung 8510 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

read_contour_xld_dxf, edges_sub_pix, select_contours_xld

Nachfolger

find_scaled_shape_model, find_scaled_shape_models, get_shape_model_params, clear_shape_model, write_shape_model, set_shape_model_origin, set_shape_model_param, set_shape_model_metric, set_shape_model_clutter

Alternativen

create_generic_shape_model

Siehe auch

set_system, get_system

Modul

Matching

```
create_shape_model ( Template : : NumLevels, AngleStart,
    AngleExtent, AngleStep, Optimization, Metric, Contrast,
    MinContrast : ModelID )
```

Vorbereiten eines Formmodells für das Matching.

create_shape_model bereitet ein Muster, das als Bild Template übergeben wird, als Formmodell für das Matching vor. Die ROI des Modells wird als der Definitionsbereich von Template übergeben.

Der Ausgabeparameter ModelID ist ein Handle für dieses Modell, der in nachfolgenden Aufrufen von find_shape_model verwendet wird. Als Ursprung (Referenzpunkt) des Modells wird der Schwerpunkt der Region des Modellbildes Template verwendet. Falls ein anderer Ursprung gewünscht wird, kann dieser mit set_shape_model_origin gesetzt werden. Das Modell wird auf mehreren Pyramidenebenen generiert und

im Speicher abgelegt. Falls eine vollständige Vorabgenerierung des Modells gewählt wird (siehe unten), wird das Modell in mehreren Rotationen auf jeder Ebene generiert. Das Modell kann mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert werden.

Eingabeparameter im Detail

NumLevels: Die Anzahl der Pyramidenebenen wird mit NumLevels festgelegt. Sie sollte so groß wie möglich gewählt werden, da hierdurch das Auffinden des Modells erheblich beschleunigt wird. Bei der Wahl von NumLevels ist aber darauf zu achten, dass das Modell auf der obersten Pyramidenstufe noch erkennbar ist und genügend viele Punkte besitzt (mindestens vier). Dies kann anhand der Ausgabe von inspect_shape_model überprüft werden. Falls nicht genügend Modellpunkte erzeugt werden, wird die Anzahl der Pyramidenstufen intern solange reduziert, bis auf der obersten Pyramidenstufe genügend Modellpunkte vorhanden sind. Falls durch diese Anpassung ein Modell mit keiner Pyramidenstufe entstehen würde, d.h. falls schon auf der untersten Pyramidenstufe zu wenige Modellpunkte vorhanden sind, liefert create_shape_model eine Fehlermeldung zurück.

Falls für NumLevels *'auto'* (oder *0* für Rückwärtskompatibilität) übergeben wird, wählt create_shape_model die Anzahl der Pyramidenstufen automatisch. Die automatisch gewählte Anzahl von Pyramidenstufen kann mit get_shape_model_params abgefragt werden. In seltenen Fällen kann es vorkommen, dass create_shape_model die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch oder zu niedrig bestimmt. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch gewählt wird, kann das dazu führen, dass das Modell im Bild nicht erkannt wird oder dass sehr niedrige Parameter für MinScore oder Greediness in find_shape_model selektiert werden müssen, damit das Modell gefunden wird. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu niedrig gewählt wird, kann es zu erhöhten Laufzeiten in find_shape_model kommen. In diesen Fällen sollte die Anzahl der Pyramidenstufen mit Hilfe der Ausgabe von inspect_shape_model gewählt werden.

AngleStart, AngleExtent und AngleStep: Die Parameter AngleStart und AngleExtent legen den Winkelbereich für die möglichen Rotationen des Modells im Bild fest. Das Modell kann also mit find_shape_model nur in diesem Winkelbereich gefunden werden. Der Parameter AngleStep gibt die Schrittweite der Winkel in dem gewählten Winkelbereich an. Falls bei find_shape_model keine Subpixelgenauigkeit spezifiziert wird, gibt AngleStep also die erreichbare Winkelgenauigkeit an. AngleStep sollte aufgrund der Größe des Objektes gewählt werden. Kleinere Modelle besitzen nur eine kleine Anzahl von verschiedenen diskreten Rotationen im Bild. Deshalb sollte AngleStep für kleinere Modelle größer gewählt werden. Falls AngleExtent kein ganzzahliges Vielfaches von AngleStep ist, wird AngleStep entsprechend angepasst. Um sicherzustellen, dass find_shape_model für Modellinstanzen ohne Rotation Winkel von exakt 0.0 zurückgibt, wird der Winkelbereich der möglichen Rotationen folgendermaßen angepasst: Wenn kein positiver ganzzahliger Wert n existiert, für den AngleStart plus n mal AngleStep genau Null ergibt, wird AngleStart um höchstens AngleStep verringert, und AngleExtent wird um AngleStep vergrößert.

Optimization: Bei besonders großen Modellen kann es auch sinnvoll sein, die Anzahl der Modellpunkte durch Setzen des Parameters Optimization auf einen Wert ungleich *'none'* zu setzen. Falls Optimization = *'none'*, werden alle Modellpunkte abgespeichert. Ansonsten wird die Anzahl der Punkte entsprechend dem Parameter Optimization reduziert. Falls die Anzahl der Punkte reduziert wird, kann es bei find_shape_model notwendig werden, den Parameter Greediness auf einen kleineren Wert, z.B. *0.7* oder *0.8*, zu setzen. Bei kleineren Modellen bewirkt die Reduktion der Anzahl der Punkte keine Beschleunigung, da dadurch typischerweise wesentlich mehr potentielle Instanzen des Modells untersucht werden müssen.

Falls für Optimization *'auto'* übergeben wird, wählt create_shape_model die Reduktion der Punkte automatisch.

Metric: Der Parameter Metric legt fest, unter welchen Bedingungen das Muster im Bild noch erkannt wird.

Falls Metric = *'use_polarity'*, muss das Objekt im Bild dieselben Kontrasteigenschaften aufweisen wie das Modell. Wenn z.B. das Modell ein helles Objekt auf dunklem Hintergrund ist, wird das Objekt im Bild nur dann gefunden, wenn es auch heller als der Hintergrund ist.

Falls Metric = *'ignore_global_polarity'*, wird das Objekt auch dann im Bild gefunden, wenn sich der Kontrast global umkehrt. Im obigen Beispiel würde das Objekt also auch dann gefunden, wenn es dunkler als der Hintergrund ist. Die Laufzeit von find_shape_model erhöht sich in diesem Fall geringfügig.

Falls Metric = *'ignore_local_polarity'*, wird das Modell auch dann gefunden, wenn sich die Kontrastverhältnisse lokal ändern. Dieser Modus kann z.B. dann sinnvoll sein, wenn das Objekt aus einem Teil mittleren Grauwerts besteht, auf dem entweder dunkle oder helle Unterobjekte liegen können. Da sich in diesem Fall

die Laufzeit von find_shape_model aber wesentlich erhöht, ist es in solchen Fällen meist sinnvoller, mehrere Modelle mit create_shape_model zu erzeugen und mit find_shape_models zu suchen.

Die obigen drei Metriken können nur auf einkanalige Bilder angewendet werden. Falls im Modellbild oder in den Suchbildern ein mehrkanaliges Bild übergeben wird, wird stillschweigend nur der erste Kanal des Bildes verwendet.

Falls Metric = *'ignore_color_polarity'*, wird das Modell auch dann gefunden, falls sich die Farbkontraste lokal ändern können. Dies ist z.B. der Fall, wenn Teile des Objektes ihre Farbe ändern können, z.B. von rot auf grün. Dieser Modus ist insbesondere dann sinnvoll, wenn nicht vorab bekannt ist, in welchen Kanälen das Objekt zu erkennen ist. Auch hier kann sich die Laufzeit von find_shape_model erheblich erhöhen. Die Metrik *'ignore_color_polarity'* kann auf Bilder mit einer beliebigen Anzahl von Kanälen angewendet werden. Falls sie mit einkanaligen Bildern verwendet wird, hat sie dieselbe Wirkung wie *'ignore_local_polarity'*. Es ist zu beachten, dass für Metric = *'ignore_color_polarity'* die Anzahl der Kanäle bei der Modellgenerierung mit create_shape_model und bei der Suche mit find_shape_model verschieden sein können. Dies erlaubt z.B. die Modellgenerierung aus einem einkanaligen synthetisch generierten Bild. Es ist auch zu beachten, dass die Kanäle nicht einer spektralen Unterteilung des Lichtes (wie z.B. bei einem RGB-Bild) entsprechen müssen. Die Kanäle können z.B. auch durch Beleuchtung des Objektes aus unterschiedlichen Richtungen entstanden sein.

Contrast: Der Parameter Contrast legt fest, welchen Grauwertkontrast die Punkte des Modells besitzen müssen. Der Kontrast ist ein Maß für die lokalen Grauwertdifferenzen zwischen dem Objekt und dem Hintergrund und zwischen verschiedenen Teilen des Objektes. Contrast sollte so gewählt werden, dass nur die signifikanten Merkmale des Musters für das Modell verwendet werden. Contrast kann auch ein Tupel mit zwei Werten enthalten. In diesem Fall wird bei der Segmentierung des Modells ein Verfahren, das ähnlich zum Hysterese-Schwellenwert-Verfahren in edges_image ist, eingesetzt. Dabei ist der erste Wert des Tupels der untere Schwellenwert und der zweite Wert der obere Schwellenwert. Für weitere Informationen über das Hysterese-Schwellenwert-Verfahren siehe hysteresis_threshold. Optional kann in Contrast auch ein dritter Wert als letztes Element des Tupels übergeben werden. Dieser Wert dient zur Selektion von signifikanten Komponenten des Modells basierend auf der Größe der Komponenten, d.h. Komponenten, deren Anzahl von Punkten kleiner ist als diese Mindestgröße, werden unterdrückt. Da sich die Mindestgröße auf die Größe der Komponenten bezieht kann es auch vorkommen, dass die daraus abgeleiteten Modellkonturen trotzdem kleiner als die angegebene Mindestgröße sind. Dieser Schwellenwert wird pro Pyramidenstufe halbiert. Falls eine Unterdrückung von kleinen Modellkomponenten gewünscht ist, aber keine Hysterese-Schwellenwert-Operation, müssen dennoch drei Werte in Contrast übergeben werden, von denen die ersten zwei auf denselben Wert gesetzt werden. Die Wirkung von Contrast kann auch vorab mit inspect_shape_model überprüft werden.

Wird Contrast auf *'auto'* gesetzt, dann bestimmt create_shape_model die beschriebenen drei Werte automatisch. Es besteht die Möglichkeit, nur den Kontrast (*'auto_contrast'*), die Hysterese-Schwellenwerte (*'auto_contrast_hyst'*) oder die Mindestgröße (*'auto_min_size'*) automatisch bestimmen zu lassen. Die übrigen, nicht automatisch zu bestimmenden Größen, können dann zusätzlich als Tupel übergeben werden. Dabei sind auch Kombinationen zulässig: Wird z.B. *['auto_contrast','auto_min_size']* übergeben, wird sowohl der Kontrast als auch die Mindestgröße bestimmt. Bei *['auto_min_size',20,30]* wird die Mindestgröße automatisch ermittelt, während die Hysterese-Schwellen auf

20 und *30* gesetzt werden, etc. In bestimmten Fällen kann es vorkommen, dass die automatische Bestimmung der Kontrast-Schwellenwerte nicht zum gewünschten Ergebnis führt. So ist eine manuelle Parameterwahl zu bevorzugen, wenn anwendungsbedingt bestimmte Modellkomponenten ausgeschlossen oder ins Modell integriert werden sollen oder wenn das Objekt mehrere unterschiedliche Kontraststufen umfasst. Daher ist es sinnvoll, die Kontrastwerte vor der Modellgenerierung mit determine_shape_model_params automatisch zu ermitteln und das Ergebnis mit inspect_shape_model zu überprüfen. Es ist zu beachten, dass MinContrast die Bestimmung der Kontrast-Schwellenwerte beeinflusst, und daher auch die Schätzung der Mindestgröße.

MinContrast: Mit MinContrast wird festgelegt, welchen Grauwertkontrast das Modell später bei der Erkennung mit find_shape_model im Bild mindestens besitzen muss. Mit anderen Worten stellt dieser Parameter somit eine Abgrenzung des Musters von Rauschen im Bild dar. Eine gute Wahl ist deshalb der Bereich von Grauwertänderungen, der durch das Rauschen im Bild verursacht wird. Falls die Grauwerte z.B. in einem Bereich von 10 Graustufen durch Rauschen schwanken, sollte MinContrast auf 10 gesetzt werden. Falls mehrkanalige Bilder für das Modell und für die Suchbilder verwendet werden, und falls der Parameter Metric auf *'ignore_color_polarity'* gesetzt wird (siehe oben), muss das Rauschen in einem Kanal noch mit der Wurzel der Anzahl der Kanäle multipliziert werden, um MinContrast zu bestimmen. Falls die Grauwerte in einem Kanal z.B. in einem Bereich von 10 Graustufen schwanken, sollte MinContrast bei

einem dreikanaligen Bild auf 17 gesetzt werden. Offensichtlich muss MinContrast kleiner als Contrast sein. Falls das Modell später in sehr kontrastarmen Bildern erkannt werden soll, muss MinContrast entsprechend klein gewählt werden. Falls das Modell mit erheblichen Verdeckungen erkannt werden soll, sollte MinContrast etwas größer als der Grauwertbereich, der durch das Rauschen verursacht wird, gewählt werden, um eine robuste und genaue Lageschätzung des verdeckten Modells zu gewährleisten.

Wird MinContrast auf *'auto'* gesetzt, wählt create_shape_model den Mindestkontrast basierend auf dem Rauschen im Modellbild automatisch. Eine automatische Bestimmung ergibt demzufolge nur Sinn, wenn das bei der Erkennung zu erwartende Bildrauschen dem Rauschen im Modellbild entspricht. Außerdem kann es in manchen Fällen sinnvoll sein, den automatisch ermittelten Wert zu erhöhen, um eine höhere Robustheit gegenüber Verdeckungen zu erzielen (siehe oben). Der automatisch bestimmte Mindestkontrast kann mit get_shape_model_params abgefragt werden.

Vollständige Vorabgenerierung des Modells

Optional kann in Optimization ein zweiter Wert übergeben werden. Dieser Wert legt fest, ob das Modell vollständig vorab generiert wird oder nicht. Der zweite Wert von Optimization ist hierzu auf *'pregeneration'* oder *'no_pregeneration'* zu setzen. Falls der zweite Wert nicht angegeben wird, wird der mit set_system ('pregenerate_shape_models',...) eingestellte Modus verwendet. Mit der Standardeinstellung (*'pregenerate_shape_models'* = *'false'*) wird das Modell nicht vollständig vorab generiert. Die vollständige Vorabgenerierung des Modells führt im Normalfall zu leicht geringeren Laufzeiten in find_shape_model, da das Modell nicht zur Laufzeit transformiert werden muss. Allerdings sind in diesem Fall der Speicherbedarf und die Zeit, die zur Modellerzeugung benötigt wird, wesentlich höher. Zu beachten ist auch, dass in den zwei Modi nicht dieselben Ergebnisse erwartet werden können, da intern bei der Transformation zur Laufzeit notwendigerweise andere Daten für die transformierten Modelle entstehen, als bei der Vorabgenerierung. Falls das Modell nicht vorab generiert wird, werden z.B. in find_shape_model typischerweise leicht niedrigere Bewertungen (Scores) zurückgeliefert, so dass es unter Umständen notwendig sein kann, einen niedrigeren Wert für MinScore als bei vollständiger Vorabgenerierung zu verwenden. Außerdem können sich die durch Interpolation gewonnenen Subpixelpositionen geringfügig unterscheiden. Falls höchste Genauigkeit gewünscht wird, sollte die Lage des Modells mittels Ausgleichsrechnung (Least-Squares Adjustment) bestimmt werden.

Falls eine vollständige Vorabgenerierung des Modells gewählt wird, wird das Modell in dem gewählten Winkelbereich vorab generiert und im Speicher abgelegt. Der Speicherbedarf zur Speicherung des Modells ist also proportional zur Anzahl der Winkelschritte und zur Anzahl der Punkte im Modell. Wenn also AngleStep zu klein bzw. AngleExtent zu groß gewählt wird, kann es vorkommen, dass das Modell nicht mehr in den (virtuellen) Speicher passt. In diesem Fall muss entweder AngleStep größer oder AngleExtent kleiner gewählt werden. In jedem Fall ist es aus Laufzeitgründen vorteilhaft, wenn das Modell komplett in den Hauptspeicher passt und somit ein Paging durch das Betriebssystem vermieden werden kann. Da die Möglichkeit zur subpixelgenauen Winkelbestimmung in find_shape_model gegeben ist, kann bei Modellen mit einem Durchmesser von ca. 200 Pixeln AngleStep ≥ 1 gewählt werden.

Falls AngleStep = *'auto'* (oder *0* für Rückwärtskompatibilität) übergeben wird, wählt create_shape_model automatisch eine Schrittweite basierend auf der Größe des Modells aus. Die automatisch gewählte Schrittweite kann mit get_shape_model_params abgefragt werden.

Falls eine vollständige Vorabgenerierung des Modells nicht gewählt wird, wird das Modell nur in einer Referenzlage auf jeder Ebene erzeugt. In diesem Fall muss das Modell zur Laufzeit in find_shape_model auf die verschiedenen Winkel transformiert werden. Dadurch kann es vorkommen, dass das Auffinden des Modells etwas mehr Zeit benötigt.

Es ist zu beachten, dass vorabgenerierte Modelle für eine spezifische Bildgröße bestimmt sind. Aus Laufzeitgründen ist die Verwendung von Bildern mit verschiedenen Größen während der Suche mit dem gleichen Modell nicht parallel möglich. In diesem Fall müssen Kopien des gleichen Modells verwendet werden. Anderenfalls kann das Programm abstürzen.

Parameter

▷ **Template** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild, dessen Definitionsbereich zum Aufbau des Modells verwendet wird.

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Maximale Anzahl von Pyramidenebenen.
Default: 'auto'
Werteliste: NumLevels ∈ {'auto', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **AngleStart** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Kleinste auftretende Rotation des Musters.
Default: -0.39
Wertevorschläge: `AngleStart` ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}

▷ **AngleExtent** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Ausdehnung des Winkelbereichs.
Default: 0.79
Wertevorschläge: `AngleExtent` ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39}
Restriktion: AngleExtent >= 0

▷ **AngleStep** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / string
Schrittweite der Winkel (Auflösung).
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `AngleStep` ∈ {'auto', 0.0175, 0.0349, 0.0524, 0.0698, 0.0873}
Restriktion: AngleStep >= 0 && AngleStep <= pi / 2

▷ **Optimization** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Art der Optimierung und optional Methode der Modellgenerierung.
Default: 'auto'
Werteliste: `Optimization` ∈ {'auto', 'none', 'point_reduction_low', 'point_reduction_medium', 'point_reduction_high', 'pregeneration', 'no_pregeneration'}

▷ **Metric** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
Default: 'use_polarity'
Werteliste: `Metric` ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity', 'ignore_local_polarity', 'ignore_color_polarity'}

▷ **Contrast** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / string
Schwellenwert bzw. Hystereseschwellenwerte für den Kontrast des Objektes im Musterbild und optional Mindestgröße der Objektteile.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `Contrast` ∈ {'auto', 'auto_contrast', 'auto_contrast_hyst', 'auto_min_size', 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160}

▷ **MinContrast** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer* / string
Minimaler Kontrast des Objektes in den Suchbildern.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `MinContrast` ∈ {'auto', 1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 40}
Restriktion: MinContrast < Contrast

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . shape_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_shape_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wenn die Parameter `NumLevels` und `Contrast` so gewählt worden sind, dass das Modell zu wenige Punkte besitzt, wird die Fehlermeldung 8510 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`draw_region`, `reduce_domain`, `threshold`

Nachfolger

`find_shape_model`, `find_shape_models`, `get_shape_model_params`, `clear_shape_model`, `write_shape_model`, `set_shape_model_origin`, `set_shape_model_clutter`

Alternativen

create_generic_shape_model

Siehe auch

set_system, get_system

Modul

Matching

create_shape_model_xld (Contours : : NumLevels, AngleStart, AngleExtent, AngleStep, Optimization, Metric, MinContrast : ModelID)

Vorbereiten eines Formmodells für das Matching aus XLD-Konturen.

create_shape_model_xld erzeugt ein Formmodell für das Matching aus den XLD-Konturen Contours. Die XLD-Konturen repräsentieren dabei die Grauwertkanten des zu suchenden Objekts im Bild. Im Gegensatz zu dem Operator create_shape_model, der ein Formmodell aus einem Bild erzeugt, erzeugt der Operator create_shape_model_xld das Formmodell aus XLD-Konturen, d.h., ohne die Verwendung eines Bildes.

Der Ausgabeparameter ModelID ist ein Handle für dieses Modell, der in nachfolgenden Aufrufen von find_shape_model verwendet wird. Als Ursprung (Referenzpunkt) des Modells wird der Schwerpunkt des kleinsten umschließenden Rechtecks der Konturen Contours, das parallel zu den Koordinatenachsen liegt, verwendet. Falls ein anderer Ursprung gewünscht wird, kann dieser mit set_shape_model_origin gesetzt werden. Das Modell wird für mehrere Pyramidenebenen generiert und im Speicher abgelegt. Falls eine vollständige Vorabgenerierung des Modells gewählt wird (siehe unten), wird das Modell in mehreren Rotationen auf jeder Ebene generiert. Das Modell kann mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert werden.

Eingabeparameter im Detail

NumLevels: Die Anzahl der Pyramidenebenen wird mit NumLevels festgelegt. Sie sollte so groß wie möglich gewählt werden, da hierdurch das Auffinden des Modells erheblich beschleunigt wird. Bei der Wahl von NumLevels ist aber darauf zu achten, dass das Modell auf der obersten Pyramidenstufe noch erkennbar ist und genügend viele Punkte besitzt (mindestens vier). Falls nicht genügend Modellpunkte erzeugt werden, wird die Anzahl der Pyramidenstufen intern solange reduziert, bis auf der obersten Pyramidenstufe genügend Modellpunkte vorhanden sind. Falls durch diese Anpassung ein Modell mit keiner Pyramidenstufe entstehen würde, d.h. falls schon auf der untersten Pyramidenstufe zu wenige Modellpunkte vorhanden sind, liefert create_shape_model_xld eine Fehlermeldung zurück.

Falls für NumLevels *'auto'* übergeben wird, wählt create_shape_model_xld die Anzahl der Pyramidenstufen automatisch. Die gewählte Anzahl von Pyramidenstufen kann mit get_shape_model_params abgefragt werden. In seltenen Fällen kann es vorkommen, dass create_shape_model_xld die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch oder zu niedrig bestimmt. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch gewählt wird, kann das dazu führen, dass das Modell im Bild nicht erkannt wird oder dass sehr niedrige Parameter für MinScore oder Greediness in find_shape_model selektiert werden müssen, damit das Modell gefunden wird. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu niedrig gewählt wird, kann es zu erhöhten Laufzeiten in find_shape_model kommen. In diesen Fällen sollte die Anzahl der Pyramidenstufen manuell gewählt werden.

AngleStart, AngleExtent und AngleStep: Die Parameter AngleStart und AngleExtent legen den Winkelbereich für die möglichen Rotationen des Objekts im Suchbild fest. Das Objekt kann also mit find_shape_model nur in diesem Winkelbereich gefunden werden. Der Parameter AngleStep gibt die Schrittweite der Winkel in dem gewählten Winkelbereich an. Falls bei find_shape_model keine Subpixelgenauigkeit spezifiziert wird, gibt AngleStep also die erreichbare Winkelgenauigkeit an. AngleStep sollte aufgrund der Größe des Objektes gewählt werden. Kleinere Modelle besitzen nur eine kleine Anzahl von verschiedenen diskreten Rotationen im Bild. Deshalb sollte AngleStep für kleinere Modelle größer gewählt werden. Falls AngleExtent kein ganzzahliges Vielfaches von AngleStep ist, wird AngleStep entsprechend angepasst. Um sicherzustellen, dass find_shape_model für Modellinstanzen ohne Rotation Winkel von exakt 0.0 zurückgibt, wird der Winkelbereich der möglichen Rotationen folgendermaßen angepasst: Wenn kein positiver ganzzahliger Wert n existiert, für den AngleStart plus n mal AngleStep genau Null ergibt, wird AngleStart um höchstens AngleStep verringert, und AngleExtent wird um AngleStep vergrößert.

Optimization: Bei besonders großen Modellen kann es auch sinnvoll sein, die Anzahl der Modellpunkte durch Setzen des Parameters Optimization auf einen Wert ungleich *'none'* zu setzen. Falls Optimization = *'none'*, werden alle Modellpunkte abgespeichert. Ansonsten wird die Anzahl der Punkte entsprechend dem Parameter Optimization reduziert. Falls die Anzahl der Punkte reduziert wird, kann es bei find_shape_model notwendig werden, den Parameter Greediness auf einen kleineren Wert, z.B. *0.7* oder *0.8*, zu setzen. Bei kleineren Modellen bewirkt die Reduktion der Anzahl der Punkte keine Beschleunigung, da dadurch typischerweise wesentlich mehr potentielle Instanzen des Modells untersucht werden müssen. Falls für Optimization *'auto'* übergeben wird, wählt create_shape_model_xld die Reduktion der Punkte automatisch.

Metric: Der Parameter Metric legt fest, unter welchen Bedingungen das Muster im Bild noch erkannt wird.

Falls Metric = *'use_polarity'*, muss das Objekt im Bild dieselben Kontrasteigenschaften aufweisen wie das Modell. Wenn z.B. das Modell ein helles Objekt auf dunklem Hintergrund ist, wird das Objekt im Bild nur dann gefunden, wenn es auch heller als der Hintergrund ist.

Falls Metric = *'ignore_global_polarity'*, wird das Objekt auch dann im Bild gefunden, wenn sich der Kontrast global umkehrt. Im obigen Beispiel würde das Objekt also auch dann gefunden, wenn es dunkler als der Hintergrund ist. Die Laufzeit von find_shape_model erhöht sich in diesem Fall geringfügig.

Falls Metric = *'ignore_local_polarity'*, wird das Modell auch dann gefunden, wenn sich die Kontrastverhältnisse lokal ändern. Dieser Modus kann z.B. dann sinnvoll sein, wenn das Objekt aus einem Teil mittleren Grauwerts besteht, auf dem entweder dunkle oder helle Unterobjekte liegen können. Da sich in diesem Fall die Laufzeit von find_shape_model aber wesentlich erhöht, ist es in solchen Fällen meist sinnvoller, mehrere Modelle mit create_shape_model_xld zu erzeugen und mit find_shape_models zu suchen.

Die obigen drei Metriken können nur auf einkanalige Bilder angewendet werden. Falls im Modellbild oder in den Suchbildern ein mehrkanaliges Bild übergeben wird, wird stillschweigend nur der erste Kanal des Bildes verwendet.

Falls Metric = *'ignore_color_polarity'*, wird das Modell auch dann gefunden, falls sich die Farbkontraste lokal ändern können. Dies ist z.B. der Fall, wenn Teile des Objektes ihre Farbe ändern können, z.B. von rot auf grün. Dieser Modus ist insbesondere dann sinnvoll, wenn nicht vorab bekannt ist, in welchen Kanälen das Objekt zu erkennen ist. Auch hier kann sich die Laufzeit von find_shape_model erheblich erhöhen. Die Metrik *'ignore_color_polarity'* kann auf Bilder mit einer beliebigen Anzahl von Kanälen angewendet werden. Falls sie mit einkanaligen Bildern verwendet wird, hat sie dieselbe Wirkung wie *'ignore_local_polarity'*. Es ist zu beachten, dass für Metric = *'ignore_color_polarity'* die Kanäle nicht einer spektralen Unterteilung des Lichtes (wie z.B. bei einem RGB-Bild) entsprechen müssen. Die Kanäle können z.B. auch durch Beleuchtung des Objektes aus unterschiedlichen Richtungen entstanden sein.

Es ist auch zu beachten, dass die beiden ersten Werte für Metric (*'use_polarity'* und *'ignore_global_polarity'*) nur dann verwendet werden können, wenn bei allen Konturen, die in Contours übergeben wurden, das Attribut *'edge_direction'* gesetzt ist, da es die Polarität der Kanten festlegt. Für weitere Informationen zu Konturattributen wie *'edge_direction'* siehe get_contour_attrib_xld. Ansonsten besteht die Möglichkeit, die beiden Werte für Metric mit dem Operator set_shape_model_metric zu setzen, der die Polarität der Kanten aus einem Bild bestimmt.

Falls Metric = *'ignore_local_polarity'*, wird das Modell auch dann gefunden, wenn sich die Kontrastverhältnisse lokal ändern. Dieser Modus kann z.B. dann sinnvoll sein, wenn das Objekt aus einem Teil mittleren Grauwerts besteht, auf dem entweder dunkle oder helle Unterobjekte liegen können. Da sich in diesem Fall die Laufzeit von find_shape_model aber wesentlich erhöht, ist es in solchen Fällen meist sinnvoller, mehrere Modelle mit create_shape_model_xld zu erzeugen und mit find_shape_models zu suchen.

Die obigen drei Metriken können nur auf einkanalige Bilder angewendet werden. Falls im Modellbild oder in den Suchbildern ein mehrkanaliges Bild übergeben wird, wird stillschweigend nur der erste Kanal des Bildes verwendet.

Falls Metric = *'ignore_color_polarity'*, wird das Modell auch dann gefunden, falls sich die Farbkontraste lokal ändern können. Dies ist z.B. der Fall, wenn Teile des Objektes ihre Farbe ändern können, z.B. von rot auf grün. Dieser Modus ist insbesondere dann sinnvoll, wenn nicht vorab bekannt ist, in welchen Kanälen das Objekt zu erkennen ist. Auch hier kann sich die Laufzeit von find_shape_model erheblich erhöhen. Die Metrik *'ignore_color_polarity'* kann auf Bilder mit einer beliebigen Anzahl von Kanälen angewendet werden. Falls sie mit einkanaligen Bildern verwendet wird, hat sie dieselbe Wirkung wie *'ignore_local_polarity'*. Es ist zu beachten, dass für Metric = *'ignore_color_polarity'* die Kanäle nicht einer spektralen Unterteilung des Lichtes (wie z.B. bei einem RGB-Bild) entsprechen müssen. Die Kanäle können z.B. auch durch Beleuchtung des Objektes aus unterschiedlichen Richtungen entstanden sein.

MinContrast: Mit MinContrast wird festgelegt, welchen Grauwertkontrast die Objektkanten später bei der Erkennung mit find_shape_model im Bild mindestens besitzen müssen. Mit anderen Worten stellt dieser Parameter somit eine Abgrenzung des Objekts von Rauschen im Bild dar. Eine gute Wahl ist deshalb der Bereich von Grauwertänderungen, der durch das Rauschen im Bild verursacht wird. Falls die Grauwerte z.B. in einem Bereich von 10 Graustufen durch Rauschen schwanken, sollte MinContrast auf 10 gesetzt werden. Falls mehrkanalige Bilder für das Modell und für die Suchbilder verwendet werden, und falls der Parameter Metric auf *'ignore_color_polarity'* gesetzt wird (siehe oben), muss das Rauschen in einem Kanal noch mit der Wurzel der Anzahl der Kanäle multipliziert werden, um MinContrast zu bestimmen. Falls die Grauwerte in einem Kanal z.B. in einem Bereich von 10 Graustufen schwanken, sollte MinContrast bei einem dreikanaligen Bild auf 17 gesetzt werden. Falls das Modell später in sehr kontrastarmen Bildern erkannt werden soll, muss MinContrast entsprechend klein gewählt werden. Falls das Modell mit erheblichen Verdeckungen erkannt werden soll, sollte MinContrast etwas größer als der Grauwertbereich, der durch das Rauschen verursacht wird, gewählt werden, um eine robuste und genaue Lageschätzung des verdeckten Modells zu gewährleisten.

Vollständige Vorabgenerierung des Modells

Optional kann in Optimization ein zweiter Wert übergeben werden. Dieser Wert legt fest, ob das Modell vollständig vorab generiert wird oder nicht. Der zweite Wert von Optimization ist hierzu auf *'pregeneration'* oder *'no_pregeneration'* zu setzen. Falls der zweite Wert nicht angegeben wird, wird der mit set_system ('pregenerate_shape_models',...) eingestellte Modus verwendet. Mit der Standardeinstellung (*'pregenerate_shape_models'* = *'false'*) wird das Modell nicht vollständig vorab generiert. Die vollständige Vorabgenerierung des Modells führt im Normalfall zu leicht geringeren Laufzeiten in find_shape_model, da das Modell nicht zur Laufzeit transformiert werden muss. Allerdings sind in diesem Fall der Speicherbedarf und die Zeit, die zur Modellerzeugung benötigt wird, wesentlich höher. Zu beachten ist auch, dass in den zwei Modi nicht dieselben Ergebnisse erwartet werden können, da intern bei der Transformation zur Laufzeit notwendigerweise andere Daten für die transformierten Modelle entstehen, als bei der Vorabgenerierung. Falls das Modell nicht vorab generiert wird, werden z.B. in find_shape_model typischerweise leicht niedrigere Bewertungen (Scores) zurückgeliefert, so dass es unter Umständen notwendig sein kann, einen niedrigeren Wert für MinScore als bei vollständiger Vorabgenerierung zu verwenden. Außerdem können sich die durch Interpolation gewonnenen Subpixelpositionen geringfügig unterscheiden. Falls höchste Genauigkeit gewünscht wird, sollte die Lage des Modells mittels Ausgleichsrechnung (Least-Squares Adjustment) bestimmt werden.

Falls eine vollständige Vorabgenerierung des Modells gewählt wird (siehe unten), wird das Modell in dem gewählten Winkelbereich vorab generiert und im Speicher abgelegt. Der Speicherbedarf zur Speicherung des Modells ist also proportional zur Anzahl der Winkelschritte und zur Anzahl der Punkte im Modell. Wenn also AngleStep zu klein bzw. AngleExtent zu groß gewählt wird, kann es vorkommen, dass das Modell nicht mehr in den (virtuellen) Speicher passt. In diesem Fall muss entweder AngleStep größer oder AngleExtent kleiner gewählt werden. In jedem Fall ist es aus Laufzeitgründen vorteilhaft, wenn das Modell komplett in den Hauptspeicher passt und somit ein Paging durch das Betriebssystem vermieden werden kann. Da die Möglichkeit zur subpixelgenauen Winkelbestimmung in find_shape_model gegeben ist, kann bei Modellen mit einem Durchmesser von ca. 200 Pixeln AngleStep ≥ 1 gewählt werden.

Falls AngleStep = *'auto'* übergeben wird, wählt create_shape_model_xld automatisch eine Schrittweite basierend auf der Größe des Modells aus. Die automatisch gewählte Schrittweite kann mit get_shape_model_params abgefragt werden.

Falls eine vollständige Vorabgenerierung des Modells nicht gewählt wird, wird das Modell nur in einer Referenzlage auf jeder Ebene erzeugt. In diesem Fall muss das Modell zur Laufzeit in find_shape_model auf die verschiedenen Winkel transformiert werden. Dadurch kann es vorkommen, dass das Auffinden des Modells etwas mehr Zeit benötigt.

Es ist zu beachten, dass vorabgenerierte Modelle für eine spezifische Bildgröße bestimmt sind. Aus Laufzeitgründen ist die Verwendung von Bildern mit verschiedenen Größen während der Suche mit dem gleichen Modell nicht parallel möglich. In diesem Fall müssen Kopien des gleichen Modells verwendet werden. Anderenfalls kann das Programm abstürzen.

Achtung

Im Gegensatz zum Operator create_shape_model ist es nicht möglich die Mindestgröße der Modellkomponenten anzugeben. Um kleine Modellkomponenten im Formmodell zu vermeiden, können kurze Konturen vor dem Aufruf von create_shape_model_xld mit dem Operator select_contours_xld eliminiert werden.

Parameter

▷ **Contours** (input_object) . . . . . xld_cont(-array) ⇝ *object*
Eingabekonturen, die zum Aufbau des Modells verwendet werden.

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Maximale Anzahl von Pyramidenebenen.
Default: 'auto'
Werteliste: NumLevels ∈ {'auto', 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **AngleStart** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Kleinste auftretende Rotation des Musters.
Default: -0.39
Wertevorschläge: AngleStart ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}

▷ **AngleExtent** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Ausdehnung des Winkelbereichs.
Default: 0.79
Wertevorschläge: AngleExtent ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39}
Restriktion: AngleExtent >= 0

▷ **AngleStep** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / string
Schrittweite der Winkel (Auflösung).
Default: 'auto'
Wertevorschläge: AngleStep ∈ {'auto', 0.0175, 0.0349, 0.0524, 0.0698, 0.0873}
Restriktion: AngleStep >= 0 && AngleStep <= pi / 2

▷ **Optimization** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Art der Optimierung und optional Methode der Modellgenerierung.
Default: 'auto'
Werteliste: Optimization ∈ {'auto', 'none', 'point_reduction_low', 'point_reduction_medium', 'point_reduction_high', 'pregeneration', 'no_pregeneration'}

▷ **Metric** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
Default: 'ignore_local_polarity'
Werteliste: Metric ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity', 'ignore_local_polarity', 'ignore_color_polarity'}

▷ **MinContrast** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Minimaler Kontrast des Objektes in den Suchbildern.
Default: 5
Wertevorschläge: MinContrast ∈ {1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 40}

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . shape_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_shape_model_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wenn der Parameter NumLevels so gewählt wurde, dass das Modell zu wenige Punkte besitzt, wird die Fehlermeldung 8510 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

read_contour_xld_dxf, edges_sub_pix, select_contours_xld

Nachfolger

find_shape_model, find_shape_models, get_shape_model_params, clear_shape_model, write_shape_model, set_shape_model_origin, set_shape_model_param, set_shape_model_metric, set_shape_model_clutter

Alternativen

create_generic_shape_model

Siehe auch

set_system, get_system

Modul

Matching

deserialize_shape_model (: : SerializedItemHandle : ModelID)

Deserialisieren eines Formmodells.

deserialize_shape_model deserialisiert ein Formmodell, welches mit serialize_shape_model serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte Formmodell wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten Formmodell mit dem Handle ModelID gespeichert.

Parameter

- ▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.
- ▷ **ModelID** (output_control) ..... shape_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_shape_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

fread_serialized_item, receive_serialized_item, serialize_shape_model

Nachfolger

find_generic_shape_model

Modul

Matching

determine_shape_model_params (Template : : NumLevels, AngleStart, AngleExtent, ScaleMin, ScaleMax, Optimization, Metric, Contrast, MinContrast, Parameters : ParameterName, ParameterValue)

Berechnung der Parameter eines Formmodells.

determine_shape_model_params berechnet bestimmte Parameter eines Formmodells automatisch aus dem Modellbild Template. Die zu berechnenden Parameter werden in Parameters angegeben. Mit determine_shape_model_params lassen sich dieselben Parameter automatisch bestimmen, die auch mit create_shape_model, create_scaled_shape_model und create_aniso_shape_model durch Setzen des jeweiligen Parameters auf *'auto'* automatisch bestimmt werden können: die Anzahl der Pyramidenebenen des Modells (Parameters = *'num_levels'*), die Winkelschrittweite (Parameters = *'angle_step'*), die Skalierungsschrittweite (Parameters = *'scale_step'* für isotrope Skalierungen bzw. *'scale_r_step'* und/oder *'scale_c_step'* für anisotrope Skalierungen), die Art der Optimierung (Parameters = *'optimization'*), der Schwellenwert (Parameters = *'contrast'*) bzw. die Hystereseschwellenwerte (Parameters = *'contrast_hyst'*) für den Kontrast, die Mindestgröße der Objektteile (Parameters = *'min_size'*) und der minimale Kontrast (Parameters = *'min_contrast'*). Es kann eine beliebige Kombination dieser Parameter bestimmt

werden, indem ein Tupel von Werten in Parameters übergeben wird. Falls alle Parameter automatisch bestimmt werden sollen, kann zur Vereinfachung auch der Wert *'all'* übergeben werden. In diesem Fall werden beide Hysteresewellenwerte bestimmt, d.h. der Operator verhält sich so, als ob *'contrast_hyst'* anstatt *'contrast'* übergeben worden wäre.

determine_shape_model_params kann hauptsächlich dazu verwendet werden, die obigen Parameter automatisch zu bestimmen, bevor das Modell erzeugt wird. Dies ist vor allem in interaktiven Systemen nützlich, in denen dem Benutzer ein Vorschlag für diese Werte präsentiert wird, die der Benutzer aber modifizieren kann.

Die berechneten Parameter werden in ParameterName und ParameterValue als Name des Parameters und als jeweiliger Wert zurückgeliefert. Dabei haben die Parameter in ParameterName dieselben Namen wie in Parameters, wobei natürlich der Wert *'all'* durch die entsprechenden Parameternamen ersetzt wird. Eine Ausnahme besteht jedoch für den Parameter *'contrast_hyst'*, für den zwei Werte *'contrast_low'* und *'contrast_high'* zurückgegeben werden.

Die restlichen Parameter (NumLevels, AngleStart, AngleExtent, ScaleMin, ScaleMax, Optimization, Metric, Contrast und MinContrast) haben dieselbe Bedeutung wie bei create_shape_model, create_scaled_shape_model und create_aniso_shape_model. Die Beschreibung der Parameter kann dort nachgelesen werden. Diese Parameter werden von determine_shape_model_params dazu verwendet, die zu bestimmenden Parameter auf dieselbe Art zu berechnen wie in create_shape_model, create_scaled_shape_model und create_aniso_shape_model. Es ist zu beachten, dass in ScaleMin und ScaleMax jeweils ein Wert übergeben werden muss, falls die Parameter eines Formmodells mit isotroper Skalierung bestimmt werden sollen, falls also Parameters *'scale_step'* explizit oder implizit über *'all'* enthält. Falls die Parameter eines Formmodells mit anisotroper Skalierung bestimmt werden sollen, d.h. falls Parameters *'scale_r_step'* oder *'scale_c_step'* explizit oder implizit enthält, müssen in ScaleMin und ScaleMax jeweils zwei Werte angegeben werden. Dabei bezieht sich der jeweils erste Parameter auf die Skalierung in Zeilenrichtung, der jeweils zweite Parameter auf die Skalierung in Spaltenrichtung.

Zu beachten ist, dass determine_shape_model_params einige Parameter enthält, die auch automatisch bestimmt werden können (NumLevels, Optimization, Contrast, MinContrast). Falls diese Parameter nicht automatisch bestimmt werden sollen, d.h. ihr Name wird nicht in Parameters übergeben, müssen für die entsprechenden Parameter zulässige Werte übergeben werden. Insbesondere dürfen die entsprechenden Parameter nicht auf *'auto'* gesetzt sein. Sollen diese Parameter dagegen automatisch bestimmt werden, so werden die in den entsprechenden Parametern übergebenen Werte wie folgt behandelt: Sollen die Art der Optimierung oder die (Hysterese)-Schwellenwerte für den Kontrast automatisch bestimmt werden, d.h. Parameters enthält die Werte *'optimization'* oder *'contrast'* (*'contrast_hyst'*), dann werden die in Optimization bzw. Contrast übergebenen Werte ignoriert. Sollen dagegen die Anzahl an Pyramidenebenen oder der minimale Kontrast automatisch bestimmt werden, d.h. Parameters enthält die Werte *'num_levels'* oder *'min_contrast'*, dann kann HALCON zwar geeignete Werte ermitteln, zusätzlich besteht jedoch die Möglichkeit, eine obere bzw. untere Grenze anzugeben:

Falls die maximale Anzahl der Pyramidenstufen vorgegeben werden soll, kann NumLevels auf den betreffenden Wert gesetzt werden. Falls in diesem Fall Parameters den Wert *'num_levels'* enthält, kann der berechnete Wert der Anzahl der Pyramidenebenen höchstens NumLevels betragen. Falls NumLevels = *'auto'* (oder *0* für Rückwärtskompatibilität) gesetzt wird, wird die Anzahl der Pyramidenebenen ohne Beschränkung so hoch wie möglich bestimmt.

Falls der minimale Kontrast vorgegeben werden soll, kann MinContrast auf den betreffenden Wert gesetzt werden. Falls in diesem Fall Parameters den Wert *'min_contrast'* enthält, beträgt der berechnete Wert des minimalen Kontrastes mindestens MinContrast. Falls MinContrast = *'auto'* gesetzt wird, wird der minimale Kontrast ohne Beschränkung bestimmt.

Achtung

In manchen Fällen ist der Wert für die maximale Anzahl an Pyramidenebenen, der von determine_shape_model_params zurückgegebenen wird, höher als der tatsächlich im Formmodell verwendete Wert. Letzterer kann mit get_shape_model_params nach der Modellgenerierung abgefragt werden. Dieser Fall kann auftreten, wenn das Modell mit create_scaled_shape_model oder create_aniso_shape_model generiert wird und ScaleMin, ScaleRMin oder ScaleCMin auf einen Wert unter *1.0* gesetzt wird.

Parameter

▷ **Template** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild, dessen Definitionsbereich für das Modell verwendet wird.

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Maximale Anzahl von Pyramidenebenen.
Default: 'auto'
Werteliste: NumLevels ∈ {'auto', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **AngleStart** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Kleinste auftretende Rotation des Modells.
Default: -0.39
Wertevorschläge: AngleStart ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}

▷ **AngleExtent** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Ausdehnung des Winkelbereichs.
Default: 0.79
Wertevorschläge: AngleExtent ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39}
Restriktion: AngleExtent >= 0

▷ **ScaleMin** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Modells.
Default: 0.9
Wertevorschläge: ScaleMin ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleMin > 0

▷ **ScaleMax** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Größte auftretende Skalierung des Modells.
Default: 1.1
Wertevorschläge: ScaleMax ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
Restriktion: ScaleMax >= ScaleMin

▷ **Optimization** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Optimierung.
Default: 'auto'
Werteliste: Optimization ∈ {'auto', 'none', 'point_reduction_low', 'point_reduction_medium', 'point_reduction_high'}

▷ **Metric** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
Default: 'use_polarity'
Werteliste: Metric ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity', 'ignore_local_polarity', 'ignore_color_polarity'}

▷ **Contrast** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / string
Schwellenwert bzw. Hystereseschwellenwerte für den Kontrast des Objektes im Musterbild und optional Mindestgröße der Objektteile.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: Contrast ∈ {'auto', 'auto_contrast', 'auto_contrast_hyst', 'auto_min_size', 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160}

▷ **MinContrast** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Minimaler Kontrast des Objektes in den Suchbildern.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: MinContrast ∈ {'auto', 1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 40}
Restriktion: MinContrast < Contrast

▷ **Parameters** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Zu berechnende Parameter.
Default: 'all'
Werteliste: Parameters ∈ {'all', 'num_levels', 'angle_step', 'scale_step', 'scale_r_step', 'scale_c_step', 'optimization', 'contrast', 'contrast_hyst', 'min_size', 'min_contrast'}

▷ **ParameterName** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Name des berechneten Parameters.

▷ **ParameterValue** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Wert des berechneten Parameters.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert determine_shape_model_params den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wenn die Parameter NumLevels und Contrast so gewählt worden sind, dass das Modell zu wenige Punkte besitzt, oder nicht genügend signifikante Merkmale im Eingabebild vorhanden sind, wird die Fehlermeldung 8510 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`draw_region`, `reduce_domain`, `threshold`

Nachfolger

`create_generic_shape_model`

Modul

Matching

```
find_aniso_shape_model ( Image : : ModelID, AngleStart, AngleExtent,
    ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleCMin, ScaleCMax, MinScore, NumMatches,
    MaxOverlap, SubPixel, NumLevels, Greediness : Row, Column, Angle,
    ScaleR, ScaleC, Score )
```

Suche der besten Matches eines anisotrop skalierten Formmodells in einem Bild.

`find_aniso_shape_model` findet die besten `NumMatches` Instanzen des anisotrop skalierten Formmodells `ModelID` im Eingabebild `Image`. Das Modell muss zuvor mit `create_aniso_shape_model` erzeugt oder mit `read_shape_model` eingelesen worden sein.

Die Position, Rotation und Skalierung in Zeilen- und Spaltenrichtung der gefundenen Instanzen des Modells werden in `Row`, `Column`, `Angle`, `ScaleR` und `ScaleC` zurückgeliefert. In `Score` wird die Bewertung der gefundenen Instanzen zurückgegeben. Nähere Informationen finden Sie in den parameterspezifischen Abschnitten.

Eingabeparameter im Detail

`Image` und seine Region: Der Definitionsbereich des Bildes `Image` gibt den Suchbereich für den Referenzpunkt des Modells an, d.h. für den Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des Formmodells mit `create_aniso_shape_model` verwendet wurde. Ein eventuell mit `set_shape_model_origin` anders gesetzter Ursprung wird nicht berücksichtigt. Das Modell wird innerhalb des Definitionsbereiches des Eingabebildes nur an den Stellen gesucht, an denen das Modell vollständig in das Bild passt. Das bedeutet, dass das Modell nicht gefunden werden kann, wenn es aus dem Bild herausragt, selbst wenn es eine Bewertung größer als `MinScore` erreichen würde (siehe unten). Außerdem kann es sein, dass das Modell, wenn es in einer der Pyramidenebenen den Bildrand berührt, ebenfalls nicht gefunden wird, auch wenn es im ursprünglichen Bild vollständig enthalten ist. Als Daumenregel gilt hier, dass das Modell dann nicht gefunden werden könnte, wenn seine Distanz zum Bildrand unter $2^{NumLevels-1}$ fällt. Dieses Verhalten kann mit `set_system('border_shape_models','true')` für alle Modelle oder mit `set_shape_model_param(ModelID,'border_shape_models','true')` speziell für ein Modell umgestellt werden, so dass auch Modelle gefunden werden, die aus dem Bild herausragen, falls sie eine Bewertung größer als `MinScore` erreichen. Dabei werden Punkte außerhalb des Bildes als verdeckt angesehen, d.h. sie verringern die Bewertung. Es ist zu beachten, dass dieser Modus die Laufzeit der Suche erhöht. Es ist weiter zu beachten, dass in seltenen Fällen, die typischerweise nur in künstlichen Bildern auftreten, auch dann kein Modell gefunden wird, wenn das Modell in einer Pyramidenebene die reduzierte Bilddomäne berührt. In diesem Fall kann es helfen, die Region der Domäne um $2^{NumLevels-1}$, z.B., mit `dilation_circle` zu vergrößern.

`AngleStart`, `AngleExtent`, `ScaleRMin`, `ScaleRMax`, `ScaleCMin`, `ScaleCMax`: Die Parameter `AngleStart` und `AngleExtent` legen den Winkelbereich fest, in dem nach dem Modell gesucht wird. Die Parameter `ScaleRMin`, `ScaleRMax`, `ScaleCMin` und `ScaleCMax` legen den Bereich der Skalierungen in Zeilen- und Spaltenrichtung fest, in dem nach dem Modell gesucht wird. Der Winkel- und Skalierungsbereich wird gegebenenfalls auf den Bereich beschnitten, der bei der Erzeugung des Modells mit `create_aniso_shape_model` angegeben worden ist. Dies bedeutet insbesondere, dass die Winkelbereiche des Modells und der Suche sich überlappen müssen.

Wird in `ModelID` ein Modell übergeben, das mit `create_shape_model` oder mit `create_scaled_shape_model` erzeugt wurde, wird das Modell mit einer isotropen Skalierung

von 1.0 bzw. mit einer isotropen Skalierung zwischen ScaleRMin und ScaleRMax gesucht. In diesem Fall werden in ScaleR und ScaleC identische Werte zurückgeliefert.

Beachten Sie, dass in einigen Fällen Instanzen mit einer Rotation oder Skalierung gefunden werden, die geringfügig außerhalb des angegebenen Winkel- und Skalierungsbereichs liegen. Dies kann vorkommen, wenn der angegebene Bereich kleiner ist als der bei der Erstellung des Modells angegebene Bereich. AngleStart und AngleExtent sowie ScaleRMin/ScaleCMin und ScaleRMax/ScaleCMax werden nur auf der höchsten Pyramidenstufe überprüft. Matches, die auf der höchsten Pyramidenstufe gefunden werden, werden bis zur untersten Pyramidenstufe verfeinert. Aus Leistungsgründen wird bei der Verfeinerung jedoch nicht mehr überprüft, ob die Matches immer noch innerhalb der angegebenen Bereiche liegen.

MinScore: Der Parameter MinScore legt fest, welche Bewertung ein potentieller Match mindestens besitzen muss, damit er als eine Instanz des Modells im Bild angesehen wird. Je größer der Wert von MinScore gewählt werden kann, desto schneller verläuft die Suche. Falls erwartet werden kann, dass das Modell niemals verdeckt wird, kann MinScore auf so hohe Werte wie 0.8 oder sogar 0.9 gesetzt werden. Werden die Matches nicht bis zur untersten Pyramidenebene verfolgt (siehe unten) kann es in manchen Fällen vorkommen, dass Instanzen gefunden werden, deren Score geringfügig unter dem Wert von MinScore liegen.

Falls das Formmodell mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert wurde und dadurch *'use_clutter'* aktiviert wurde, erwartet MinScore einen zweiten Wert, welcher den maximalen Störwert eines potentiellen Matches angibt, um als Instanz des Modells im Bild betrachtet werden zu können. Die Laufzeit mit Nutzung von Störparametern ist mindestens so hoch wie die Laufzeit ohne Störparameter mit auf *0* gesetztem Parameter NumMatches.

NumMatches: Mit NumMatches kann angegeben werden, wie viele Instanzen des Modells im Bild höchstens gefunden werden sollen. Falls mehr als NumMatches Instanzen eine Bewertung größer als MinScore erreichen, werden nur die besten NumMatches Instanzen zurückgeliefert. Falls weniger als NumMatches Instanzen gefunden werden, werden nur diese Instanzen zurückgeliefert, d.h. der Parameter MinScore hat Vorrang vor NumMatches. Sollen alle Modellinstanzen, deren Bewertung MinScore übersteigt, im Bild gefunden werden, muss NumMatches auf *0* gesetzt werden.

Beim Tracken der Matches durch die Bildpyramide werden auf jeder Ebene (außer der obersten Pyramidenstufe) weniger aussichtsreiche Matches basierend auf NumMatches verworfen. Dadurch ist es möglich, dass Matches verworfen werden, die auf der niedrigsten Pyramidenebene einen höheren Score gehabt hätten. Beispielsweise kann das dazu führen, dass der gefundene Match für NumMatches gleich *1* nicht mit dem Match mit dem höchsten Score übereinstimmt, der von NumMatches gleich *0* oder > *1* zurückgegeben wird.

Falls erwartet wird, dass mehrere Objekte mit einem ähnlichen Score gefunden werden können, aber nur das Modell mit dem höchsten Score zurückgegeben werden soll, kann es vorteilhaft sein, NumMatches zu erhöhen, und dann den Match mit dem höchsten Score auszuwählen.

Für den Fall, dass das Formmodell mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert wurde, berücksichtigt NumMatches auch den zweiten Wert, der in MinScore übergeben wird. Gefundene Instanzen weisen in diesem Fall einen Score auf, der größer als der erste Eintrag ist, sowie einen Störwert der niedriger als der zweite Eintrag ist. Ist die Anzahl gefundener Instanzen größer als NumMatches, werden die besten NumMatches Instanzen in Bezug auf ihren Störwert zurückgegeben. MinScore hat weiterhin Vorrang vor NumMatches und NumMatches muss weiterhin auf *0* gesetzt werden um alle Modellinstanzen zu erhalten, die die Bedingungen von MinScore erfüllen. Es ist zu beachten, dass beim Tracken der Matches durch die Bildpyramide keine Matches verworfen werden, wenn Störparameter verwendet werden. Die Laufzeit mit Nutzung von Störparametern ist daher mindestens so hoch wie die Laufzeit ohne Störparameter mit auf *0* gesetztem Parameter NumMatches.

MaxOverlap: Falls das Modell Symmetrien aufweist, kann es vorkommen, dass mehrere Instanzen an ähnlichen Positionen im Bild, aber mit verschiedenen Rotationen gefunden werden. Mit dem Parameter MaxOverlap kann bestimmt werden, um welchen Anteil, ausgedrückt als Zahl zwischen 0 und 1, sich zwei Instanzen höchstens überlappen dürfen, damit sie als verschieden angesehen werden, und somit zurückgeliefert werden. Falls sich zwei Instanzen um mehr als MaxOverlap überlappen, wird nur die beste gefundene Instanz zurückgeliefert. Die Berechnung der Überlappung erfolgt anhand der kleinsten umschließenden Rechtecke beliebiger Orientierung der Konturen (siehe smallest_rectangle2). Bei MaxOverlap $= 0$ dürfen sich die gefundenen Instanzen nicht überlappen, bei MaxOverlap $= 1$ werden alle gefundenen Instanzen zurückgeliefert.

SubPixel: Der Parameter SubPixel gibt an, ob die Extraktion subpixelgenau erfolgen soll. Falls SubPixel auf *'none'* (oder *'false'* für Rückwärtskompatibilität) gesetzt wird, wird die Lage des Modells nur pixelgenau bzw. mit der bei create_aniso_shape_model angegebenen Winkel- und Skalierungsauflösung bestimmt. Falls SubPixel auf *'interpolation'* (oder *'true'*) gesetzt wird, werden sowohl die Position als

auch die Rotation und Skalierung subpixelgenau bestimmt. Dabei wird die Lage des Modells anhand der Score-Funktion interpoliert. Dieser Modus kostet fast keine Rechenzeit und liefert in den meisten Anwendungen eine ausreichende Genauigkeit. In manchen Anwendungen ist eine möglichst hohe Genauigkeit wichtig. In diesen Fällen kann die Lage des Modells durch Ausgleichsrechnung, d.h., durch Minimierung der Abstände der Modellpunkte und der zugehörigen Bildpunkte (Least-Squares Adjustment), bestimmt werden. Im Gegensatz zu *'interpolation'* kostet dieser Modus zusätzliche Rechenzeit. Mit den verschiedenen Modi (*'least_squares'*, *'least_squares_high'* und *'least_squares_very_high'*) kann dabei die Genauigkeit festgelegt werden, mit der der minimale Abstand gesucht wird. Je höher die Genauigkeit gewählt wird, desto länger dauert allerdings auch die Subpixel-Extraktion. Im Normalfall sollte für `SubPixel` *'interpolation'* gewählt werden. Falls die Ausgleichsrechnung gewünscht wird, sollte *'least_squares'* gewählt werden, da sich so der optimale Kompromiss zwischen Laufzeit und Genauigkeit ergibt.

Objekte, die im Vergleich zum Modell leicht deformiert im Bild erscheinen, können in manchen Fällen entweder nicht oder nur mit einer geringen Genauigkeit gefunden werden. Für solche Objekte besteht die Möglichkeit, im Parameter `SubPixel` zusätzlich die maximal zulässige Objektdeformation in Pixeln anzugeben. Dies kann mit Hilfe des optionalen Parameterwertes *'max_deformation '* und einer nachfolgenden Ganzzahl zwischen *0* und *32* (im selben String), die die maximale Deformation beschreibt, erfolgen. Kann die Form des Objektes z.B. bis zu 2 Pixel von der im Modell gespeicherten Form abweichen, muss im Parameter `SubPixel` der Wert *'max_deformation 2'* zusätzlich zum oben beschriebenen Modus für die subpixelgenaue Extraktion übergeben werden, also z.B. *['least_squares', 'max_deformation 2']*. Mit *'max_deformation 0'* wird das Objekt ohne Deformationen gesucht, also so als ob man kein *'max_deformation '* übergeben hätte. Zu beachten ist, dass größere Werte für die maximale Deformation oft zu erhöhten Laufzeiten führen. Außerdem besteht bei einem zu großen Wert die Gefahr, dass falsche Kandidaten gefunden werden. Beide Probleme können hauptsächlich bei kleinen Objekten oder Objekten mit feinen Strukturen auftreten. Der Grund hierfür ist, dass solche Objekte durch große erlaubte Deformationen ihre für die Suche wichtige charakteristische Form verlieren. Zu beachten ist auch, dass die Genauigkeit von teilweise verdeckten Objekten für höhere Deformationen abnehmen kann wenn Störobjekte in der Nähe des Objektes vorhanden sind. Die maximale Deformation sollte demnach immer nur so groß wie nötig und so gering wie möglich gewählt werden. Näherungsweise rotationssymmetrische Objekt könnten nicht gefunden werden, falls *'max_deformation'* und `AngleExtent` beide auf einen Wert größer 0 gesetzt sind. In dem Fall kann es zu Mehrdeutigkeiten kommen, die nicht aufgelöst werden können, sodass der Match als falsch verworfen wird. Wenn das passiert, versuchen Sie, entweder *'max_deformation'* oder `AngleExtent` auf 0 zu setzen oder das Modell so zu verändern, dass weniger Symmetrien auftreten. Die Score-Berechnung bei Deformationswerten größer *0* hängt von der Art der Subpixel-Extraktion ab. In den meisten Fällen wird sich der Score eines Matches verändern, wenn man *'least_squares'*, *'least_squares_high'* oder *'least_squares_very_high'* (siehe oben) wählt (im Vergleich zu *'none'* oder *'interpolation'*). Außerdem wird sich der Score in der Regel erhöhen wenn man bei einer der Least-Squares-Adjustment-Methoden die maximale Deformation erhöht, da dann zu den Modellpunkten mehr zugehörige Bildpunkte gefunden werden können. Für einen aussagekräftigen Score und zum Vermeiden falscher Matches wird empfohlen, das Erlauben einer Deformation mit einer Subpixel-Extraktion mit einer der Least-Squares-Adjustment-Methoden zu kombinieren.

`NumLevels`: Mit `NumLevels` wird die Anzahl der Pyramidenebenen festgelegt, die bei der Suche verwendet werden soll. Die Anzahl der Ebenen wird gegebenenfalls auf den bei der Erzeugung mit `create_aniso_shape_model` angegebenen Bereich beschnitten. Falls `NumLevels` als *0* angegeben wird, wird die mit `create_aniso_shape_model` angegebene Anzahl verwendet.

In manchen Fällen kann es sein, dass die Anzahl der Pyramidenebenen, die beispielsweise automatisch mit `create_aniso_shape_model` ermittelt wurde, zu hoch ist. Dann werden eventuell Instanzen, die eine sehr hohe finale Bewertung gehabt hätten, bereits auf der höchsten Pyramidenebene ausgeschlossen und damit nicht gefunden. Anstatt nun `MinScore` auf einen sehr geringen Wert zu setzen, um alle Matches zu finden, kann der Wert von `NumLevels` mit `get_shape_model_params` ermittelt werden und dann ein etwas geringerer Wert in `find_aniso_shape_model` genutzt werden. Diese Herangehensweise führt oft zu besseren Ergebnissen hinsichtlich Geschwindigkeit und Robustheit.

Optional kann `NumLevels` einen zweiten Wert enthalten, der die unterste Pyramidenebene spezifiziert, bis auf welche die Matches verfolgt werden sollen. Ein Wert von *[4,2]* bedeutet also, dass das Matching auf der vierten Pyramidenebene begonnen wird und auf der zweituntersten Pyramidenebene beendet wird (die unterste Pyramidenebene hat den Wert 1). Dieser Mechanismus kann dazu verwendet werden, Laufzeit einzusparen. Allerdings ist in diesem Modus im Allgemeinen die Genauigkeit der gefundenen Lageparameter geringer als im Normalfall, in dem die Matches bis auf die unterste Pyramidenebene verfolgt werden. Falls eine hohe Genauigkeit erzielt werden soll, empfiehlt es sich also, mindestens *'least_squares'* für `SubPixel` zu verwenden. Falls die unterste zu verwendende Pyramidenebene zu groß gewählt wird, kann es vorkommen, dass die gewünschte Genauigkeit nicht mehr erreicht werden kann, oder dass falsche Instanzen des Modells

gefunden werden, weil das Modell auf den oberen Pyramidenstufen nicht eindeutig genug ist, um eine sichere Selektion der korrekten Instanz des Modells zu ermöglichen. In diesem Fall muss ein kleinerer Wert für die unterste zu verwendende Pyramidenebene gewählt werden.

In mangelhaften Eingabebildern, d.h., in Bildern die z.B. unscharf, deformiert oder verrauscht sind, kann auf der untersten Pyramidenebene oft keine Instanz des Formmodells gefunden werden, da aufgrund der mangelhaften Bildqualität nicht genügend Kanteninformation vorhanden ist, oder die Kanten zu stark deformiert sind. Auf höheren Pyramidenebenen dagegen kann die Kanteninformation noch ausreichend sein um Instanzen des Modells zu finden, wobei auch hierbei die oben beschriebenen Einschränkungen bezüglich Genauigkeit und Robustheit gelten. Die Wahl der passenden Pyramidenebene, d.h., der untersten Pyramidenebene auf der noch eine Instanz des Modells gefunden wird, hängt sowohl vom Modell als auch vom Eingabebild ab. Diese Pyramidenebene kann also von Bild zu Bild variieren. Um das Matching auf mangelhaften Bildern zu erleichtern, kann die unterste Pyramidenebene, auf der noch eine Instanz des Modells gefunden wird, während des Matchings automatisch bestimmt werden. Um diesen als 'increased tolerance mode' bezeichneten Mechanismus zu aktivieren, muss die unterste Pyramidenebene in `NumLevels` negativ angegeben werden. Wird z.B. `NumLevels` $= [4, -2]$ gesetzt, so wird das Matching auf der vierten Pyramidenebene begonnen und auf der zweituntersten Pyramidenebene beendet. Es wird also versucht, eine Instanz des Formmodells auf der Pyramidenebene 2 zu finden. Kann auf dieser Pyramidenebene keine Instanz gefunden werden, so wird die unterste Pyramidenebene ermittelt, auf der noch Instanzen des Modells gefunden wurden. Die Instanzen dieser Pyramidenebene werden dann als Ergebnis zurückgegeben.

Wenn `ModelID` mit `adapt_shape_model_high_noise` angepasst wurde, wird die geschätzte untere Pyramidenstufe per Standardeinstellung verwendet. Der Benutzer kann den geschätzten Wert dennoch überschreiben, indem er zwei Werte an `NumLevels` übergibt und damit explizit die untere Pyramidenstufe setzt.

`Greediness`: Der Parameter `Greediness` bestimmt, wie „gierig" die Suche durchgeführt werden soll. Für `Greediness` $= 0$ wird eine sichere Suchheuristik verwendet, die das Modell, falls im Bild vorhanden, immer findet, wenn die anderen Parameter passend gesetzt sind. Allerdings ist die Suche hiermit relativ zeitaufwendig. Für `Greediness` $= 1$ wird eine unsicherere Suchheuristik verwendet, bei der es in seltenen Fällen vorkommen kann, dass das Modell nicht gefunden wird, obwohl es im Bild sichtbar ist. Für `Greediness` $= 1$ wird die maximale Suchgeschwindigkeit erreicht. In den allermeisten Fällen wird das Formmodell für `Greediness` $= 0.9$ immer sicher gefunden.

Ausgabeparameter im Detail

`Row`, `Column`, `Angle`, `ScaleR`, `ScaleC`: Die Position, Rotation und Skalierung in Zeilen- und Spaltenrichtung der gefundenen Instanzen des Modells werden in `Row`, `Column`, `Angle`, `ScaleR` und `ScaleC` zurückgeliefert. Die Koordinaten `Row` und `Column` beschreiben die Position des Ursprungs des Modells im Suchbild. Die Werte sind allerdings bereits geringfügig angepasst, so dass sie direkt zur Erstellung einer Transformationsmatrix verwendet werden können, die für ein Alignment oder die Visualisierung der Modellkanten benötigt wird. Diese Anpassung der Koordinaten hat mit der Art und Weise zu tun, in der HALCON ikonische Objekte transformiert, siehe hierzu `affine_trans_pixel`. Das Beispiel weiter unten zeigt, wie die Transformationsmatrix erzeugt wird und wie man damit das Modell an der gefundenen Position im Suchbild visualisiert.

Normalerweise ist der Ursprung des Modells der Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des Formmodells mit `create_aniso_shape_model` verwendet wurde. Ein anderer Ursprung kann mit `set_shape_model_origin` festgelegt werden.

`Score`: In `Score` wird die Bewertung der gefundenen Instanzen zurückgegeben. Die Bewertung ist eine Zahl zwischen 0 und 1 und ist ein ungefähres Maß dafür, welcher Anteil des Modells im Bild zu sehen ist. Falls z.B. die Hälfte des Modells im Bild verdeckt ist, kann die Bewertung nicht größer als 0.5 sein.

Falls das Formmodell mit `set_shape_model_clutter` um Störparameter erweitert wurde, gibt `Score`, nach den oben genannten Werten, auch den Störwert jeder gefundenen Instanz zurück. Falls beispielsweise die Hälfte der Störregion Störkanten aufweist entspricht der Störwert 0.5. Werden z.B. zwei Instanzen gefunden, wobei für Erstere eine Bewertung von 0.9 und für die zweite 0.8 erreicht wird und der Störwert der ersten Instanz 0.2, der zweiten Instanz 0.1 ist, wird `Score` $= [0.9, 0.8, 0.2, 0.1]$ zurückgegeben. Es ist zu beachten, dass von sämtlichen Ergebnissen des formbasierten Matchings die Störwerte am stärksten von Beleuchtungsänderungen beeinflusst werden.

Setzen eines Timeout

Mittels des Operators `set_shape_model_param` können Sie einen *'timeout'* für `find_aniso_shape_model` angeben. Wenn `find_aniso_shape_model` diesen *'timeout'* erreicht

endet er ohne Ergebnis und gibt den Fehlercode 9400 (H_ERR_TIMEOUT) zurück. Abhängig von der Größe der Skalierungsintervalle, die durch `ScaleRMin`, `ScaleRMax`, `ScaleCMin` und `ScaleCMax` festgelegt werden, benötigt `find_aniso_shape_model` eine signifikante Zeitspanne um den Speicher für gecachte Transformationen freizugeben, falls das Modell nicht vorberechnet wurde. Da diese Transformationen auch freigegeben werden müssen nachdem ein Timeout auftritt, überschreitet `find_aniso_shape_model` den in *'timeout'* angegebenen Wert um diese Zeitspanne.

Darstellung der Resultate

Die Verwendung der Prozedur `dev_display_shape_matching_results` wird zur Darstellung der Resultate formbasierten Matchings stark empfohlen.

Weitere Informationen

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild, in dem das Modell gefunden werden soll.
- ▷ **`ModelID`** (input_control) ..... shape_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells.
- ▷ **`AngleStart`** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Rotation des Modells.
  Default: -0.39
  Wertevorschläge: `AngleStart` ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}
- ▷ **`AngleExtent`** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Ausdehnung des Winkelbereichs.
  Default: 0.79
  Wertevorschläge: `AngleExtent` ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39, 0.0}
  Restriktion: AngleExtent >= 0
- ▷ **`ScaleRMin`** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Skalierung des Modells in Zeilenrichtung.
  Default: 0.9
  Wertevorschläge: `ScaleRMin` ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Restriktion: ScaleRMin > 0
- ▷ **`ScaleRMax`** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Größte auftretende Skalierung des Modells in Zeilenrichtung.
  Default: 1.1
  Wertevorschläge: `ScaleRMax` ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
  Restriktion: ScaleRMax >= ScaleRMin
- ▷ **`ScaleCMin`** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Skalierung des Modells in Spaltenrichtung.
  Default: 0.9
  Wertevorschläge: `ScaleCMin` ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Restriktion: ScaleCMin > 0
- ▷ **`ScaleCMax`** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Größte auftretende Skalierung des Modells in Spaltenrichtung.
  Default: 1.1
  Wertevorschläge: `ScaleCMax` ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
  Restriktion: ScaleCMax >= ScaleCMin
- ▷ **`MinScore`** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen des Modells.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: `MinScore` ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Wertebereich: 0 ≤ `MinScore` ≤ 1
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **NumMatches** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der zu findenden Instanzen des Modells (oder 0 für alle Treffer).
Default: 1
Wertevorschläge: NumMatches ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}

▷ **MaxOverlap** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Maximale Überlappung der zu findenden Instanzen des Modells.
Default: 0.5
Wertevorschläge: MaxOverlap ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ MaxOverlap ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **SubPixel** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Subpixelgenauigkeit falls ungleich *'none'*.
Default: 'least_squares'
Wertevorschläge: SubPixel ∈ {'none', 'interpolation', 'least_squares', 'least_squares_high', 'least_squares_very_high', 'max_deformation 1', 'max_deformation 2', 'max_deformation 3', 'max_deformation 4', 'max_deformation 5', 'max_deformation 6'}

▷ **NumLevels** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der verwendeten Pyramidenebenen (und unterste zu verwendende Pyramidenebene falls |NumLevels| = 2).
Default: 0
Werteliste: NumLevels ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **Greediness** (input_control) ..... real ⇝ *real*
„Gierigkeit“ der Suchheuristik (0: sicher aber langsam; 1: schnell aber Matches können „übersehen“ werden).
Default: 0.9
Wertevorschläge: Greediness ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ Greediness ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **Row** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinate der gefundenen Instanzen des Modells.

▷ **Column** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinate der gefundenen Instanzen des Modells.

▷ **Angle** (output_control) ..... angle.rad-array ⇝ *real*
Rotationswinkel der gefundenen Instanzen des Modells.

▷ **ScaleR** (output_control) ..... number-array ⇝ *real*
Skalierung der gefundenen Instanzen des Modells in Zeilenrichtung.

▷ **ScaleC** (output_control) ..... number-array ⇝ *real*
Skalierung der gefundenen Instanzen des Modells in Spaltenrichtung.

▷ **Score** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Bewertung der gefundenen Instanzen des Modells.

Beispiel

```
create_aniso_shape_model (ImageReduced, 0, rad(-15), rad(30), 0, \
                          0.9, 1.1, 0, 0.9, 1.1, 0, 'none', \
                          'use_polarity', 30, 10, ModelID)
get_shape_model_contours (ModelXLD, ModelID, 1)
find_aniso_shape_model (SearchImage, ModelID, rad(-15), rad(30), \
                        0.9, 1.1, 0.9, 1.1, 0.5, 1, 0.5, 'interpolation', \
                        0, 0, Row, Column, Angle, ScaleR, ScaleC, Score)
* Create transformation matrix
hom_mat2d_identity (HomMat2DIdentity)
hom_mat2d_scale (HomMat2DIdentity, ScaleR, ScaleC, 0, 0, HomMat2DScale)
hom_mat2d_rotate (HomMat2DScale, Angle, 0, 0, HomMat2DRotate)
hom_mat2d_translate (HomMat2DRotate, Row, Column, HomMat2DObject)
* Calculate true position of the model origin in the search image
affine_trans_pixel (HomMat2DObject, 0, 0, RowObject, ColObject)
```

```
* Display results
dev_display_shape_matching_results (ModelID, 'red', Row, Column, Angle, \
                    ScaleR, ScaleC, 0)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `find_aniso_shape_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`create_aniso_shape_model`, `read_shape_model`, `set_shape_model_origin`, `set_shape_model_clutter`

Nachfolger

`clear_shape_model`

Alternativen

`find_generic_shape_model`

Siehe auch

`set_system`, `get_system`

Modul

Matching

find_aniso_shape_models

```
find_aniso_shape_models ( Image : : ModelIDs, AngleStart,
    AngleExtent, ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleCMin, ScaleCMax,
    MinScore, NumMatches, MaxOverlap, SubPixel, NumLevels,
    Greediness : Row, Column, Angle, ScaleR, ScaleC, Score, Model )
```

Suche der besten Matches mehrerer anisotrop skalierter Formmodelle.

`find_aniso_shape_models` findet die besten `NumMatches` Instanzen der anisotrop skalierten Formmodelle, die in `ModelIDs` übergeben werden, im Eingabebild `Image`. Die Modelle müssen zuvor mit `create_aniso_shape_model` erzeugt oder mit `read_shape_model` eingelesen worden sein. Im Gegensatz zu `find_aniso_shape_model` kann also eine Mehrzahl von Modellen gleichzeitig im selben Bild gesucht werden.

Die Position, Rotation und Skalierung in Zeilen- und Spaltenrichtung der gefundenen Instanzen des Modells werden in `Row`, `Column`, `Angle`, `ScaleR` und `ScaleC` zurückgeliefert. In `Score` wird die Bewertung der gefundenen Instanzen zurückgegeben. Der gefundene Modelltyp wird in `Model` zurückgeliefert. Nähere Informationen finden Sie in den parameterspezifischen Abschnitten.

Besonderheiten der Parametersemantik

Gegenüber `find_aniso_shape_model` unterscheidet sich die Semantik aller Eingabeparameter etwas. Alle Eingabeparameter müssen entweder genau ein Element enthalten, oder dieselbe Anzahl von Elementen wie `ModelIDs`. (`NumLevels` kann auch zwei oder zweimal die Anzahl von Elementen wie `ModelIDs` enthalten; siehe unten.) Im ersten Fall wird der Wert des Eingabeparameters für alle Modelle gleich verwendet. Im zweiten Fall wird das jeweilige Element des Eingabeparameters für das entsprechende Modell in `ModelIDs` verwendet. Zusätzliche Details können in den parameterspezifischen Abschnitten weiter unten gefunden werden. Ein Aufruf von `find_aniso_shape_models` mit mehreren Werten für `ModelIDs`, `NumMatches` und `MaxOverlap` entspricht von der Wirkung her also mehreren unabhängigen Aufrufen von `find_aniso_shape_model` mit den jeweiligen Parametern, ist allerdings wesentlich effizienter.

Eingabeparameter im Detail

Image und seine Region: Der Definitionsbereich des Bildes Image gibt den Suchbereich für den Referenzpunkt des Modells an, d.h. für den Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des Formmodells mit create_aniso_shape_model verwendet wurde. Ein eventuell mit set_shape_model_origin anders gesetzter Ursprung wird nicht berücksichtigt. Das Modell wird innerhalb des Definitionsbereiches des Eingabebildes nur an den Stellen gesucht, an denen das Modell vollständig in das Bild passt. Das bedeutet, dass das Modell nicht gefunden werden kann, wenn es aus dem Bild herausragt, selbst wenn es eine Bewertung größer als MinScore erreichen würde (siehe unten). Außerdem kann es sein, dass das Modell, wenn es in einer der Pyramidenebenen den Bildrand berührt, ebenfalls nicht gefunden wird, auch wenn es im ursprünglichen Bild vollständig enthalten ist. Als Daumenregel gilt hier, dass das Modell dann nicht gefunden werden könnte, wenn seine Distanz zum Bildrand unter $2^{NumLevels-1}$ fällt. Dieses Verhalten kann mit set_system('border_shape_models','true') für alle Modelle oder mit set_shape_model_param(ModelID,'border_shape_models','true') speziell für ein Modell umgestellt werden, so dass auch Modelle gefunden werden, die aus dem Bild herausragen, falls sie eine Bewertung größer als MinScore erreichen. Dabei werden Punkte außerhalb des Bildes als verdeckt angesehen, d.h. sie verringern die Bewertung. Es ist zu beachten, dass dieser Modus die Laufzeit der Suche erhöht. Bei der Suche mit mehreren Modellen wird *'border_shape_models'* für alle Modelle als *'true'* behandelt, selbst wenn nur bei einem der Modelle einer Suche *'border_shape_models'* als *'true'* gilt. Es ist weiter zu beachten, dass in seltenen Fällen, die typischerweise nur in künstlichen Bildern auftreten, auch dann kein Modell gefunden wird, wenn das Modell in einer Pyramidenebene die reduzierte Bilddomäne berührt. In diesem Fall kann es helfen, die Region der Domäne um $2^{NumLevels-1}$, z.B., mit dilation_circle zu vergrößern.

Wie üblich wird die Region des Eingabebildes Image als Suchbereich für den Referenzpunkt der Modelle ModelIDs verwendet. Konsistent mit der obigen Semantik kann Image also ein einzelnes Bildobjekt beinhalten oder ein Bildobjekttupel. Falls Image ein einzelnes Bildobjekt enthält, wird dessen Region als Suchbereich für alle Modelle in ModelIDs verwendet. Falls Image mehrere Bildobjekte enthält, wird die jeweilige Region als Suchbereich für das entsprechende Modell aus ModelIDs verwendet. In diesem Fall müssen die Bilder, abgesehen von ihrer Region, identisch sein, d.h. ihre Pointer müssen das gleiche Bild referenzieren und somit identisch sein (siehe get_image_pointer1 zum Überprüfen der Pointer). Folglich kann Image nicht in beliebiger Weise mit concat_obj aufgebaut werden, sondern muss aus demselben Bild mit add_channels oder äquivalenten Aufrufen erzeugt werden. Falls das nicht der Fall ist, wird eine Fehlermeldung zurückgeliefert.

AngleStart, AngleExtent, ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleCMin, ScaleCMax: Die Parameter AngleStart und AngleExtent legen den Winkelbereich fest, in dem nach dem Modell gesucht wird. Die Parameter ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleCMin und ScaleCMax legen den Bereich der Skalierungen in Zeilen- und Spaltenrichtung fest, in dem nach dem Modell gesucht wird. Der Winkel- und Skalierungsbereich wird gegebenenfalls auf den Bereich beschnitten, der bei der Erzeugung des Modells mit create_aniso_shape_model angegeben worden ist. Dies bedeutet insbesondere, dass die Winkelbereiche des Modells und der Suche sich überlappen müssen.

Wird in ModelIDs ein Modell übergeben, das mit create_shape_model oder mit create_scaled_shape_model erzeugt wurde, wird das Modell mit einer isotropen Skalierung von 1.0 bzw. mit einer isotropen Skalierung zwischen ScaleRMin und ScaleRMax gesucht. In diesem Fall werden in ScaleR und ScaleC identische Werte zurückgeliefert.

Beachten Sie, dass in einigen Fällen Instanzen mit einer Rotation oder Skalierung gefunden werden, die geringfügig außerhalb des angegebenen Winkel- und Skalierungsbereichs liegen. Dies kann vorkommen, wenn der angegebene Bereich kleiner ist als der bei der Erstellung des Modells angegebene Bereich. AngleStart und AngleExtent sowie ScaleRMin/ScaleCMin und ScaleRMax/ScaleCMax werden nur auf der höchsten Pyramidenstufe überprüft. Matches, die auf der höchsten Pyramidenstufe gefunden werden, werden bis zur untersten Pyramidenstufe verfeinert. Aus Leistungsgründen wird bei der Verfeinerung jedoch nicht mehr überprüft, ob die Matches immer noch innerhalb der angegebenen Bereiche liegen.

MinScore: Der Parameter MinScore legt fest, welche Bewertung ein potentieller Match mindestens besitzen muss, damit er als eine Instanz des Modells im Bild angesehen wird. Je größer der Wert von MinScore gewählt werden kann, desto schneller verläuft die Suche. Falls erwartet werden kann, dass das Modell niemals verdeckt wird, kann MinScore auf so hohe Werte wie 0.8 oder sogar 0.9 gesetzt werden. Werden die Matches nicht bis zur untersten Pyramidenebene verfolgt (siehe unten) kann es in manchen Fällen vorkommen, dass Instanzen gefunden werden, deren Score geringfügig unter dem Wert von MinScore liegen.

Falls ein einzelner Wert in MinScore übergeben wird, wird dieser Wert auf alle Instanzen angewandt, die mit allen Modellen gefunden werden. Falls MinScore mehrere Einträge enthält, werden die Werte einzeln für die entsprechenden Modelle verwendet.

Falls die Formmodelle mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert wurden und dadurch *'use_clutter'* aktiviert wurde, wird in MinScore zu jedem der vorhandenen Werte für den minimalen Score ein weiterer Wert erwartet, welcher den maximalen Störwert eines potentiellen Matches angibt, um als Instanz des Modells im Bild betrachtet werden zu können. Die Laufzeit mit Nutzung von Störparametern ist mindestens so hoch wie die Laufzeit ohne Störparameter mit auf *0* gesetztem Parameter NumMatches. Die verschiedenen Formmodelle müssen den gleichen Wert für *'use_clutter'* haben.

Wird der maximale Störwert separat für jedes Modell spezifiziert, was immer dann nötig ist, wenn auch der minimale Score für jedes Modell gesetzt wird, muss in MinScore die doppelte Anzahl an Einträgen enthalten sein wie in ModelIDs. Dabei müssen der minimale Score und der maximale Störwert verschränkt in MinScore angegeben werden. Werden in ModelIDs beispielsweise zwei Modelle angegeben, wobei für Ersteres ein minimaler Score von 0.9 und für das zweite 0.8 festgelegt wird und der maximale Störwert des ersten Modells 0.1, für das zweite Modell 0.2 betragen soll, muss MinScore $= [0.9, 0.1, 0.8, 0.2]$ angegeben werden.

NumMatches: Mit NumMatches kann angegeben werden, wie viele Instanzen des Modells im Bild höchstens gefunden werden sollen. Falls mehr als NumMatches Instanzen eine Bewertung größer als MinScore erreichen, werden nur die besten NumMatches Instanzen zurückgeliefert. Falls weniger als NumMatches Instanzen gefunden werden, werden nur diese Instanzen zurückgeliefert, d.h. der Parameter MinScore hat Vorrang vor NumMatches. Sollen alle Modellinstanzen, deren Bewertung MinScore übersteigt, im Bild gefunden werden, muss NumMatches auf *0* gesetzt werden.

Beim Tracken der Matches durch die Bildpyramide werden auf jeder Ebene (außer der obersten Pyramidenstufe) weniger aussichtsreiche Matches basierend auf NumMatches verworfen. Dadurch ist es möglich, dass Matches verworfen werden, die auf der niedrigsten Pyramidenebene einen höheren Score gehabt hätten. Beispielsweise kann das dazu führen, dass der gefundene Match für NumMatches gleich *1* nicht mit dem Match mit dem höchsten Score übereinstimmt, der von NumMatches gleich *0* oder > *1* zurückgegeben wird.

Falls erwartet wird, dass mehrere Objekte mit einem ähnlichen Score gefunden werden können, aber nur das Modell mit dem höchsten Score zurückgegeben werden soll, kann es vorteilhaft sein, NumMatches zu erhöhen, und dann den Match mit dem höchsten Score auszuwählen.

Für den Fall, dass das Formmodell mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert wurde, berücksichtigt NumMatches auch den zweiten Wert, der in MinScore übergeben wird. Gefundene Instanzen weisen in diesem Fall einen Score auf, der größer als der erste Eintrag ist, sowie einen Störwert der niedriger als der zweite Eintrag ist. Ist die Anzahl gefundener Instanzen größer als NumMatches, werden die besten NumMatches Instanzen in Bezug auf ihren Störwert zurückgegeben. MinScore hat weiterhin Vorrang vor NumMatches und NumMatches muss weiterhin auf *0* gesetzt werden um alle Modellinstanzen zu erhalten, die die Bedingungen von MinScore erfüllen. Es ist zu beachten, dass beim Tracken der Matches durch die Bildpyramide keine Matches verworfen werden, wenn Störparameter verwendet werden. Die Laufzeit mit Nutzung von Störparametern ist daher mindestens so hoch wie die Laufzeit ohne Störparameter mit auf *0* gesetztem Parameter NumMatches.

Enthält NumMatches einen Wert, liefert find_aniso_shape_models die NumMatches besten Instanzen des Modells unabhängig von der Art des Modells zurück. Falls z.B. in ModelIDs zwei Modelle übergeben werden und NumMatches $= 2$ gewählt wird, kann es sein, dass zwei Instanzen des ersten Modells und keine des zweiten Modells, eine Instanz des ersten Modells und eine des zweiten Modells oder keine Instanz des ersten Modells und zwei des zweiten Modells zurückgeliefert werden. Falls hingegen NumMatches mehrere Werte enthält, werden so viele Instanzen des jeweiligen Modells in ModelIDs zurückgeliefert, wie durch das entsprechende Element von NumMatches angegeben. Falls z.B. NumMatches $= [1, 1]$ gewählt wird, wird eine Instanz des ersten Modells und eine des zweiten Modells zurückgeliefert.

MaxOverlap: Falls das Modell Symmetrien aufweist, kann es vorkommen, dass mehrere Instanzen an ähnlichen Positionen im Bild, aber mit verschiedenen Rotationen gefunden werden. Mit dem Parameter MaxOverlap kann bestimmt werden, um welchen Anteil, ausgedrückt als Zahl zwischen 0 und 1, sich zwei Instanzen höchstens überlappen dürfen, damit sie als verschieden angesehen werden, und somit zurückgeliefert werden. Falls sich zwei Instanzen um mehr als MaxOverlap überlappen, wird nur die beste gefundene Instanz zurückgeliefert. Die Berechnung der Überlappung erfolgt anhand der kleinsten umschließenden Rechtecke beliebiger Orientierung der Konturen (siehe smallest_rectangle2). Bei MaxOverlap $= 0$ dürfen sich die gefundenen Instanzen nicht überlappen, bei MaxOverlap $= 1$ werden alle gefundenen Instanzen zurückgeliefert.

Falls MaxOverlap einen Wert enthält, wird die Überlappung für alle gefundenen Instanzen des Modells unabhängig von der Art des Modells berechnet. D.h., dass sich zu viel überlappende Instanzen verschiedener und gleicher Modelle eliminiert werden. Falls hingegen mehrere Werte in MaxOverlap übergeben

werden, wird die Überlappung nur innerhalb der gefundenen Instanzen des jeweiligen Typs der Modelle in ModelIDs berechnet. D.h., es werden nur sich zu viel überlappende Instanzen gleicher Modelle eliminiert. Modelle verschiedenen Typs können sich in diesem Modus vollständig überlappen.

SubPixel: Der Parameter SubPixel gibt an, ob die Extraktion subpixelgenau erfolgen soll. Falls SubPixel auf *'none'* (oder *'false'* für Rückwärtskompatibilität) gesetzt wird, wird die Lage des Modells nur pixelgenau bzw. mit der bei create_aniso_shape_model angegebenen Winkel- und Skalierungsauflösung bestimmt. Falls SubPixel auf *'interpolation'* (oder *'true'*) gesetzt wird, werden sowohl die Position als auch die Rotation und Skalierung subpixelgenau bestimmt. Dabei wird die Lage des Modells anhand der Score-Funktion interpoliert. Dieser Modus kostet fast keine Rechenzeit und liefert in den meisten Anwendungen eine ausreichende Genauigkeit. In manchen Anwendungen ist eine möglichst hohe Genauigkeit wichtig. In diesen Fällen kann die Lage des Modells durch Ausgleichsrechnung, d.h., durch Minimierung der Abstände der Modellpunkte und der zugehörigen Bildpunkte (Least-Squares Adjustment), bestimmt werden. Im Gegensatz zu *'interpolation'* kostet dieser Modus zusätzliche Rechenzeit. Mit den verschiedenen Modi (*'least_squares'*, *'least_squares_high'* und *'least_squares_very_high'*) kann dabei die Genauigkeit festgelegt werden, mit der der minimale Abstand gesucht wird. Je höher die Genauigkeit gewählt wird, desto länger dauert allerdings auch die Subpixel-Extraktion. Im Normalfall sollte für SubPixel *'interpolation'* gewählt werden. Falls die Ausgleichsrechnung gewünscht wird, sollte *'least_squares'* gewählt werden, da sich so der optimale Kompromiss zwischen Laufzeit und Genauigkeit ergibt.

Objekte, die im Vergleich zum Modell leicht deformiert im Bild erscheinen, können in manchen Fällen entweder nicht oder nur mit einer geringen Genauigkeit gefunden werden. Für solche Objekte besteht die Möglichkeit, im Parameter SubPixel zusätzlich die maximal zulässige Objektdeformation in Pixeln anzugeben. Dies kann mit Hilfe des optionalen Parameterwertes *'max_deformation '* und einer nachfolgenden Ganzzahl zwischen *0* und *32* (im selben String), die die maximale Deformation beschreibt, erfolgen. Kann die Form des Objektes z.B. bis zu 2 Pixel von der im Modell gespeicherten Form abweichen, muss im Parameter SubPixel der Wert *'max_deformation 2'* zusätzlich zum oben beschriebenen Modus für die subpixelgenaue Extraktion übergeben werden, also z.B. *['least_squares', 'max_deformation 2']*. Mit *'max_deformation 0'* wird das Objekt ohne Deformationen gesucht, also so als ob man kein *'max_deformation '* übergeben hätte. Zu beachten ist, dass größere Werte für die maximale Deformation oft zu erhöhten Laufzeiten führen. Außerdem besteht bei einem zu großen Wert die Gefahr, dass falsche Kandidaten gefunden werden. Beide Probleme können hauptsächlich bei kleinen Objekten oder Objekten mit feinen Strukturen auftreten. Der Grund hierfür ist, dass solche Objekte durch große erlaubte Deformationen ihre für die Suche wichtige charakteristische Form verlieren. Zu beachten ist auch, dass die Genauigkeit von teilweise verdeckten Objekten für höhere Deformationen abnehmen kann wenn Störobjekte in der Nähe des Objektes vorhanden sind. Die maximale Deformation sollte demnach immer nur so groß wie nötig und so gering wie möglich gewählt werden. Näherungsweise rotationssymmetrische Objekt könnten nicht gefunden werden, falls *'max_deformation'* und AngleExtent beide auf einen Wert größer 0 gesetzt sind. In dem Fall kann es zu Mehrdeutigkeiten kommen, die nicht aufgelöst werden können, sodass der Match als falsch verworfen wird. Wenn das passiert, versuchen Sie, entweder *'max_deformation'* oder AngleExtent auf 0 zu setzen oder das Modell so zu verändern, dass weniger Symmetrien auftreten. Die Score-Berechnung bei Deformationswerten größer *0* hängt von der Art der Subpixel-Extraktion ab. In den meisten Fällen wird sich der Score eines Matches verändern, wenn man *'least_squares'*, *'least_squares_high'* oder *'least_squares_very_high'* (siehe oben) wählt (im Vergleich zu *'none'* oder *'interpolation'*). Außerdem wird sich der Score in der Regel erhöhen wenn man bei einer der Least-Squares-Adjustment-Methoden die maximale Deformation erhöht, da dann zu den Modellpunkten mehr zugehörige Bildpunkte gefunden werden können. Für einen aussagekräftigen Score und zum Vermeiden falscher Matches wird empfohlen, das Erlauben einer Deformation mit einer Subpixel-Extraktion mit einer der Least-Squares-Adjustment-Methoden zu kombinieren.

Falls die Subpixel-Extraktion und/oder die maximale Objektdeformation für jedes Modell einzeln spezifiziert werden sollen, muss in SubPixel die Subpixel-Extraktion genauso oft angegeben werden, wie die Anzahl von Elementen in ModelIDs. Nach jedem übergebenen Wert für die Subpixel-Extraktion kann optional ein zweiter Wert übergeben werden, der die maximale Objektdeformation für das jeweilige Modell beschreibt. Wird nach dem Wert für die Subpixel-Extraktion kein Wert für die Objektdeformation übergeben, wird das entsprechende Modell ohne Deformation gesucht. Falls z.B. zwei Modelle in ModelIDs angegeben sind und für das erste Modell die Subpixel-Extraktion *'interpolation'* gewählt werden soll sowie keine Objektdeformation erlaubt ist und für das zweite Modell die Subpixel-Extraktion *'least_squares'* gewünscht ist sowie eine maximale Objektdeformation von *3* Pixeln erlaubt ist, dann kann für den Parameter SubPixel das Tupel *['interpolation', 'least_squares', 'max_deformation 3']* übergeben werden. Alternativ kann auch das äquivalente Tupel *['interpolation', 'max_deformation 0', 'least_squares', 'max_deformation 3']* übergeben werden.

NumLevels: Mit NumLevels wird die Anzahl der Pyramidenebenen festgelegt, die bei der Suche verwendet werden soll. Die Anzahl der Ebenen wird gegebenenfalls auf den bei der Erzeugung mit create_aniso_shape_model angegebenen Bereich beschnitten. Falls NumLevels als *0* angegeben wird, wird die mit create_aniso_shape_model angegebene Anzahl verwendet.

In manchen Fällen kann es sein, dass die Anzahl der Pyramidenebenen, die beispielsweise automatisch mit create_aniso_shape_model ermittelt wurde, zu hoch ist. Dann werden eventuell Instanzen, die eine sehr hohe finale Bewertung gehabt hätten, bereits auf der höchsten Pyramidenebene ausgeschlossen und damit nicht gefunden. Anstatt nun MinScore auf einen sehr geringen Wert zu setzen, um alle Matches zu finden, kann der Wert von NumLevels mit get_shape_model_params ermittelt werden und dann ein etwas geringerer Wert in find_aniso_shape_models genutzt werden. Diese Herangehensweise führt oft zu besseren Ergebnissen hinsichtlich Geschwindigkeit und Robustheit.

Optional kann NumLevels einen zweiten Wert enthalten, der die unterste Pyramidenebene spezifiziert, bis auf welche die Matches verfolgt werden sollen. Ein Wert von *[4,2]* bedeutet also, dass das Matching auf der vierten Pyramidenebene begonnen wird und auf der zweituntersten Pyramidenebene beendet wird (die unterste Pyramidenebene hat den Wert 1). Dieser Mechanismus kann dazu verwendet werden, Laufzeit einzusparen. Allerdings ist in diesem Modus im Allgemeinen die Genauigkeit der gefundenen Lageparameter geringer als im Normalfall, in dem die Matches bis auf die unterste Pyramidenebene verfolgt werden. Falls eine hohe Genauigkeit erzielt werden soll, empfiehlt es sich also, mindestens *'least_squares'* für SubPixel zu verwenden.

Falls die unterste zu verwendende Pyramidenebene zu groß gewählt wird, kann es vorkommen, dass die gewünschte Genauigkeit nicht mehr erreicht werden kann, oder dass falsche Instanzen des Modells gefunden werden, weil das Modell auf den oberen Pyramidenstufen nicht eindeutig genug ist, um eine sichere Selektion der korrekten Instanz des Modells zu ermöglichen. In diesem Fall muss ein kleinerer Wert für die unterste zu verwendende Pyramidenebene gewählt werden. Falls die unterste Pyramidenebene für jedes Modell einzeln spezifiziert werden soll, müssen in NumLevels zweimal die Anzahl von Elementen in ModelIDs angegeben werden. Dabei sind die Anzahl der Pyramidenebenen und der untersten Pyramidenebenen verschränkt anzugeben. Falls z.B. zwei Modelle in ModelIDs angegeben sind, die oberste Pyramidenebene für das erste Modell 5 und für das zweite Modell 4 sein soll und die unterste Pyramidenebene für das erste Modell 2 und für das zweite 1 sein soll, so ist NumLevels $= [5, 2, 4, 1]$ zu wählen. Falls genau zwei Modelle in ModelIDs angegeben sind, ergibt sich als Spezialfall, dass, falls die unterste Pyramidenebene spezifiziert werden soll, die oberste und unterste Pyramidenebene für beide Modelle explizit spezifiziert werden muss, selbst wenn sie gleich sind. Ein Tupel der Länge zwei in NumLevels wird in diesem Fall nämlich als Spezifikation der obersten Pyramidenebene für die zwei Modelle interpretiert.

In mangelhaften Eingabebildern, d.h., in Bildern die z.B. unscharf, deformiert oder verrauscht sind, kann auf der untersten Pyramidenebene oft keine Instanz des Formmodells gefunden werden, da aufgrund der mangelhaften Bildqualität nicht genügend Kanteninformation vorhanden ist, oder die Kanten zu stark deformiert sind. Auf höheren Pyramidenebenen dagegen kann die Kanteninformation noch ausreichend sein um Instanzen des Modells zu finden, wobei auch hierbei die oben beschriebenen Einschränkungen bezüglich Genauigkeit und Robustheit gelten. Die Wahl der passenden Pyramidenebene, d.h., der untersten Pyramidenebene auf der noch eine Instanz des Modells gefunden wird, hängt sowohl vom Modell als auch vom Eingabebild ab. Diese Pyramidenebene kann also von Bild zu Bild variieren. Um das Matching auf mangelhaften Bildern zu erleichtern, kann die unterste Pyramidenebene, auf der noch eine Instanz des Modells gefunden wird, während des Matchings automatisch bestimmt werden. Um diesen als 'increased tolerance mode' bezeichneten Mechanismus zu aktivieren, muss die unterste Pyramidenebene in NumLevels negativ angegeben werden. Wird z.B. NumLevels $= [5, 2, 4, -1]$ gesetzt, so ist die unterste Pyramidenebene für das erste Modell 2. Kann auf der Pyramidenebene 2 keine Instanz des ersten Formmodells gefunden werden, so wird für dieses Modell kein Ergebnis zurückgegeben. Für das zweite Modell ist in diesem Beispiel die unterste Pyramidenebene auf *-1* gesetzt. Daher wird versucht, eine Instanz des Formmodells auf der Pyramidenebene 1 zu finden. Kann auf dieser Pyramidenebene keine Instanz gefunden werden, so wird die unterste Pyramidenebene ermittelt, auf der noch Instanzen des Modells gefunden wurden. Die Instanzen dieser Pyramidenebene werden dann als Ergebnis zurückgegeben.

Wenn ein Modell mit adapt_shape_model_high_noise angepasst wurde wird die geschätzte untere Pyramidenstufe per Standardeinstellung verwendet. Der Benutzer kann den geschätzten Wert dennoch überschreiben, indem er jeweils zwei Werte an NumLevels übergibt und damit explizit die untere Pyramidenstufe setzt.

Greediness: Der Parameter Greediness bestimmt, wie „gierig" die Suche durchgeführt werden soll. Für Greediness $= 0$ wird eine sichere Suchheuristik verwendet, die das Modell, falls im Bild vorhanden, immer findet, wenn die anderen Parameter passend gesetzt sind. Allerdings ist die Suche hiermit relativ

zeitaufwendig. Für Greediness = 1 wird eine unsicherere Suchheuristik verwendet, bei der es in seltenen Fällen vorkommen kann, dass das Modell nicht gefunden wird, obwohl es im Bild sichtbar ist. Für Greediness = 1 wird die maximale Suchgeschwindigkeit erreicht. In den allermeisten Fällen wird das Formmodell für Greediness = 0.9 immer sicher gefunden.

Ausgabeparameter im Detail

Row, Column, Angle, ScaleR, ScaleC: Die Position, Rotation und Skalierung in Zeilen- und Spaltenrichtung der gefundenen Instanzen des Modells werden in Row, Column, Angle, ScaleR und ScaleC zurückgeliefert. Die Koordinaten Row und Column sind die Koordinaten des Ursprungs des Modells im Suchbild. Normalerweise ist der Ursprung des Modells der Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des Formmodells mit create_aniso_shape_model verwendet wurde. Ein anderer Ursprung kann mit set_shape_model_origin festgelegt werden.

Beachten Sie, dass die Koordinaten Row und Column nicht exakt mit dem Ursprung des Modells übereinstimmen und daher nicht direkt verwendet werden sollten. Die Werte sind dafür optimiert, die Transformationsmatrix zu erzeugen, mit der die Matching-Ergebnisse für verschiedene Aufgaben verwendet werden können, z.B. um ROIs für andere Bildverarbeitungsschritte einem Objekt nachzuführen. Das bei find_aniso_shape_model angegebene Beispiel zeigt, wie diese Matrix erzeugt wird und wie man damit das Modell an der gefundenen Position im Suchbild visualisiert.

Beachten Sie, dass die Visualisierung aber auch mit der Prozedur dev_display_shape_matching_results realisiert werden kann.

Score: In Score wird die Bewertung der gefundenen Instanzen zurückgegeben. Die Bewertung ist eine Zahl zwischen 0 und 1 und ist ein ungefähres Maß dafür, welcher Anteil des Modells im Bild zu sehen ist. Falls z.B. die Hälfte des Modells im Bild verdeckt ist, kann die Bewertung nicht größer als 0.5 sein.

Falls das Formmodell mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert wurde, gibt Score, nach den oben genannten Werten, auch den Störwert jeder gefundenen Instanz zurück. Falls beispielsweise die Hälfte der Störregion Störkanten aufweist entspricht der Störwert 0.5. Werden z.B. zwei Instanzen gefunden, wobei für Erstere eine Bewertung von 0.9 und für die zweite 0.8 erreicht wird und der Störwert der ersten Instanz 0.2, der zweiten Instanz 0.1 ist, wird Score $= [0.9, 0.8, 0.2, 0.1]$ zurückgegeben. Es ist zu beachten, dass von sämtlichen Ergebnissen des formbasierten Matchings die Störwerte am stärksten von Beleuchtungsänderungen beeinflusst werden.

Model: Der gefundene Modelltyp wird in Model zurückgeliefert. Die Elemente von Model sind ein Index in das Tupel ModelIDs, d.h. sie können Werte von 0 bis $|\text{ModelIDs}| - 1$ enthalten. Ein Wert von 0 in einem Element von Model entspricht also einer Instanz des ersten in ModelIDs übergebenen Modells.

Setzen eines Timeout

Mittels des Operators set_shape_model_param können Sie einen *'timeout'* für find_aniso_shape_models angeben. Falls die durch ModelIDs referenzierten Modelle unterschiedliche Werte für *'timeout'* besitzen, wählt find_aniso_shape_models den niedrigsten aus. Wenn find_aniso_shape_models diesen *'timeout'* erreicht endet er ohne Ergebnis und gibt den Fehlercode 9400 (H_ERR_TIMEOUT) zurück. Abhängig von der Größe der Skalierungsintervalle, die durch ScaleRMin, ScaleRMax, ScaleCMin und ScaleCMax festgelegt werden, benötigt find_aniso_shape_models eine signifikante Zeitspanne um den Speicher für gecachte Transformationen freizugeben, falls das Modell nicht vorberechnet wurde. Da diese Transformationen auch freigegeben werden müssen nachdem ein Timeout auftritt, überschreitet find_aniso_shape_models den in *'timeout'* angegebenen Wert um diese Zeitspanne.

MinContrast bei mehreren Modellen

Wenn über den Parameter ModelIDs mehrere Modelle übergeben werden, sollten diese mit dem gleichen Wert für MinContrast erzeugt worden sein. Falls sie mit unterschiedlichen Werten für MinContrast erzeugt worden sind, wird in find_aniso_shape_models der kleinste dieser Werte verwendet.

Darstellung der Resultate

Die Verwendung der Prozedur dev_display_shape_matching_results wird zur Darstellung der Resultate formbasierten Matchings stark empfohlen.

Weitere Informationen

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild, in dem die Modelle gefunden werden sollen.

▷ **ModelIDs** (input_control) . . . . . shape_model(-array) ⇝ *handle*
Handle der Modelle.

▷ **AngleStart** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
Kleinste auftretende Rotation der Modelle.
Default: -0.39
Wertevorschläge: `AngleStart` ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}

▷ **AngleExtent** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
Ausdehnung des Winkelbereichs.
Default: 0.79
Wertevorschläge: `AngleExtent` ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39, 0.0}
Restriktion: AngleExtent >= 0

▷ **ScaleRMin** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung der Modelle in Zeilenrichtung.
Default: 0.9
Wertevorschläge: `ScaleRMin` ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleRMin > 0

▷ **ScaleRMax** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Größte auftretende Skalierung der Modelle in Zeilenrichtung.
Default: 1.1
Wertevorschläge: `ScaleRMax` ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
Restriktion: ScaleRMax >= ScaleRMin

▷ **ScaleCMin** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung der Modelle in Spaltenrichtung.
Default: 0.9
Wertevorschläge: `ScaleCMin` ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleCMin > 0

▷ **ScaleCMax** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Größte auftretende Skalierung der Modelle in Spaltenrichtung.
Default: 1.1
Wertevorschläge: `ScaleCMax` ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
Restriktion: ScaleCMax >= ScaleCMin

▷ **MinScore** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen der Modelle.
Default: 0.5
Wertevorschläge: `MinScore` ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ `MinScore` ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **NumMatches** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der zu findenden Instanzen der Modelle (oder 0 für alle Treffer).
Default: 1
Wertevorschläge: `NumMatches` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}

▷ **MaxOverlap** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Maximale Überlappung der zu findenden Instanzen der Modelle.
Default: 0.5
Wertevorschläge: `MaxOverlap` ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ `MaxOverlap` ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **SubPixel** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Subpixelgenauigkeit falls ungleich *'none'*.
Default: 'least_squares'
Wertevorschläge: `SubPixel` ∈ {'none', 'interpolation', 'least_squares', 'least_squares_high', 'least_squares_very_high', 'max_deformation 1', 'max_deformation 2', 'max_deformation 3', 'max_deformation 4', 'max_deformation 5', 'max_deformation 6'}

▷ **NumLevels** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der verwendeten Pyramidenebenen (und unterste zu verwendende Pyramidenebene falls $|\texttt{NumLevels}| = 2$).
Default: 0
Werteliste: NumLevels ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **Greediness** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
„Gierigkeit“ der Suchheuristik (0: sicher aber langsam; 1: schnell aber Matches können „übersehen“ werden).
Default: 0.9
Wertevorschläge: Greediness ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ Greediness ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **Row** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinate der gefundenen Instanzen der Modelle.

▷ **Column** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinate der gefundenen Instanzen der Modelle.

▷ **Angle** (output_control) ..... angle.rad-array ⇝ *real*
Rotationswinkel der gefundenen Instanzen der Modelle.

▷ **ScaleR** (output_control) ..... number-array ⇝ *real*
Skalierung der gefundenen Instanzen der Modelle in Zeilenrichtung.

▷ **ScaleC** (output_control) ..... number-array ⇝ *real*
Skalierung der gefundenen Instanzen der Modelle in Spaltenrichtung.

▷ **Score** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Bewertung der gefundenen Instanzen der Modelle.

▷ **Model** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Index der gefundenen Instanzen der Modelle.

Beispiel

```
read_image (Image, 'pcb_focus/pcb_focus_telecentric_061')
gen_rectangle1 (ROI_0, 236, 241, 313, 321)
gen_circle (ROI_1, 281, 653, 41)
reduce_domain (Image, ROI_0, ImageReduced1)
reduce_domain (Image, ROI_1, ImageReduced2)
create_aniso_shape_model (ImageReduced1,'auto', -0.39, 0.79, 'auto', 0.9, \
                          1.1, 'auto', 0.9, 1.1, 'auto', 'auto', \
                          'use_polarity', 'auto', 'auto', ModelID1)
create_aniso_shape_model (ImageReduced2,'auto', -0.39, 0.79, 'auto', 0.9, \
                          1.1, 'auto', 0.9, 1.1, 'auto', 'auto', \
                          'use_polarity', 'auto', 'auto', ModelID2)
ModelIDs:=[ModelID1, ModelID2]
find_aniso_shape_models(Image, ModelIDs, -0.39, 0.79, 0.9, 1.1, 0.9, 1.1, \
                        0.5, 1, 0.5, 'least_squares', 0, 0.9, Row, Column, \
                        Angle, ScaleR, ScaleC, Score, Model)
* Display results
dev_display_shape_matching_results (ModelIDs, 'red', Row, Column, Angle, \
                                    ScaleR, ScaleC, Model)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert find_aniso_shape_models den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

add_channels, create_aniso_shape_model, read_shape_model, set_shape_model_origin, set_shape_model_clutter

Nachfolger

clear_shape_model

Alternativen

find_generic_shape_model

Siehe auch

set_system, get_system, set_shape_model_param

Modul

Matching

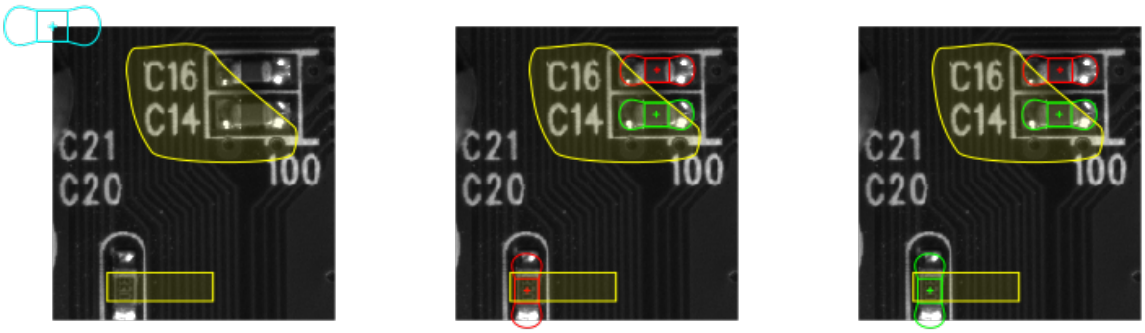
find_generic_shape_model (SearchImage : : ModelID : MatchResultID, NumMatchResult)

Suche der besten Matches eines oder mehrerer Formmodelle in einem Bild.

Der Operator find_generic_shape_model findet die besten Instanzen eines oder mehrerer Formmodelle, die in ModelID übergeben werden, im Eingabebild SearchImage. Die gefundenen Matches werden in MatchResultID zurückgegeben und können mit get_generic_shape_model_result und get_generic_shape_model_result_object abgefragt werden. Die Anzahl gefundener Matches wird in NumMatchResult zurückgegeben. Das Modell kann mit set_generic_shape_model_param und set_generic_shape_model_object parametrisiert werden, wodurch der Suchvorgang gesteuert werden kann.

Das Eingabebild SearchImage kann ein mehrkanaliges Bild sein. Welche Kanäle eines mehrkanaligen Bildes genutzt werden hängt vom Modellparameter *'metric'* (siehe set_generic_shape_model_param) ab. Die Domäne von SearchImage bestimmt die ROI für die Suche. Sie schränkt den Suchbereich ein, da sie als Begrenzung für den Schwerpunkt des Modells ModelID gilt, wodurch der Matching-Vorgang beschleunigt wird. Für Informationen zum Übergeben von Bild-Tupeln an SearchImage siehe unten. Des Weiteren ist der Suchbereich durch die Größe von SearchImage begrenzt. Standardmäßig wird ModelID nur an den Stellen der Domäne gesucht an denen ModelID komplett hineinpasst. Dementsprechend wird ModelID nicht gefunden wenn es über den Bildrand hinausragt. Dies gilt für alle Stufen der Bildpyramide.

In seltenen Fällen, welche typischerweise in künstlich erzeugten Bildern auftreten, können Instanzen von ModelID nicht im Bild gefunden werden wenn sie den Rand der Domäne auf irgendeiner Stufe der Bildpyramide berühren. Als Daumenregel kann man annehmen, dass ModelID nicht gefunden werden könnte wenn dessen Entfernung zum Bildrand kleiner als $2^{NumLevels-1}$ Pixel ist (wobei $NumLevels$ für die Anzahl an Pyramidenstufen steht). Dieses Verhalten kann mittels *'border_shape_models'* geändert werden, siehe set_generic_shape_model_param. Bei der Suche mit mehreren Modellen wird *'border_shape_models'* für alle Modelle als *'true'* behandelt, selbst wenn nur bei einem der Modelle einer Suche *'border_shape_models'* als *'true'* gilt.



(1) (2) (3)

(1) Eingabebild mit eingeschränkter Domäne (gelb) und dem Formmodell (cyan). (2) Instanzen, die zurückgegeben werden (grün) oder nicht zurückgegeben werden (rot), falls *'border_shape_models'* auf *'false'* gesetzt ist. (3) Instanzen, die zurückgegeben werden (grün) oder nicht zurückgegeben werden (rot), falls *'border_shape_models'* auf *'true'* gesetzt ist.

Werden mehrere Modelle gesucht, dann kann der Suchbereich für alle Modelle gleichzeitig eingeschränkt werden indem ein einzelnes Bild mit reduzierter Domäne in `SearchImage` übergeben wird.

Alternativ kann der Suchbereich auch für jedes Modell individuell eingeschränkt werden indem ein Objekt mit mehreren Bildobjekten übergeben wird, eins für jedes Modell in `ModelID`. Der Suchbereich wird dann jeweils über die Domäne des entsprechenden Bildes bestimmt. Abgesehen von der Domäne müssen die Bilder gleich sein, d.h., die Pointer der einzelnen Bilder müssen das gleiche Bild referenzieren und somit identisch sein. Siehe `get_image_pointer1` zum Überprüfen der Pointer.

Werden mehrere Modelle angewendet, müssen diese unterschiedliche Identifikatoren (*'model_identifier'*) aufweisen. Dadurch kann jede gefundene Instanz dem entsprechenden Formmodell mit dem es gefunden wurde zugeordnet werden. Ist dies nicht der Fall wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Parameter

- ▷ **`SearchImage`** (input_object) ..... (multichannel-)object(-array) ⇝ *object*
  Bild, in dem das Modell gesucht wird.
- ▷ **`ModelID`** (input_control) ..... shape_model(-array) ⇝ *handle*
  Handle des Formmodells.
- ▷ **`MatchResultID`** (output_control) ..... generic_shape_model_result ⇝ *handle*
  Handle der gefundenen Matches.
- ▷ **`NumMatchResult`** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl gefundener Matches.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `find_generic_shape_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`train_generic_shape_model`, `set_generic_shape_model_param`

Modul

Matching

```
find_scaled_shape_model ( Image : : ModelID, AngleStart,
    AngleExtent, ScaleMin, ScaleMax, MinScore, NumMatches,
    MaxOverlap, SubPixel, NumLevels, Greediness : Row, Column, Angle,
    Scale, Score )
```

Suche der besten Matches eines isotrop skalierten Formmodells in einem Bild.

find_scaled_shape_model findet die besten NumMatches Instanzen des isotrop skalierten Formmodells ModelID im Eingabebild Image. Das Modell muss zuvor mit create_scaled_shape_model erzeugt oder mit read_shape_model eingelesen worden sein.

Die Position, Rotation und Skalierung der gefundenen Instanzen des Modells werden in Row, Column, Angle und Scale zurückgeliefert. In Score wird die Bewertung der gefundenen Instanzen zurückgegeben. Nähere Informationen finden Sie in den parameterspezifischen Abschnitten.

Eingabeparameter im Detail

Image und seine Region: Der Definitionsbereich des Bildes Image gibt den Suchbereich für den Referenzpunkt des Modells an, d.h. für den Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des Formmodells mit create_scaled_shape_model verwendet wurde. Ein eventuell mit set_shape_model_origin anders gesetzter Ursprung wird nicht berücksichtigt. Das Modell wird innerhalb des Definitionsbereiches des Eingabebildes nur an den Stellen gesucht, an denen das Modell vollständig in das Bild passt. Das bedeutet, dass das Modell nicht gefunden werden kann, wenn es aus dem Bild herausragt, selbst wenn es eine Bewertung größer als MinScore erreichen würde (siehe unten). Außerdem kann es sein, dass das Modell, wenn es in einer der Pyramidenebenen den Bildrand berührt, ebenfalls nicht gefunden wird, auch wenn es im ursprünglichen Bild vollständig enthalten ist. Als Daumenregel gilt hier, dass das Modell dann nicht gefunden werden könnte, wenn seine Distanz zum Bildrand unter $2^{NumLevels-1}$ fällt. Dieses Verhalten kann mit set_system('border_shape_models','true') für alle Modelle oder mit set_shape_model_param(ModelID,'border_shape_models','true') speziell für ein Modell umgestellt werden, so dass auch Modelle gefunden werden, die aus dem Bild herausragen, falls sie eine Bewertung größer als MinScore erreichen. Dabei werden Punkte außerhalb des Bildes als verdeckt angesehen, d.h. sie verringern die Bewertung. Es ist zu beachten, dass dieser Modus die Laufzeit der Suche erhöht. Es ist weiter zu beachten, dass in seltenen Fällen, die typischerweise nur in künstlichen Bildern auftreten, auch dann kein Modell gefunden wird, wenn das Modell in einer Pyramidenebene die reduzierte Bilddomäne berührt. In diesem Fall kann es helfen, die Region der Domäne um $2^{NumLevels-1}$, z.B., mit dilation_circle zu vergrößern.

AngleStart, AngleExtent, ScaleMin, ScaleMax: Die Parameter AngleStart und AngleExtent legen den Winkelbereich fest, in dem nach dem Modell gesucht wird. Die Parameter ScaleMin und ScaleMax legen den Bereich der Skalierungen fest, in dem nach dem Modell gesucht wird. Der Winkel- und Skalierungsbereich wird gegebenenfalls auf den Bereich beschnitten, der bei der Erzeugung des Modells mit create_scaled_shape_model angegeben worden ist. Dies bedeutet insbesondere, dass die Winkelbereiche des Modells und der Suche sich überlappen müssen.

Beachten Sie, dass in einigen Fällen Instanzen mit einer Rotation oder Skalierung gefunden werden, die geringfügig außerhalb des angegebenen Winkel- und Skalierungsbereichs liegen. Dies kann vorkommen, wenn der angegebene Bereich kleiner ist als der bei der Erstellung des Modells angegebene Bereich. AngleStart und AngleExtent sowie ScaleMin und ScaleMax werden nur auf der höchsten Pyramidenstufe überprüft. Matches, die auf der höchsten Pyramidenstufe gefunden werden, werden bis zur untersten Pyramidenstufe verfeinert. Aus Leistungsgründen wird bei der Verfeinerung jedoch nicht mehr überprüft, ob die Matches immer noch innerhalb der angegebenen Bereiche liegen.

MinScore: Der Parameter MinScore legt fest, welche Bewertung ein potentieller Match mindestens besitzen muss, damit er als eine Instanz des Modells im Bild angesehen wird. Je größer der Wert von MinScore gewählt werden kann, desto schneller verläuft die Suche. Falls erwartet werden kann, dass das Modell niemals verdeckt wird, kann MinScore auf so hohe Werte wie 0.8 oder sogar 0.9 gesetzt werden. Werden die Matches nicht bis zur untersten Pyramidenebene verfolgt (siehe unten) kann es in manchen Fällen vorkommen, dass Instanzen gefunden werden, deren Score geringfügig unter dem Wert von MinScore liegen.

Falls das Formmodell mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert wurde und dadurch *'use_clutter'* aktiviert wurde, erwartet MinScore einen zweiten Wert, welcher den maximalen Störwert eines potentiellen Matches angibt, um als Instanz des Modells im Bild betrachtet werden zu können. Die Laufzeit mit Nutzung von Störparametern ist mindestens so hoch wie die Laufzeit ohne Störparameter mit auf *0* gesetztem Parameter NumMatches.

NumMatches: Mit NumMatches kann angegeben werden, wie viele Instanzen des Modells im Bild höchstens gefunden werden sollen. Falls mehr als NumMatches Instanzen eine Bewertung größer als MinScore erreichen, werden nur die besten NumMatches Instanzen zurückgeliefert. Falls weniger als NumMatches Instanzen gefunden werden, werden nur diese Instanzen zurückgeliefert, d.h. der Parameter MinScore hat Vorrang vor NumMatches. Sollen alle Modellinstanzen, deren Bewertung MinScore übersteigt, im Bild gefunden werden, muss NumMatches auf *0* gesetzt werden.

Beim Tracken der Matches durch die Bildpyramide werden auf jeder Ebene (außer der obersten Pyramidenstufe) weniger aussichtsreiche Matches basierend auf NumMatches verworfen. Dadurch ist es möglich, dass Matches verworfen werden, die auf der niedrigsten Pyramidenebene einen höheren Score gehabt hätten. Beispielsweise kann das dazu führen, dass der gefundene Match für NumMatches gleich *1* nicht mit dem Match mit dem höchsten Score übereinstimmt, der von NumMatches gleich *0* oder > *1* zurückgegeben wird.

Falls erwartet wird, dass mehrere Objekte mit einem ähnlichen Score gefunden werden können, aber nur das Modell mit dem höchsten Score zurückgegeben werden soll, kann es vorteilhaft sein, NumMatches zu erhöhen, und dann den Match mit dem höchsten Score auszuwählen.

Für den Fall, dass das Formmodell mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert wurde, berücksichtigt NumMatches auch den zweiten Wert, der in MinScore übergeben wird. Gefundene Instanzen weisen in diesem Fall einen Score auf, der größer als der erste Eintrag ist, sowie einen Störwert der niedriger als der zweite Eintrag ist. Ist die Anzahl gefundener Instanzen größer als NumMatches, werden die besten NumMatches Instanzen in Bezug auf ihren Störwert zurückgegeben. MinScore hat weiterhin Vorrang vor NumMatches und NumMatches muss weiterhin auf *0* gesetzt werden um alle Modellinstanzen zu erhalten, die die Bedingungen von MinScore erfüllen. Es ist zu beachten, dass beim Tracken der Matches durch die Bildpyramide keine Matches verworfen werden, wenn Störparameter verwendet werden. Die Laufzeit mit Nutzung von Störparametern ist daher mindestens so hoch wie die Laufzeit ohne Störparameter mit auf *0* gesetztem Parameter NumMatches.

MaxOverlap: Falls das Modell Symmetrien aufweist, kann es vorkommen, dass mehrere Instanzen an ähnlichen Positionen im Bild, aber mit verschiedenen Rotationen gefunden werden. Mit dem Parameter MaxOverlap kann bestimmt werden, um welchen Anteil, ausgedrückt als Zahl zwischen 0 und 1, sich zwei Instanzen höchstens überlappen dürfen, damit sie als verschieden angesehen werden, und somit zurückgeliefert werden. Falls sich zwei Instanzen um mehr als MaxOverlap überlappen, wird nur die beste gefundene Instanz zurückgeliefert. Die Berechnung der Überlappung erfolgt anhand der kleinsten umschließenden Rechtecke beliebiger Orientierung der Konturen (siehe smallest_rectangle2). Bei MaxOverlap $= 0$ dürfen sich die gefundenen Instanzen nicht überlappen, bei MaxOverlap $= 1$ werden alle gefundenen Instanzen zurückgeliefert.

SubPixel: Der Parameter SubPixel gibt an, ob die Extraktion subpixelgenau erfolgen soll. Falls SubPixel auf *'none'* (oder *'false'* für Rückwärtskompatibilität) gesetzt wird, wird die Lage des Modells nur pixelgenau bzw. mit der bei create_scaled_shape_model angegebenen Winkel- und Skalierungsauflösung bestimmt. Falls SubPixel auf *'interpolation'* (oder *'true'*) gesetzt wird, werden sowohl die Position als auch die Rotation und Skalierung subpixelgenau bestimmt. Dabei wird die Lage des Modells anhand der Score-Funktion interpoliert. Dieser Modus kostet fast keine Rechenzeit und liefert in den meisten Anwendungen eine ausreichende Genauigkeit. In manchen Anwendungen ist eine möglichst hohe Genauigkeit wichtig. In diesen Fällen kann die Lage des Modells durch Ausgleichsrechnung, d.h., durch Minimierung der Abstände der Modellpunkte und der zugehörigen Bildpunkte (Least-Squares Adjustment), bestimmt werden. Im Gegensatz zu *'interpolation'* kostet dieser Modus zusätzliche Rechenzeit. Mit den verschiedenen Modi (*'least_squares'*, *'least_squares_high'* und *'least_squares_very_high'*) kann dabei die Genauigkeit festgelegt werden, mit der der minimale Abstand gesucht wird. Je höher die Genauigkeit gewählt wird, desto länger dauert allerdings auch die Subpixel-Extraktion. Im Normalfall sollte für SubPixel *'interpolation'* gewählt werden. Falls die Ausgleichsrechnung gewünscht wird, sollte *'least_squares'* gewählt werden, da sich so der optimale Kompromiss zwischen Laufzeit und Genauigkeit ergibt.

Objekte, die im Vergleich zum Modell leicht deformiert im Bild erscheinen, können in manchen Fällen entweder nicht oder nur mit einer geringen Genauigkeit gefunden werden. Für solche Objekte besteht die Möglichkeit, im Parameter SubPixel zusätzlich die maximal zulässige Objektdeformation in Pixeln anzugeben. Dies kann mit Hilfe des optionalen Parameterwertes *'max_deformation '* und einer nachfolgenden Ganzzahl zwischen *0* und *32* (im selben String), die die maximale Deformation beschreibt, erfolgen. Kann die Form des Objektes z.B. bis zu 2 Pixel von der im Modell gespeicherten Form abweichen, muss im Parameter SubPixel der Wert *'max_deformation 2'* zusätzlich zum oben beschriebenen Modus für die subpixelgenaue Extraktion übergeben werden, also z.B. *['least_squares', 'max_deformation 2']*. Mit *'max_deformation 0'* wird das Objekt ohne Deformationen gesucht, also so als ob man kein *'max_deformation '* übergeben hätte. Zu beachten ist, dass größere Werte für die maximale Deformation oft zu erhöhten Laufzeiten führen. Außerdem besteht bei einem zu großen Wert die Gefahr, dass falsche Kandidaten gefunden werden. Beide Probleme können hauptsächlich bei kleinen Objekten oder Objekten mit feinen Strukturen auftreten. Der Grund hierfür ist, dass solche Objekte durch große erlaubte Deformationen ihre für die Suche wichtige charakteristische Form verlieren. Zu beachten ist auch, dass die Genauigkeit von teilweise verdeckten Objekten für höhere Deformationen abnehmen kann wenn Störobjekte in der Nähe des Objektes vorhanden sind. Die maximale Deformation sollte demnach immer nur so groß wie nötig und so gering wie möglich gewählt werden. Nä-

herungsweise rotationssymmetrische Objekt könnten nicht gefunden werden, falls *'max_deformation'* und AngleExtent beide auf einen Wert größer 0 gesetzt sind. In dem Fall kann es zu Mehrdeutigkeiten kommen, die nicht aufgelöst werden können, sodass der Match als falsch verworfen wird. Wenn das passiert, versuchen Sie, entweder *'max_deformation'* oder AngleExtent auf 0 zu setzen oder das Modell so zu verändern, dass weniger Symmetrien auftreten. Die Score-Berechnung bei Deformationswerten größer *0* hängt von der Art der Subpixel-Extraktion ab. In den meisten Fällen wird sich der Score eines Matches verändern, wenn man *'least_squares'*, *'least_squares_high'* oder *'least_squares_very_high'* (siehe oben) wählt (im Vergleich zu *'none'* oder *'interpolation'*). Außerdem wird sich der Score in der Regel erhöhen wenn man bei einer der Least-Squares-Adjustment-Methoden die maximale Deformation erhöht, da dann zu den Modellpunkten mehr zugehörige Bildpunkte gefunden werden können. Für einen aussagekräftigen Score und zum Vermeiden falscher Matches wird empfohlen, das Erlauben einer Deformation mit einer Subpixel-Extraktion mit einer der Least-Squares-Adjustment-Methoden zu kombinieren.

NumLevels: Mit NumLevels wird die Anzahl der Pyramidenebenen festgelegt, die bei der Suche verwendet werden soll. Die Anzahl der Ebenen wird gegebenenfalls auf den bei der Erzeugung mit create_scaled_shape_model angegebenen Bereich beschnitten. Falls NumLevels als *0* angegeben wird, wird die mit create_scaled_shape_model angegebene Anzahl verwendet.

In manchen Fällen kann es sein, dass die Anzahl der Pyramidenebenen, die beispielsweise automatisch mit create_scaled_shape_model ermittelt wurde, zu hoch ist. Dann werden eventuell Instanzen, die eine sehr hohe finale Bewertung gehabt hätten, bereits auf der höchsten Pyramidenebene ausgeschlossen und damit nicht gefunden. Anstatt nun MinScore auf einen sehr geringen Wert zu setzen, um alle Matches zu finden, kann der Wert von NumLevels mit get_shape_model_params ermittelt werden und dann ein etwas geringerer Wert in find_scaled_shape_model genutzt werden. Diese Herangehensweise führt oft zu besseren Ergebnissen hinsichtlich Geschwindigkeit und Robustheit.

Optional kann NumLevels einen zweiten Wert enthalten, der die unterste Pyramidenebene spezifiziert, bis auf welche die Matches verfolgt werden sollen. Ein Wert von *[4,2]* bedeutet also, dass das Matching auf der vierten Pyramidenebene begonnen wird und auf der zweituntersten Pyramidenebene beendet wird (die unterste Pyramidenebene hat den Wert 1). Dieser Mechanismus kann dazu verwendet werden, Laufzeit einzusparen. Allerdings ist in diesem Modus im Allgemeinen die Genauigkeit der gefundenen Lageparameter geringer als im Normalfall, in dem die Matches bis auf die unterste Pyramidenebene verfolgt werden. Falls eine hohe Genauigkeit erzielt werden soll, empfiehlt es sich also, mindestens *'least_squares'* für SubPixel zu verwenden. Falls die unterste zu verwendende Pyramidenebene zu groß gewählt wird, kann es vorkommen, dass die gewünschte Genauigkeit nicht mehr erreicht werden kann, oder dass falsche Instanzen des Modells gefunden werden, weil das Modell auf den oberen Pyramidenstufen nicht eindeutig genug ist, um eine sichere Selektion der korrekten Instanz des Modells zu ermöglichen. In diesem Fall muss ein kleinerer Wert für die unterste zu verwendende Pyramidenebene gewählt werden.

In mangelhaften Eingabebildern, d.h., in Bildern die z.B. unscharf, deformiert oder verrauscht sind, kann auf der untersten Pyramidenebene oft keine Instanz des Formmodells gefunden werden, da aufgrund der mangelhaften Bildqualität nicht genügend Kanteninformation vorhanden ist, oder die Kanten zu stark deformiert sind. Auf höheren Pyramidenebenen dagegen kann die Kanteninformation noch ausreichend sein um Instanzen des Modells zu finden, wobei auch hierbei die oben beschriebenen Einschränkungen bezüglich Genauigkeit und Robustheit gelten. Die Wahl der passenden Pyramidenebene, d.h., der untersten Pyramidenebene auf der noch eine Instanz des Modells gefunden wird, hängt sowohl vom Modell als auch vom Eingabebild ab. Diese Pyramidenebene kann also von Bild zu Bild variieren. Um das Matching auf mangelhaften Bildern zu erleichtern, kann die unterste Pyramidenebene, auf der noch eine Instanz des Modells gefunden wird, während des Matchings automatisch bestimmt werden. Um diesen als 'increased tolerance mode' bezeichneten Mechanismus zu aktivieren, muss die unterste Pyramidenebene in NumLevels negativ angegeben werden. Wird z.B. NumLevels $= [4, -2]$ gesetzt, so wird das Matching auf der vierten Pyramidenebene begonnen und auf der zweituntersten Pyramidenebene beendet. Es wird also versucht, eine Instanz des Formmodells auf der Pyramidenebene 2 zu finden. Kann auf dieser Pyramidenebene keine Instanz gefunden werden, so wird die unterste Pyramidenebene ermittelt, auf der noch Instanzen des Modells gefunden wurden. Die Instanzen dieser Pyramidenebene werden dann als Ergebnis zurückgegeben.

Wenn ModelID mit adapt_shape_model_high_noise angepasst wurde, wird die geschätzte untere Pyramidenstufe per Standardeinstellung verwendet. Der Benutzer kann den geschätzten Wert dennoch überschreiben, indem er zwei Werte an NumLevels übergibt und damit explizit die untere Pyramidenstufe setzt.

Greediness: Der Parameter Greediness bestimmt, wie „gierig“ die Suche durchgeführt werden soll. Für Greediness $= 0$ wird eine sichere Suchheuristik verwendet, die das Modell, falls im Bild vorhanden, immer findet, wenn die anderen Parameter passend gesetzt sind. Allerdings ist die Suche hiermit relativ zeitaufwendig. Für Greediness $= 1$ wird eine unsicherere Suchheuristik verwendet, bei der es in sel-

tenen Fällen vorkommen kann, dass das Modell nicht gefunden wird, obwohl es im Bild sichtbar ist. Für `Greediness` $= 1$ wird die maximale Suchgeschwindigkeit erreicht. In den allermeisten Fällen wird das Formmodell für `Greediness` $= 0.9$ immer sicher gefunden.

Ausgabeparameter im Detail

`Row`, `Column`, `Angle` und `Scale`: Die Position, Rotation und Skalierung der gefundenen Instanzen des Modells werden in `Row`, `Column`, `Angle` und `Scale` zurückgeliefert. Die Koordinaten `Row` und `Column` beschreiben die Position des Ursprungs des Modells im Suchbild. Die Werte sind allerdings bereits geringfügig angepasst, so dass sie direkt zur Erstellung einer Transformationsmatrix verwendet werden können, die für ein Alignment oder die Visualisierung der Modellkanten benötigt wird. Diese Anpassung der Koordinaten hat mit der Art und Weise zu tun, in der HALCON ikonische Objekte transformiert, siehe hierzu `affine_trans_pixel`. Das Beispiel weiter unten zeigt, wie die Transformationsmatrix erzeugt wird und wie man damit das Modell an der gefundenen Position im Suchbild visualisiert.

Normalerweise ist der Ursprung des Modells der Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des Formmodells mit `create_scaled_shape_model` verwendet wurde. Ein anderer Ursprung kann mit `set_shape_model_origin` festgelegt werden.

`Score`: In `Score` wird die Bewertung der gefundenen Instanzen zurückgegeben. Die Bewertung ist eine Zahl zwischen 0 und 1 und ist ein ungefähres Maß dafür, welcher Anteil des Modells im Bild zu sehen ist. Falls z.B. die Hälfte des Modells im Bild verdeckt ist, kann die Bewertung nicht größer als 0.5 sein.

Falls das Formmodell mit `set_shape_model_clutter` um Störparameter erweitert wurde, gibt `Score`, nach den oben genannten Werten, auch den Störwert jeder gefundenen Instanz zurück. Falls beispielsweise die Hälfte der Störregion Störkanten aufweist entspricht der Störwert 0.5. Werden z.B. zwei Instanzen gefunden, wobei für Erstere eine Bewertung von 0.9 und für die zweite 0.8 erreicht wird und der Störwert der ersten Instanz 0.2, der zweiten Instanz 0.1 ist, wird `Score` $= [0.9, 0.8, 0.2, 0.1]$ zurückgegeben. Es ist zu beachten, dass von sämtlichen Ergebnissen des formbasierten Matchings die Störwerte am stärksten von Beleuchtungsänderungen beeinflusst werden.

Setzen eines Timeout

Mittels des Operators `set_shape_model_param` können Sie einen *'timeout'* für `find_scaled_shape_model` angeben. Wenn `find_scaled_shape_model` diesen *'timeout'* erreicht endet er ohne Ergebnis und gibt den Fehlercode 9400 (H_ERR_TIMEOUT) zurück. Abhängig von der Größe des Skalierungsintervalls, das durch `ScaleMin` und `ScaleMax` festgelegt wird, benötigt `find_scaled_shape_model` eine signifikante Zeitspanne um den Speicher für gecachte Transformationen freizugeben, falls das Modell nicht vorberechnet wurde. Da diese Transformationen auch freigegeben werden müssen nachdem ein Timeout auftritt, überschreitet `find_scaled_shape_model` den in *'timeout'* angegebenen Wert um diese Zeitspanne.

Darstellung der Resultate

Die Verwendung der Prozedur `dev_display_shape_matching_results` wird zur Darstellung der Resultate formbasierten Matchings stark empfohlen.

Weitere Informationen

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild, in dem das Modell gefunden werden soll.

▷ **`ModelID`** (input_control) ..... shape_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

▷ **`AngleStart`** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
Kleinste auftretende Rotation des Modells.
Default: -0.39
Wertevorschläge: `AngleStart` ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}

▷ **`AngleExtent`** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
Ausdehnung des Winkelbereichs.
Default: 0.78
Wertevorschläge: `AngleExtent` ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39, 0.0}
Restriktion: AngleExtent >= 0

▷ **ScaleMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung des Modells.
Default: 0.9
Wertevorschläge: ScaleMin ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleMin > 0

▷ **ScaleMax** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Größte auftretende Skalierung des Modells.
Default: 1.1
Wertevorschläge: ScaleMax ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
Restriktion: ScaleMax >= ScaleMin

▷ **MinScore** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen des Modells.
Default: 0.5
Wertevorschläge: MinScore ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ MinScore ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **NumMatches** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der zu findenden Instanzen des Modells (oder 0 für alle Treffer).
Default: 1
Wertevorschläge: NumMatches ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}

▷ **MaxOverlap** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximale Überlappung der zu findenden Instanzen des Modells.
Default: 0.5
Wertevorschläge: MaxOverlap ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ MaxOverlap ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **SubPixel** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Subpixelgenauigkeit falls ungleich *'none'*.
Default: 'least_squares'
Wertevorschläge: SubPixel ∈ {'none', 'interpolation', 'least_squares', 'least_squares_high', 'least_squares_very_high', 'max_deformation 1', 'max_deformation 2', 'max_deformation 3', 'max_deformation 4', 'max_deformation 5', 'max_deformation 6'}

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der verwendeten Pyramidenebenen (und unterste zu verwendende Pyramidenebene falls |NumLevels| = 2).
Default: 0
Werteliste: NumLevels ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **Greediness** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
„Gierigkeit“ der Suchheuristik (0: sicher aber langsam; 1: schnell aber Matches können „übersehen“ werden).
Default: 0.9
Wertevorschläge: Greediness ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ Greediness ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **Row** (output_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinate der gefundenen Instanzen des Modells.

▷ **Column** (output_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinate der gefundenen Instanzen des Modells.

▷ **Angle** (output_control) . . . . . angle.rad-array ⇝ *real*
Rotationswinkel der gefundenen Instanzen des Modells.

▷ **Scale** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Skalierung der gefundenen Instanzen des Modells.

▷ **Score** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Bewertung der gefundenen Instanzen des Modells.

Beispiel

```
create_scaled_shape_model (ImageReduced, 0, rad(-45), rad(180), 0, \
                           0.9, 1.1, 0, 'none', 'use_polarity', \
                           30, 10, ModelID)
get_shape_model_contours (ModelXLD, ModelID, 1)
find_scaled_shape_model (SearchImage, ModelID, rad(-45), rad(180), \
                         0.9, 1.1, 0.5, 1, 0.5, 'interpolation', \
                         0, 0, Row, Column, Angle, Scale, Score)
* Create transformation matrix
vector_angle_to_rigid (0, 0, 0, Row, Column, Angle, HomMat2DTmp)
hom_mat2d_scale (HomMat2DTmp, Scale, Scale, Row, Column, HomMat2DObject)
* Calculate true position of the model origin in the search image
affine_trans_pixel (HomMat2DObject, 0, 0, RowObject, ColObject)
* Display results
dev_display_shape_matching_results (ModelID, 'red', Row, Column, Angle, \
                    Scale, 1, 0)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `find_scaled_shape_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`create_scaled_shape_model`, `read_shape_model`, `set_shape_model_origin`, `set_shape_model_clutter`

Nachfolger

`clear_shape_model`

Alternativen

`find_generic_shape_model`

Siehe auch

`set_system`, `get_system`, `set_shape_model_param`

Modul

Matching

find_scaled_shape_models (Image : : ModelIDs, AngleStart, AngleExtent, ScaleMin, ScaleMax, MinScore, NumMatches, MaxOverlap, SubPixel, NumLevels, Greediness : Row, Column, Angle, Scale, Score, Model)

Suche der besten Matches mehrerer isotrop skalierter Formmodelle.

`find_scaled_shape_models` findet die besten `NumMatches` Instanzen der isotrop skalierten Formmodelle, die in `ModelIDs` übergeben werden, im Eingabebild `Image`. Die Modelle müssen zuvor mit `create_scaled_shape_model` erzeugt oder mit `read_shape_model` eingelesen worden sein. Im Gegensatz zu `find_scaled_shape_model` kann also eine Mehrzahl von Modellen gleichzeitig im selben Bild gesucht werden.

Die Position, Rotation und Skalierung der gefundenen Instanzen des Modells werden in `Row`, `Column`, `Angle` und `Scale` zurückgeliefert. In `Score` wird die Bewertung der gefundenen Instanzen zurückgegeben. Der gefundene Modelltyp wird in `Model` zurückgeliefert. Nähere Informationen finden Sie in den parameterspezifischen Abschnitten.

Besonderheiten der Parametersemantik

Gegenüber `find_scaled_shape_model` unterscheidet sich die Semantik aller Eingabeparameter etwas. Alle Eingabeparameter müssen entweder genau ein Element enthalten, oder dieselbe Anzahl von Elementen wie `ModelIDs`. (`NumLevels` kann auch zwei oder zweimal die Anzahl von Elementen wie `ModelIDs` enthalten; siehe unten.) Im ersten Fall wird der Wert des Eingabeparameters für alle Modelle gleich verwendet. Im zweiten Fall wird das jeweilige Element des Eingabeparameters für das entsprechende Modell in `ModelIDs` verwendet. Zusätzliche Details können in den parameterspezifischen Abschnitten weiter unten gefunden werden. Ein Aufruf von `find_scaled_shape_models` mit mehreren Werten für `ModelIDs`, `NumMatches` und `MaxOverlap` entspricht von der Wirkung her also mehreren unabhängigen Aufrufen von `find_scaled_shape_model` mit den jeweiligen Parametern, ist allerdings wesentlich effizienter.

Eingabeparameter im Detail

`Image` und seine Region: Der Definitionsbereich des Bildes `Image` gibt den Suchbereich für den Referenzpunkt des Modells an, d.h. für den Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des Formmodells mit `create_scaled_shape_model` verwendet wurde. Ein eventuell mit `set_shape_model_origin` anders gesetzter Ursprung wird nicht berücksichtigt. Das Modell wird innerhalb des Definitionsbereiches des Eingabebildes nur an den Stellen gesucht, an denen das Modell vollständig in das Bild passt. Das bedeutet, dass das Modell nicht gefunden werden kann, wenn es aus dem Bild herausragt, selbst wenn es eine Bewertung größer als `MinScore` erreichen würde (siehe unten). Außerdem kann es sein, dass das Modell, wenn es in einer der Pyramidenebenen den Bildrand berührt, ebenfalls nicht gefunden wird, auch wenn es im ursprünglichen Bild vollständig enthalten ist. Als Daumenregel gilt hier, dass das Modell dann nicht gefunden werden könnte, wenn seine Distanz zum Bildrand unter $2^{NumLevels-1}$ fällt. Dieses Verhalten kann mit `set_system('border_shape_models','true')` für alle Modelle oder mit `set_shape_model_param(ModelID,'border_shape_models','true')` speziell für ein Modell umgestellt werden, so dass auch Modelle gefunden werden, die aus dem Bild herausragen, falls sie eine Bewertung größer als `MinScore` erreichen. Dabei werden Punkte außerhalb des Bildes als verdeckt angesehen, d.h. sie verringern die Bewertung. Es ist zu beachten, dass dieser Modus die Laufzeit der Suche erhöht. Bei der Suche mit mehreren Modellen wird *'border_shape_models'* für alle Modelle als *'true'* behandelt, selbst wenn nur bei einem der Modelle einer Suche *'border_shape_models'* als *'true'* gilt. Es ist weiter zu beachten, dass in seltenen Fällen, die typischerweise nur in künstlichen Bildern auftreten, auch dann kein Modell gefunden wird, wenn das Modell in einer Pyramidenebene die reduzierte Bilddomäne berührt. In diesem Fall kann es helfen, die Region der Domäne um $2^{NumLevels-1}$, z.B., mit `dilation_circle` zu vergrößern.

Wie üblich wird die Region des Eingabebildes `Image` als Suchbereich für den Referenzpunkt der Modelle `ModelIDs` verwendet. Konsistent mit der obigen Semantik kann `Image` also ein einzelnes Bildobjekt beinhalten oder ein Bildobjekttupel. Falls `Image` ein einzelnes Bildobjekt enthält, wird dessen Region als Suchbereich für alle Modelle in `ModelIDs` verwendet. Falls `Image` mehrere Bildobjekte enthält, wird die jeweilige Region als Suchbereich für das entsprechende Modell aus `ModelIDs` verwendet. In diesem Fall müssen die Bilder, abgesehen von ihrer Region, identisch sein, d.h. ihre Pointer müssen das gleiche Bild referenzieren und somit identisch sein (siehe `get_image_pointer1` zum Überprüfen der Pointer). Folglich kann `Image` nicht in beliebiger Weise mit `concat_obj` aufgebaut werden, sondern muss aus demselben Bild mit `add_channels` oder äquivalenten Aufrufen erzeugt werden. Falls das nicht der Fall ist, wird eine Fehlermeldung zurückgeliefert.

`AngleStart`, `AngleExtent`, `ScaleMin`, `ScaleMax`: Die Parameter `AngleStart` und `AngleExtent` legen den Winkelbereich fest, in dem nach dem Modell gesucht wird. Die Parameter `ScaleMin` und `ScaleMax` legen den Bereich der Skalierungen fest, in dem nach dem Modell gesucht wird. Der Winkel- und Skalierungsbereich wird gegebenenfalls auf den Bereich beschnitten, der bei der Erzeugung des Modells mit `create_scaled_shape_model` angegeben worden ist. Dies bedeutet insbesondere, dass die Winkelbereiche des Modells und der Suche sich überlappen müssen.

Beachten Sie, dass in einigen Fällen Instanzen mit einer Rotation oder Skalierung gefunden werden, die geringfügig außerhalb des angegebenen Winkel- und Skalierungsbereichs liegen. Dies kann vorkommen, wenn der angegebene Bereich kleiner ist als der bei der Erstellung des Modells angegebene Bereich. `AngleStart` und `AngleExtent` sowie `ScaleMin` und `ScaleMax` werden nur auf der höchsten Pyramidenstufe überprüft. Matches, die auf der höchsten Pyramidenstufe gefunden werden, werden bis zur untersten Pyramidenstufe verfeinert. Aus Leistungsgründen wird bei der Verfeinerung jedoch nicht mehr überprüft, ob die Matches immer noch innerhalb der angegebenen Bereiche liegen.

`MinScore`: Der Parameter `MinScore` legt fest, welche Bewertung ein potentieller Match mindestens besitzen muss, damit er als eine Instanz des Modells im Bild angesehen wird. Je größer der Wert von `MinScore` ge-

wählt werden kann, desto schneller verläuft die Suche. Falls erwartet werden kann, dass das Modell niemals verdeckt wird, kann MinScore auf so hohe Werte wie 0.8 oder sogar 0.9 gesetzt werden. Werden die Matches nicht bis zur untersten Pyramidenebene verfolgt (siehe unten) kann es in manchen Fällen vorkommen, dass Instanzen gefunden werden, deren Scores geringfügig unter dem Wert von MinScore liegen.

Falls ein einzelner Wert in MinScore übergeben wird, wird dieser Wert auf alle Instanzen angewandt, die mit allen Modellen gefunden werden. Falls MinScore mehrere Einträge enthält, werden die Werte einzeln für die entsprechenden Modelle verwendet.

Falls die Formmodelle mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert wurden und dadurch *'use_clutter'* aktiviert wurde, wird in MinScore zu jedem der vorhandenen Werte für den minimalen Score ein weiterer Wert erwartet, welcher den maximalen Störwert eines potentiellen Matches angibt, um als Instanz des Modells im Bild betrachtet werden zu können. Die Laufzeit mit Nutzung von Störparametern ist mindestens so hoch wie die Laufzeit ohne Störparameter mit auf *0* gesetztem Parameter NumMatches. Die verschiedenen Formmodelle müssen den gleichen Wert für *'use_clutter'* haben.

Wird der maximale Störwert separat für jedes Modell spezifiziert, was immer dann nötig ist, wenn auch der minimale Score für jedes Modell gesetzt wird, muss in MinScore die doppelte Anzahl an Einträgen enthalten sein wie in ModelIDs. Dabei müssen der minimale Score und der maximale Störwert verschränkt in MinScore angegeben werden. Werden in ModelIDs beispielsweise zwei Modelle angegeben, wobei für Ersteres ein minimaler Score von 0.9 und für das zweite 0.8 festgelegt wird und der maximale Störwert des ersten Modells 0.1, für das zweite Modell 0.2 betragen soll, muss MinScore $= [0.9, 0.1, 0.8, 0.2]$ angegeben werden.

NumMatches: Mit NumMatches kann angegeben werden, wie viele Instanzen des Modells im Bild höchstens gefunden werden sollen. Falls mehr als NumMatches Instanzen eine Bewertung größer als MinScore erreichen, werden nur die besten NumMatches Instanzen zurückgeliefert. Falls weniger als NumMatches Instanzen gefunden werden, werden nur diese Instanzen zurückgeliefert, d.h. der Parameter MinScore hat Vorrang vor NumMatches. Sollen alle Modellinstanzen, deren Bewertung MinScore übersteigt, im Bild gefunden werden, muss NumMatches auf *0* gesetzt werden.

Beim Tracken der Matches durch die Bildpyramide werden auf jeder Ebene (außer der obersten Pyramidenstufe) weniger aussichtsreiche Matches basierend auf NumMatches verworfen. Dadurch ist es möglich, dass Matches verworfen werden, die auf der niedrigsten Pyramidenebene einen höheren Score gehabt hätten. Beispielsweise kann das dazu führen, dass der gefundene Match für NumMatches gleich *1* nicht mit dem Match mit dem höchsten Score übereinstimmt, der von NumMatches gleich *0* oder > *1* zurückgegeben wird.

Falls erwartet wird, dass mehrere Objekte mit einem ähnlichen Score gefunden werden können, aber nur das Modell mit dem höchsten Score zurückgegeben werden soll, kann es vorteilhaft sein, NumMatches zu erhöhen, und dann den Match mit dem höchsten Score auszuwählen.

Für den Fall, dass das Formmodell mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert wurde, berücksichtigt NumMatches auch den zweiten Wert, der in MinScore übergeben wird. Gefundene Instanzen weisen in diesem Fall einen Score auf, der größer als der erste Eintrag ist, sowie einen Störwert der niedriger als der zweite Eintrag ist. Ist die Anzahl gefundener Instanzen größer als NumMatches, werden die besten NumMatches Instanzen in Bezug auf ihren Störwert zurückgegeben. MinScore hat weiterhin Vorrang vor NumMatches und NumMatches muss weiterhin auf *0* gesetzt werden um alle Modellinstanzen zu erhalten, die die Bedingungen von MinScore erfüllen. Es ist zu beachten, dass beim Tracken der Matches durch die Bildpyramide keine Matches verworfen werden, wenn Störparameter verwendet werden. Die Laufzeit mit Nutzung von Störparametern ist daher mindestens so hoch wie die Laufzeit ohne Störparameter mit auf *0* gesetztem Parameter NumMatches.

Enthält NumMatches einen Wert, liefert find_scaled_shape_models die NumMatches besten Instanzen des Modells unabhängig von der Art des Modells zurück. Falls z.B. in ModelIDs zwei Modelle übergeben werden und NumMatches $= 2$ gewählt wird, kann es sein, dass zwei Instanzen des ersten Modells und keine des zweiten Modells, eine Instanz des ersten Modells und eine des zweiten Modells oder keine Instanz des ersten Modells und zwei des zweiten Modells zurückgeliefert werden. Falls hingegen NumMatches mehrere Werte enthält, werden so viele Instanzen des jeweiligen Modells in ModelIDs zurückgeliefert, wie durch das entsprechende Element von NumMatches angegeben. Falls z.B. NumMatches $= [1, 1]$ gewählt wird, wird eine Instanz des ersten Modells und eine des zweiten Modells zurückgeliefert.

MaxOverlap: Falls das Modell Symmetrien aufweist, kann es vorkommen, dass mehrere Instanzen an ähnlichen Positionen im Bild, aber mit verschiedenen Rotationen gefunden werden. Mit dem Parameter MaxOverlap kann bestimmt werden, um welchen Anteil, ausgedrückt als Zahl zwischen 0 und 1, sich zwei Instanzen höchstens überlappen dürfen, damit sie als verschieden angesehen werden, und somit zurückgeliefert werden. Falls sich zwei Instanzen um mehr als MaxOverlap überlappen, wird nur die beste gefundene Instanz

zurückgeliefert. Die Berechnung der Überlappung erfolgt anhand der kleinsten umschließenden Rechtecke beliebiger Orientierung der Konturen (siehe smallest_rectangle2). Bei MaxOverlap = 0 dürfen sich die gefundenen Instanzen nicht überlappen, bei MaxOverlap = 1 werden alle gefundenen Instanzen zurückgeliefert.

Falls MaxOverlap einen Wert enthält, wird die Überlappung für alle gefundenen Instanzen des Modells unabhängig von der Art des Modells berechnet. D.h., dass sich zu viel überlappende Instanzen verschiedener und gleicher Modelle eliminiert werden. Falls hingegen mehrere Werte in MaxOverlap übergeben werden, wird die Überlappung nur innerhalb der gefundenen Instanzen des jeweiligen Typs der Modelle in ModelIDs berechnet. D.h., es werden nur sich zu viel überlappende Instanzen gleicher Modelle eliminiert. Modelle verschiedenen Typs können sich in diesem Modus vollständig überlappen.

SubPixel: Der Parameter SubPixel gibt an, ob die Extraktion subpixelgenau erfolgen soll. Falls SubPixel auf *'none'* (oder *'false'* für Rückwärtskompatibilität) gesetzt wird, wird die Lage des Modells nur pixelgenau bzw. mit der bei create_scaled_shape_model angegebenen Winkel- und Skalierungsauflösung bestimmt. Falls SubPixel auf *'interpolation'* (oder *'true'*) gesetzt wird, werden sowohl die Position als auch die Rotation und Skalierung subpixelgenau bestimmt. Dabei wird die Lage des Modells anhand der Score-Funktion interpoliert. Dieser Modus kostet fast keine Rechenzeit und liefert in den meisten Anwendungen eine ausreichende Genauigkeit. In manchen Anwendungen ist eine möglichst hohe Genauigkeit wichtig. In diesen Fällen kann die Lage des Modells durch Ausgleichsrechnung, d.h., durch Minimierung der Abstände der Modellpunkte und der zugehörigen Bildpunkte (Least-Squares Adjustment), bestimmt werden. Im Gegensatz zu *'interpolation'* kostet dieser Modus zusätzliche Rechenzeit. Mit den verschiedenen Modi (*'least_squares'*, *'least_squares_high'* und *'least_squares_very_high'*) kann dabei die Genauigkeit festgelegt werden, mit der der minimale Abstand gesucht wird. Je höher die Genauigkeit gewählt wird, desto länger dauert allerdings auch die Subpixel-Extraktion. Im Normalfall sollte für SubPixel *'interpolation'* gewählt werden. Falls die Ausgleichsrechnung gewünscht wird, sollte *'least_squares'* gewählt werden, da sich so der optimale Kompromiss zwischen Laufzeit und Genauigkeit ergibt.

Objekte, die im Vergleich zum Modell leicht deformiert im Bild erscheinen, können in manchen Fällen entweder nicht oder nur mit einer geringen Genauigkeit gefunden werden. Für solche Objekte besteht die Möglichkeit, im Parameter SubPixel zusätzlich die maximal zulässige Objektdeformation in Pixeln anzugeben. Dies kann mit Hilfe des optionalen Parameterwertes *'max_deformation '* und einer nachfolgenden Ganzzahl zwischen *0* und *32* (im selben String), die die maximale Deformation beschreibt, erfolgen. Kann die Form des Objektes z.B. bis zu 2 Pixel von der im Modell gespeicherten Form abweichen, muss im Parameter SubPixel der Wert *'max_deformation 2'* zusätzlich zum oben beschriebenen Modus für die subpixelgenaue Extraktion übergeben werden, also z.B. *['least_squares', 'max_deformation 2']*. Mit *'max_deformation 0'* wird das Objekt ohne Deformationen gesucht, also so als ob man kein *'max_deformation '* übergeben hätte. Zu beachten ist, dass größere Werte für die maximale Deformation oft zu erhöhten Laufzeiten führen. Außerdem besteht bei einem zu großen Wert die Gefahr, dass falsche Kandidaten gefunden werden. Beide Probleme können hauptsächlich bei kleinen Objekten oder Objekten mit feinen Strukturen auftreten. Der Grund hierfür ist, dass solche Objekte durch große erlaubte Deformationen ihre für die Suche wichtige charakteristische Form verlieren. Zu beachten ist auch, dass die Genauigkeit von teilweise verdeckten Objekten für höhere Deformationen abnehmen kann wenn Störobjekte in der Nähe des Objektes vorhanden sind. Die maximale Deformation sollte demnach immer nur so groß wie nötig und so gering wie möglich gewählt werden. Näherungsweise rotationssymmetrische Objekte könnten nicht gefunden werden, falls *'max_deformation'* und AngleExtent beide auf einen Wert größer 0 gesetzt sind. In dem Fall kann es zu Mehrdeutigkeiten kommen, die nicht aufgelöst werden können, sodass der Match als falsch verworfen wird. Wenn das passiert, versuchen Sie, entweder *'max_deformation'* oder AngleExtent auf 0 zu setzen oder das Modell so zu verändern, dass weniger Symmetrien auftreten. Die Score-Berechnung bei Deformationswerten größer *0* hängt von der Art der Subpixel-Extraktion ab. In den meisten Fällen wird sich der Score eines Matches verändern, wenn man *'least_squares'*, *'least_squares_high'* oder *'least_squares_very_high'* (siehe oben) wählt (im Vergleich zu *'none'* oder *'interpolation'*). Außerdem wird sich der Score in der Regel erhöhen, wenn man bei einer der Least-Squares-Adjustment-Methoden die maximale Deformation erhöht, da dann zu den Modellpunkten mehr zugehörige Bildpunkte gefunden werden können. Für einen aussagekräftigen Score und zum Vermeiden falscher Matches wird empfohlen, das Erlauben einer Deformation mit einer Subpixel-Extraktion mit einer der Least-Squares-Adjustment-Methoden zu kombinieren.

Falls die Subpixel-Extraktion und/oder die maximale Objektdeformation für jedes Modell einzeln spezifiziert werden sollen, muss in SubPixel die Subpixel-Extraktion genauso oft angegeben werden, wie die Anzahl von Elementen in ModelIDs. Nach jedem übergebenen Wert für die Subpixel-Extraktion kann optional ein zweiter Wert übergeben werden, der die maximale Objektdeformation für das jeweilige Modell beschreibt. Wird nach dem Wert für die Subpixel-Extraktion kein Wert für die Objektdeformation übergeben, wird das entsprechende Modell ohne Deformation gesucht. Falls z.B. zwei Modelle in ModelIDs angegeben sind

und für das erste Modell die Subpixel-Extraktion *'interpolation'* ohne Objektdeformation gewählt werden soll und für das zweite Modell die Subpixel-Extraktion *'least_squares'* gewünscht ist sowie eine maximale Objektdeformation von *3* Pixeln, dann kann für den Parameter `SubPixel` das Tupel *['interpolation', 'least_squares', 'max_deformation 3']* übergeben werden. Alternativ kann auch das äquivalente Tupel *['interpolation', 'max_deformation 0', 'least_squares', 'max_deformation 3']* übergeben werden.

`NumLevels`: Mit `NumLevels` wird die Anzahl der Pyramidenebenen festgelegt, die bei der Suche verwendet werden soll. Die Anzahl der Ebenen wird gegebenenfalls auf den bei der Erzeugung mit `create_scaled_shape_model` angegebenen Bereich beschnitten. Falls `NumLevels` als *0* angegeben wird, wird die mit `create_scaled_shape_model` angegebene Anzahl verwendet.

In manchen Fällen kann es sein, dass die Anzahl der Pyramidenebenen, die beispielsweise automatisch mit `create_scaled_shape_model` ermittelt wurde, zu hoch ist. Dann werden eventuell Instanzen, die eine sehr hohe finale Bewertung gehabt hätten, bereits auf der höchsten Pyramidenebene ausgeschlossen und damit nicht gefunden. Anstatt nun `MinScore` auf einen sehr geringen Wert zu setzen, um alle Matches zu finden, kann der Wert von `NumLevels` mit `get_shape_model_params` ermittelt werden und dann ein etwas geringerer Wert in `find_scaled_shape_models` genutzt werden. Diese Herangehensweise führt oft zu besseren Ergebnissen hinsichtlich Geschwindigkeit und Robustheit.

Optional kann `NumLevels` einen zweiten Wert enthalten, der die unterste Pyramidenebene spezifiziert, bis auf welche die Matches verfolgt werden sollen. Ein Wert von *[4,2]* bedeutet also, dass das Matching auf der vierten Pyramidenebene begonnen wird und auf der zweituntersten Pyramidenebene beendet wird (die unterste Pyramidenebene hat den Wert 1). Dieser Mechanismus kann dazu verwendet werden, Laufzeit einzusparen. Allerdings ist in diesem Modus im Allgemeinen die Genauigkeit der gefundenen Lageparameter geringer als im Normalfall, in dem die Matches bis auf die unterste Pyramidenebene verfolgt werden. Falls eine hohe Genauigkeit erzielt werden soll, empfiehlt es sich also, mindestens *'least_squares'* für `SubPixel` zu verwenden. Falls die unterste zu verwendende Pyramidenebene zu groß gewählt wird, kann es vorkommen, dass die gewünschte Genauigkeit nicht mehr erreicht werden kann, oder dass falsche Instanzen des Modells gefunden werden, weil das Modell auf den oberen Pyramidenstufen nicht eindeutig genug ist, um eine sichere Selektion der korrekten Instanz des Modells zu ermöglichen. In diesem Fall muss ein kleinerer Wert für die unterste zu verwendende Pyramidenebene gewählt werden.

Falls die unterste Pyramidenebene für jedes Modell einzeln spezifiziert werden soll, müssen in `NumLevels` zweimal die Anzahl von Elementen in `ModelIDs` angegeben werden. Dabei sind die Anzahl der Pyramidenebenen und der untersten Pyramidenebenen verschränkt anzugeben. Falls z.B. zwei Modelle in `ModelIDs` angegeben sind, die oberste Pyramidenebene für das erste Modell 5 und für das zweite Modell 4 sein soll und die unterste Pyramidenebene für das erste Modell 2 und für das zweite 1 sein soll, so ist `NumLevels` $= [5, 2, 4, 1]$ zu wählen. Falls genau zwei Modelle in `ModelIDs` angegeben sind, ergibt sich als Spezialfall, dass, falls die unterste Pyramidenebene spezifiziert werden soll, die oberste und unterste Pyramidenebene für beide Modelle explizit spezifiziert werden muss, selbst wenn sie gleich sind. Ein Tupel der Länge zwei in `NumLevels` wird in diesem Fall nämlich als Spezifikation der obersten Pyramidenebene für die zwei Modelle interpretiert.

In mangelhaften Eingabebildern, d.h., in Bildern die z.B. unscharf, deformiert oder verrauscht sind, kann auf der untersten Pyramidenebene oft keine Instanz des Formmodells gefunden werden, da aufgrund der mangelhaften Bildqualität nicht genügend Kanteninformation vorhanden ist, oder die Kanten zu stark deformiert sind. Auf höheren Pyramidenebenen dagegen kann die Kanteninformation noch ausreichend sein um Instanzen des Modells zu finden, wobei auch hierbei die oben beschriebenen Einschränkungen bezüglich Genauigkeit und Robustheit gelten. Die Wahl der passenden Pyramidenebene, d.h., der untersten Pyramidenebene auf der noch eine Instanz des Modells gefunden wird, hängt sowohl vom Modell als auch vom Eingabebild ab. Diese Pyramidenebene kann also von Bild zu Bild variieren. Um das Matching auf mangelhaften Bildern zu erleichtern, kann die unterste Pyramidenebene, auf der noch eine Instanz des Modells gefunden wird, während des Matchings automatisch bestimmt werden. Um diesen als 'increased tolerance mode' bezeichneten Mechanismus zu aktivieren, muss die unterste Pyramidenebene in `NumLevels` negativ angegeben werden. Wird z.B. `NumLevels` $= [5, 2, 4, -1]$ gesetzt, so ist die unterste Pyramidenebene für das erste Modell 2. Kann auf der Pyramidenebene 2 keine Instanz des ersten Formmodells gefunden werden, so wird für dieses Modell kein Ergebnis zurückgegeben. Für das zweite Modell ist in diesem Beispiel die unterste Pyramidenebene auf *-1* gesetzt. Daher wird versucht, eine Instanz des Formmodells auf der Pyramidenebene 1 zu finden. Kann auf dieser Pyramidenebene keine Instanz gefunden werden, so wird die unterste Pyramidenebene ermittelt, auf der noch Instanzen des Modells gefunden wurden. Die Instanzen dieser Pyramidenebene werden dann als Ergebnis zurückgegeben.

Wenn ein Modell mit `adapt_shape_model_high_noise` angepasst wurde wird die geschätzte untere Pyramidenstufe per Standardeinstellung verwendet. Der Benutzer kann den geschätzten Wert dennoch

überschreiben, indem er jeweils zwei Werte an NumLevels übergibt und damit explizit die untere Pyramidenstufe setzt.

Greediness: Der Parameter Greediness bestimmt, wie „gierig“ die Suche durchgeführt werden soll. Für Greediness $= 0$ wird eine sichere Suchheuristik verwendet, die das Modell, falls im Bild vorhanden, immer findet, wenn die anderen Parameter passend gesetzt sind. Allerdings ist die Suche hiermit relativ zeitaufwendig. Für Greediness $= 1$ wird eine unsicherere Suchheuristik verwendet, bei der es in seltenen Fällen vorkommen kann, dass das Modell nicht gefunden wird, obwohl es im Bild sichtbar ist. Für Greediness $= 1$ wird die maximale Suchgeschwindigkeit erreicht. In den allermeisten Fällen wird das Formmodell für Greediness $= 0.9$ immer sicher gefunden.

Ausgabeparameter im Detail

Row, Column, Angle und Scale: Die Position, Rotation und Skalierung der gefundenen Instanzen des Modells werden in Row, Column, Angle und Scale zurückgeliefert. Die Koordinaten Row und Column sind die Koordinaten des Ursprungs des Modells im Suchbild. Normalerweise ist der Ursprung des Modells der Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des Formmodells mit create_scaled_shape_model verwendet wurde. Ein anderer Ursprung kann mit set_shape_model_origin festgelegt werden.

Beachten Sie, dass die Koordinaten Row und Column nicht exakt mit dem Ursprung des Modells übereinstimmen und daher nicht direkt verwendet werden sollten. Die Werte sind dafür optimiert, die Transformationsmatrix zu erzeugen, mit der die Matching-Ergebnisse für verschiedene Aufgaben verwendet werden können, z.B. um ROIs für andere Bildverarbeitungsschritte einem Objekt nachzuführen. Das bei find_scaled_shape_model angegebene Beispiel zeigt, wie diese Matrix erzeugt wird und wie man damit das Modell an der gefundenen Position im Suchbild visualisiert.

Beachten Sie, dass die Visualisierung aber auch mit der Prozedur dev_display_shape_matching_results realisiert werden kann.

Score: In Score wird die Bewertung der gefundenen Instanzen zurückgegeben. Die Bewertung ist eine Zahl zwischen 0 und 1 und ist ein ungefähres Maß dafür, welcher Anteil des Modells im Bild zu sehen ist. Falls z.B. die Hälfte des Modells im Bild verdeckt ist, kann die Bewertung nicht größer als 0.5 sein.

Falls das Formmodell mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert wurde, gibt Score, nach den oben genannten Werten, auch den Störwert jeder gefundenen Instanz zurück. Falls beispielsweise die Hälfte der Störregion Störkanten aufweist entspricht der Störwert 0.5. Werden z.B. zwei Instanzen gefunden, wobei für Erstere eine Bewertung von 0.9 und für die zweite 0.8 erreicht wird und der Störwert der ersten Instanz 0.2, der zweiten Instanz 0.1 ist, wird Score $= [0.9, 0.8, 0.2, 0.1]$ zurückgegeben. Es ist zu beachten, dass von sämtlichen Ergebnissen des formbasierten Matchings die Störwerte am stärksten von Beleuchtungsänderungen beeinflusst werden.

Model: Der gefundene Modelltyp wird in Model zurückgeliefert. Die Elemente von Model sind ein Index in das Tupel ModelIDs, d.h. sie können Werte von 0 bis $|\text{ModelIDs}| - 1$ enthalten. Ein Wert von 0 in einem Element von Model entspricht also einer Instanz des ersten in ModelIDs übergebenen Modells.

Setzen eines Timeout

Mittels des Operators set_shape_model_param können Sie einen *'timeout'* für find_scaled_shape_models angeben. Falls die durch ModelIDs referenzierten Modelle unterschiedliche Werte für *'timeout'* besitzen, wählt find_scaled_shape_models den niedrigsten aus. Wenn find_scaled_shape_models diesen *'timeout'* erreicht endet er ohne Ergebnis und gibt den Fehlercode 9400 (H_ERR_TIMEOUT) zurück. Abhängig von der Größe des Skalierungsintervalls, das durch ScaleMin und ScaleMax festgelegt wird, benötigt find_scaled_shape_models eine signifikante Zeitspanne um den Speicher für gecachte Transformationen freizugeben, falls das Modell nicht vorberechnet wurde. Da diese Transformationen auch freigegeben werden müssen nachdem ein Timeout auftritt, überschreitet find_scaled_shape_models den in *'timeout'* angegebenen Wert um diese Zeitspanne.

MinContrast bei mehreren Modellen

Wenn über den Parameter ModelIDs mehrere Modelle übergeben werden, sollten diese mit dem gleichen Wert für MinContrast erzeugt worden sein. Falls sie mit unterschiedlichen Werten für MinContrast erzeugt worden sind, wird in find_scaled_shape_models der kleinste dieser Werte verwendet.

Darstellung der Resultate

Die Verwendung der Prozedur dev_display_shape_matching_results wird zur Darstellung der Resultate formbasierten Matchings stark empfohlen.

Weitere Informationen

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild, in dem die Modelle gefunden werden sollen.

▷ **ModelIDs** (input_control) . . . . . shape_model(-array) ⇝ *handle*
Handle der Modelle.

▷ **AngleStart** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
Kleinste auftretende Rotation der Modelle.
Default: -0.39
Wertevorschläge: `AngleStart` ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}

▷ **AngleExtent** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
Ausdehnung des Winkelbereichs.
Default: 0.78
Wertevorschläge: `AngleExtent` ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39, 0.0}
Restriktion: AngleExtent >= 0

▷ **ScaleMin** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Kleinste auftretende Skalierung der Modelle.
Default: 0.9
Wertevorschläge: `ScaleMin` ∈ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: ScaleMin > 0

▷ **ScaleMax** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Größte auftretende Skalierung der Modelle.
Default: 1.1
Wertevorschläge: `ScaleMax` ∈ {1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5}
Restriktion: ScaleMax >= ScaleMin

▷ **MinScore** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen der Modelle.
Default: 0.5
Wertevorschläge: `MinScore` ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: $0 \leq$ `MinScore` ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **NumMatches** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der zu findenden Instanzen der Modelle (oder 0 für alle Treffer).
Default: 1
Wertevorschläge: `NumMatches` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}

▷ **MaxOverlap** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Maximale Überlappung der zu findenden Instanzen der Modelle.
Default: 0.5
Wertevorschläge: `MaxOverlap` ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: $0 \leq$ `MaxOverlap` ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **SubPixel** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Subpixelgenauigkeit falls ungleich *'none'*.
Default: 'least_squares'
Wertevorschläge: `SubPixel` ∈ {'none', 'interpolation', 'least_squares', 'least_squares_high', 'least_squares_very_high', 'max_deformation 1', 'max_deformation 2', 'max_deformation 3', 'max_deformation 4', 'max_deformation 5', 'max_deformation 6'}

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der verwendeten Pyramidenebenen (und unterste zu verwendende Pyramidenebene falls |`NumLevels`| = 2).
Default: 0
Werteliste: `NumLevels` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **Greediness** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
„Gierigkeit“ der Suchheuristik (0: sicher aber langsam; 1: schnell aber Matches können „übersehen“ werden).
Default: 0.9
Wertevorschläge: `Greediness` ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ `Greediness` ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **Row** (output_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinate der gefundenen Instanzen der Modelle.

▷ **Column** (output_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinate der gefundenen Instanzen der Modelle.

▷ **Angle** (output_control) . . . . . angle.rad-array ⇝ *real*
Rotationswinkel der gefundenen Instanzen der Modelle.

▷ **Scale** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Skalierung der gefundenen Instanzen der Modelle.

▷ **Score** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Bewertung der gefundenen Instanzen der Modelle.

▷ **Model** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Index der gefundenen Instanzen der Modelle.

Beispiel

```
read_image (Image, 'pcb_focus/pcb_focus_telecentric_061')
gen_rectangle1 (ROI_0, 236, 241, 313, 321)
gen_circle (ROI_1, 281, 653, 41)
reduce_domain (Image, ROI_0, ImageReduced1)
reduce_domain (Image, ROI_1, ImageReduced2)
create_scaled_shape_model (ImageReduced1,'auto', -0.39, 0.79, 'auto', 0.9, \
                           1.1, 'auto', 'auto', 'use_polarity', 'auto', \
                           'auto', ModelID1)
create_scaled_shape_model (ImageReduced2, 'auto', -0.39, 0.79, 'auto', 0.9,\
                           1.1, 'auto', 'auto', 'use_polarity', 'auto', \
                           'auto', ModelID2)
ModelIDs:=[ModelID1, ModelID2]
find_scaled_shape_models (Image, ModelIDs, -0.39, 0.78, 0.9, 1.1, 0.5, 1, \
                          0.5, 'least_squares', 0, 0.9, Row, Column, Angle,\
                          Scale, Score, Model)
* Display results
dev_display_shape_matching_results (ModelIDs, 'red', Row, Column, Angle, \
                                    Scale, 1, Model)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `find_scaled_shape_models` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`add_channels`, `create_scaled_shape_model`, `read_shape_model`, `set_shape_model_origin`, `set_shape_model_clutter`

Nachfolger

`clear_shape_model`

Alternativen

find_generic_shape_model

Siehe auch

set_system, get_system, set_shape_model_param

Modul

Matching

find_shape_model (Image : : ModelID, AngleStart, AngleExtent, MinScore, NumMatches, MaxOverlap, SubPixel, NumLevels, Greediness : Row, Column, Angle, Score)

Suche der besten Matches eines Formmodells in einem Bild.

find_shape_model findet die besten NumMatches Instanzen des Formmodells ModelID im Eingabebild Image. Das Modell muss zuvor mit create_shape_model erzeugt oder mit read_shape_model eingelesen worden sein.

Die Position und Rotation der gefundenen Instanzen des Modells wird in Row, Column und Angle zurückgeliefert. In Score wird die Bewertung der gefundenen Instanzen zurückgegeben. Nähere Informationen finden Sie in den parameterspezifischen Abschnitten.

Eingabeparameter im Detail

Image und seine Region: Der Definitionsbereich des Bildes Image gibt den Suchbereich für den Referenzpunkt des Modells an, d.h. für den Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des Formmodells mit create_shape_model verwendet wurde. Ein eventuell mit set_shape_model_origin anders gesetzter Ursprung wird nicht berücksichtigt. Im Normalfall wird das Modell innerhalb des Definitionsbereiches des Eingabebildes nur an den Stellen gesucht, an denen das Modell vollständig in das Bild passt. Das bedeutet, dass das Modell nicht gefunden werden kann, wenn es aus dem Bild herausragt, selbst wenn es eine Bewertung größer als MinScore erreichen würde (siehe unten). Außerdem kann es sein, dass das Modell, wenn es in einer der Pyramidenebenen den Bildrand berührt, ebenfalls nicht gefunden wird, auch wenn es im ursprünglichen Bild vollständig enthalten ist. Als Daumenregel gilt hier, dass das Modell dann nicht gefunden werden könnte, wenn seine Distanz zum Bildrand unter $2^{NumLevels-1}$ fällt. Dieses Verhalten kann mit set_system('border_shape_models','true') für alle Modelle oder mit set_shape_model_param(ModelID,'border_shape_models','true') speziell für ein Modell umgestellt werden, so dass auch Modelle gefunden werden, die aus dem Bild herausragen, falls sie eine Bewertung größer als MinScore erreichen. Dabei werden Punkte außerhalb des Bildes als verdeckt angesehen, d.h. sie verringern die Bewertung. Es ist zu beachten, dass dieser Modus die Laufzeit der Suche erhöht. Es ist weiter zu beachten, dass in seltenen Fällen, die typischerweise nur in künstlichen Bildern auftreten, auch dann kein Modell gefunden wird, wenn das Modell in einer Pyramidenebene die reduzierte Bilddomäne berührt. In diesem Fall kann es helfen, die Region der Domäne um $2^{NumLevels-1}$, z.B., mit dilation_circle zu vergrößern.

AngleStart und AngleExtent: Die Parameter AngleStart und AngleExtent legen den Winkelbereich fest, in dem nach dem Modell gesucht wird. Der Winkelbereich wird gegebenenfalls auf den Bereich beschnitten, der bei der Erzeugung des Modells mit create_shape_model angegeben worden ist. Dies bedeutet insbesondere, dass die Winkelbereiche des Modells und der Suche sich überlappen müssen.

Beachten Sie, dass in einigen Fällen Instanzen mit einer Rotation gefunden werden, die geringfügig außerhalb des angegebenen Bereichs liegen. Dies kann vorkommen, wenn der angegebene Bereich kleiner ist als der bei der Erstellung des Modells angegebene Bereich. AngleStart und AngleExtent werden nur auf der höchsten Pyramidenstufe überprüft. Matches, die auf der höchsten Pyramidenstufe gefunden werden, werden bis zur untersten Pyramidenstufe verfeinert. Aus Leistungsgründen wird bei der Verfeinerung jedoch nicht mehr überprüft, ob die Matches immer noch innerhalb des angegebenen Bereichs liegen.

MinScore: Der Parameter MinScore legt fest, welche Bewertung ein potentieller Match mindestens besitzen muss, damit er als eine Instanz des Modells im Bild angesehen wird. Je größer der Wert von MinScore gewählt werden kann, desto schneller verläuft die Suche. Falls erwartet werden kann, dass das Modell niemals verdeckt wird, kann MinScore auf so hohe Werte wie 0.8 oder sogar 0.9 gesetzt werden. Werden die Matches nicht bis zur untersten Pyramidenebene verfolgt (siehe unten), kann es in manchen Fällen vorkommen, dass Instanzen gefunden werden, deren Score geringfügig unter dem Wert von MinScore liegen.

Falls das Formmodell mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert wurde und dadurch *'use_clutter'* aktiviert wurde, erwartet MinScore einen zweiten Wert, welcher den maximalen Störwert eines potentiellen Matches angibt, um als Instanz des Modells im Bild betrachtet werden zu können. Die Laufzeit mit Nutzung von Störparametern ist mindestens so hoch wie die Laufzeit ohne Störparameter mit auf *0* gesetztem Parameter NumMatches.

NumMatches: Mit NumMatches kann angegeben werden, wie viele Instanzen des Modells im Bild höchstens gefunden werden sollen. Falls mehr als NumMatches Instanzen eine Bewertung größer als MinScore erreichen, werden nur die besten NumMatches Instanzen zurückgeliefert. Falls weniger als NumMatches Instanzen gefunden werden, werden nur diese Instanzen zurückgeliefert, d.h. der Parameter MinScore hat Vorrang vor NumMatches. Sollen alle Modellinstanzen, deren Bewertung MinScore übersteigt, im Bild gefunden werden, muss NumMatches auf *0* gesetzt werden.

Beim Tracken der Matches durch die Bildpyramide werden auf jeder Ebene (außer der obersten Pyramidenstufe) weniger aussichtsreiche Matches basierend auf NumMatches verworfen. Dadurch ist es möglich, dass Matches verworfen werden, die auf der niedrigsten Pyramidenebene einen höheren Score gehabt hätten. Beispielsweise kann das dazu führen, dass der gefundene Match für NumMatches gleich *1* nicht mit dem Match mit dem höchsten Score übereinstimmt, der von NumMatches gleich *0* oder > *1* zurückgegeben wird.

Falls erwartet wird, dass mehrere Objekte mit einem ähnlichen Score gefunden werden können, aber nur das Modell mit dem höchsten Score zurückgegeben werden soll, kann es vorteilhaft sein, NumMatches zu erhöhen, und dann den Match mit dem höchsten Score auszuwählen.

Für den Fall, dass das Formmodell mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert wurde, berücksichtigt NumMatches auch den zweiten Wert, der in MinScore übergeben wird. Gefundene Instanzen weisen in diesem Fall einen Score auf, der größer als der erste Eintrag ist, sowie einen Störwert der niedriger als der zweite Eintrag ist. Ist die Anzahl gefundener Instanzen größer als NumMatches, werden die besten NumMatches Instanzen in Bezug auf ihren Störwert zurückgegeben. MinScore hat weiterhin Vorrang vor NumMatches und NumMatches muss weiterhin auf *0* gesetzt werden um alle Modellinstanzen zu erhalten, die die Bedingungen von MinScore erfüllen. Es ist zu beachten, dass beim Tracken der Matches durch die Bildpyramide keine Matches verworfen werden, wenn Störparameter verwendet werden. Die Laufzeit mit Nutzung von Störparametern ist daher mindestens so hoch wie die Laufzeit ohne Störparameter mit auf *0* gesetztem Parameter NumMatches.

MaxOverlap: Falls das Modell Symmetrien aufweist, kann es vorkommen, dass mehrere Instanzen an ähnlichen Positionen im Bild, aber mit verschiedenen Rotationen gefunden werden. Mit dem Parameter MaxOverlap kann bestimmt werden, um welchen Anteil, ausgedrückt als Zahl zwischen 0 und 1, sich zwei Instanzen höchstens überlappen dürfen, damit sie als verschieden angesehen werden, und somit zurückgeliefert werden. Falls sich zwei Instanzen um mehr als MaxOverlap überlappen, wird nur die beste gefundene Instanz zurückgeliefert. Die Berechnung der Überlappung erfolgt anhand der kleinsten umschließenden Rechtecke beliebiger Orientierung der Konturen (siehe smallest_rectangle2). Bei MaxOverlap $= 0$ dürfen sich die gefundenen Instanzen nicht überlappen, bei MaxOverlap $= 1$ werden alle gefundenen Instanzen zurückgeliefert.

SubPixel: Der Parameter SubPixel gibt an, ob die Extraktion subpixelgenau erfolgen soll. Falls SubPixel auf *'none'* (oder *'false'* für Rückwärtskompatibilität) gesetzt wird, wird die Lage des Modells nur pixelgenau bzw. mit der bei create_shape_model angegebenen Winkelauflösung bestimmt. Falls SubPixel auf *'interpolation'* (oder *'true'*) gesetzt wird, werden sowohl die Position als auch die Rotation subpixelgenau bestimmt. Dabei wird die Lage des Modells anhand der Score-Funktion interpoliert. Dieser Modus kostet fast keine Rechenzeit und liefert in den meisten Anwendungen eine ausreichende Genauigkeit. In manchen Anwendungen ist eine möglichst hohe Genauigkeit wichtig. In diesen Fällen kann die Lage des Modells durch Ausgleichsrechnung, d.h., durch Minimierung der Abstände der Modellpunkte und der zugehörigen Bildpunkte (Least-Squares Adjustment), bestimmt werden. Im Gegensatz zu *'interpolation'* kostet dieser Modus zusätzliche Rechenzeit. Mit den verschiedenen Modi (*'least_squares'*, *'least_squares_high'* und *'least_squares_very_high'*) kann dabei die Genauigkeit festgelegt werden, mit der der minimale Abstand gesucht wird. Je höher die Genauigkeit gewählt wird, desto länger dauert allerdings auch die Subpixel-Extraktion. Im Normalfall sollte für SubPixel *'interpolation'* gewählt werden. Falls die Ausgleichsrechnung gewünscht wird, sollte *'least_squares'* gewählt werden, da sich so der optimale Kompromiss zwischen Laufzeit und Genauigkeit ergibt.

Objekte, die im Vergleich zum Modell leicht deformiert im Bild erscheinen, können in manchen Fällen entweder nicht oder nur mit einer geringen Genauigkeit gefunden werden. Für solche Objekte besteht die Möglichkeit, im Parameter SubPixel zusätzlich die maximal zulässige Objektdeformation in Pixeln anzugeben. Dies kann mit Hilfe des optionalen Parameterwertes *'max_deformation '* und einer nachfolgenden Ganzzahl zwischen *0* und *32* (im selben String), die die maximale Deformation beschreibt, erfolgen. Kann die

Form des Objektes z.B. bis zu 2 Pixel von der im Modell gespeicherten Form abweichen, muss im Parameter SubPixel der Wert *'max_deformation 2'* zusätzlich zum oben beschriebenen Modus für die subpixelgenaue Extraktion übergeben werden, also z.B. *['least_squares', 'max_deformation 2']*. Mit *'max_deformation 0'* wird das Objekt ohne Deformationen gesucht, also so als ob man kein *'max_deformation '* übergeben hätte. Zu beachten ist, dass größere Werte für die maximale Deformation oft zu erhöhten Laufzeiten führen. Außerdem besteht bei einem zu großen Wert die Gefahr, dass falsche Kandidaten gefunden werden. Beide Probleme können hauptsächlich bei kleinen Objekten oder Objekten mit feinen Strukturen auftreten. Der Grund hierfür ist, dass solche Objekte durch große erlaubte Deformationen ihre für die Suche wichtige charakteristische Form verlieren. Zu beachten ist auch, dass die Genauigkeit von teilweise verdeckten Objekten für höhere Deformationen abnehmen kann wenn Störobjekte in der Nähe des Objektes vorhanden sind. Die maximale Deformation sollte demnach immer nur so groß wie nötig und so gering wie möglich gewählt werden. Näherungsweise rotationssymmetrische Objekt könnten nicht gefunden werden, falls *'max_deformation'* und AngleExtent beide auf einen Wert größer 0 gesetzt sind. In dem Fall kann es zu Mehrdeutigkeiten kommen, die nicht aufgelöst werden können, sodass der Match als falsch verworfen wird. Wenn das passiert, versuchen Sie, entweder *'max_deformation'* oder AngleExtent auf 0 zu setzen oder das Modell so zu verändern, dass weniger Symmetrien auftreten. Die Score-Berechnung bei Deformationswerten größer *0* hängt von der Art der Subpixel-Extraktion ab. In den meisten Fällen wird sich der Score eines Matches verändern, wenn man *'least_squares'*, *'least_squares_high'* oder *'least_squares_very_high'* (siehe oben) wählt (im Vergleich zu *'none'* oder *'interpolation'*). Außerdem wird sich der Score in der Regel erhöhen wenn man bei einer der Least-Squares-Adjustment-Methoden die maximale Deformation erhöht, da dann zu den Modellpunkten mehr zugehörige Bildpunkte gefunden werden können. Für einen aussagekräftigen Score und zum Vermeiden falscher Matches wird empfohlen, das Erlauben einer Deformation mit einer Subpixel-Extraktion mit einer der Least-Squares-Adjustment-Methoden zu kombinieren.

NumLevels: Mit NumLevels wird die Anzahl der Pyramidenebenen festgelegt, die bei der Suche verwendet werden soll. Die Anzahl der Ebenen wird gegebenenfalls auf den bei der Erzeugung mit create_shape_model angegebenen Bereich beschnitten. Falls NumLevels als *0* angegeben wird, wird die mit create_shape_model angegebene Anzahl verwendet.

In manchen Fällen kann es sein, dass die Anzahl der Pyramidenebenen, die beispielsweise automatisch mit create_shape_model ermittelt wurde, zu hoch ist. Dann werden eventuell Instanzen, die eine sehr hohe finale Bewertung gehabt hätten, bereits auf der höchsten Pyramidenebene ausgeschlossen und damit nicht gefunden. Anstatt nun MinScore auf einen sehr geringen Wert zu setzen, um alle Matches zu finden, kann der Wert von NumLevels mit get_shape_model_params ermittelt werden und dann ein etwas geringerer Wert in find_shape_model genutzt werden. Diese Herangehensweise führt oft zu besseren Ergebnissen hinsichtlich Geschwindigkeit und Robustheit.

Optional kann NumLevels einen zweiten Wert enthalten, der die unterste Pyramidenebene spezifiziert, bis auf welche die Matches verfolgt werden sollen. Ein Wert von *[4,2]* bedeutet also, dass das Matching auf der vierten Pyramidenebene begonnen wird und auf der zweituntersten Pyramidenebene beendet wird (die unterste Pyramidenebene hat den Wert 1). Dieser Mechanismus kann dazu verwendet werden, Laufzeit einzusparen. Allerdings ist in diesem Modus im Allgemeinen die Genauigkeit der gefundenen Lageparameter geringer als im Normalfall, in dem die Matches bis auf die unterste Pyramidenebene verfolgt werden. Falls eine hohe Genauigkeit erzielt werden soll, empfiehlt es sich also, mindestens *'least_squares'* für SubPixel zu verwenden. Falls die unterste zu verwendende Pyramidenebene zu groß gewählt wird, kann es vorkommen, dass die gewünschte Genauigkeit nicht mehr erreicht werden kann, oder dass falsche Instanzen des Modells gefunden werden, weil das Modell auf den oberen Pyramidenstufen nicht eindeutig genug ist, um eine sichere Selektion der korrekten Instanz des Modells zu ermöglichen. In diesem Fall muss ein kleinerer Wert für die unterste zu verwendende Pyramidenebene gewählt werden.

In mangelhaften Eingabebildern, d.h., in Bildern die z.B. unscharf, deformiert oder verrauscht sind, kann auf der untersten Pyramidenebene oft keine Instanz des Formmodells gefunden werden, da aufgrund der mangelhaften Bildqualität nicht genügend Kanteninformation vorhanden ist, oder die Kanten zu stark deformiert sind. Auf höheren Pyramidenebenen dagegen kann die Kanteninformation noch ausreichend sein um Instanzen des Modells zu finden, wobei auch hierbei die oben beschriebenen Einschränkungen bezüglich Genauigkeit und Robustheit gelten. Die Wahl der passenden Pyramidenebene, d.h., der untersten Pyramidenebene auf der noch eine Instanz des Modells gefunden wird, hängt sowohl vom Modell als auch vom Eingabebild ab. Diese Pyramidenebene kann also von Bild zu Bild variieren. Um das Matching auf mangelhaften Bildern zu erleichtern, kann die unterste Pyramidenebene, auf der noch eine Instanz des Modells gefunden wird, während des Matchings automatisch bestimmt werden. Um diesen als 'increased tolerance mode' bezeichneten Mechanismus zu aktivieren, muss die unterste Pyramidenebene in NumLevels negativ angegeben werden. Wird z.B. NumLevels $= [4, -2]$ gesetzt, so wird das Matching auf der vierten Pyramidenebene begonnen und auf der zweituntersten Pyramidenebene beendet. Es wird also versucht, eine Instanz des Formmodells auf

der Pyramidenebene 2 zu finden. Kann auf dieser Pyramidenebene keine Instanz gefunden werden, so wird die unterste Pyramidenebene ermittelt, auf der noch Instanzen des Modells gefunden wurden. Die Instanzen dieser Pyramidenebene werden dann als Ergebnis zurückgegeben.

Wenn `ModelID` mit `adapt_shape_model_high_noise` angepasst wurde, wird die geschätzte untere Pyramidenstufe per Standardeinstellung verwendet. Der Benutzer kann den geschätzten Wert dennoch überschreiben, indem er zwei Werte an `NumLevels` übergibt und damit explizit die untere Pyramidenstufe setzt.

`Greediness`: Der Parameter `Greediness` bestimmt, wie „gierig“ die Suche durchgeführt werden soll. Für `Greediness` $= 0$ wird eine sichere Suchheuristik verwendet, die das Modell, falls im Bild vorhanden, immer findet, wenn die anderen Parameter passend gesetzt sind. Allerdings ist die Suche hiermit relativ zeitaufwendig. Für `Greediness` $= 1$ wird eine unsicherere Suchheuristik verwendet, bei der es in seltenen Fällen vorkommen kann, dass das Modell nicht gefunden wird, obwohl es im Bild sichtbar ist. Für `Greediness` $= 1$ wird die maximale Suchgeschwindigkeit erreicht. In den allermeisten Fällen wird das Formmodell für `Greediness` $= 0.9$ immer sicher gefunden.

Ausgabeparameter im Detail

`Row`, `Column` und `Angle`: Die Position und Rotation der gefundenen Instanzen des Modells wird in `Row`, `Column` und `Angle` zurückgeliefert. Die Koordinaten `Row` und `Column` beschreiben die Position des Ursprungs des Modells im Suchbild. Die Werte sind allerdings bereits geringfügig angepasst, so dass sie direkt zur Erstellung einer Transformationsmatrix verwendet werden können, die für ein Alignment oder die Visualisierung der Modellkanten benötigt wird. Diese Anpassung der Koordinaten hat mit der Art und Weise zu tun, in der HALCON ikonische Objekte transformiert, siehe hierzu `affine_trans_pixel`. Das Beispiel weiter unten zeigt, wie die Transformationsmatrix erzeugt wird und wie man damit das Modell an der gefundenen Position im Suchbild visualisiert.

Normalerweise ist der Ursprung des Modells der Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des Formmodells mit `create_shape_model` verwendet wurde. Ein anderer Ursprung kann mit `set_shape_model_origin` festgelegt werden.

`Score`: In `Score` wird die Bewertung der gefundenen Instanzen zurückgegeben. Die Bewertung ist eine Zahl zwischen 0 und 1 und ist ein ungefähres Maß dafür, welcher Anteil des Modells im Bild zu sehen ist. Falls z.B. die Hälfte des Modells im Bild verdeckt ist, kann die Bewertung nicht größer als 0.5 sein.

Falls das Formmodell mit `set_shape_model_clutter` um Störparameter erweitert wurde, gibt `Score`, nach den oben genannten Werten, auch den Störwert jeder gefundenen Instanz zurück. Falls beispielsweise die Hälfte der Störregion Störkanten aufweist entspricht der Störwert 0.5. Werden z.B. zwei Instanzen gefunden, wobei für Erstere eine Bewertung von 0.9 und für die zweite 0.8 erreicht wird und der Störwert der ersten Instanz 0.2, der zweiten Instanz 0.1 ist, wird `Score` $= [0.9, 0.8, 0.2, 0.1]$ zurückgegeben. Es ist zu beachten, dass von sämtlichen Ergebnissen des formbasierten Matchings die Störwerte am stärksten von Beleuchtungsänderungen beeinflusst werden.

Setzen eines Timeout

Mittels des Operators `set_shape_model_param` können Sie einen *'timeout'* für `find_shape_model` angeben. Wenn `find_shape_model` diesen *'timeout'* erreicht endet er ohne Ergebnis und gibt den Fehlercode 9400 (H_ERR_TIMEOUT) zurück.

Darstellung der Resultate

Die Verwendung der Prozedur `dev_display_shape_matching_results` wird zur Darstellung der Resultate formbasierten Matchings stark empfohlen.

Weitere Informationen

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild, in dem das Modell gefunden werden soll.

▷ **`ModelID`** (input_control) . . . . . shape_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

▷ **`AngleStart`** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Kleinste auftretende Rotation des Modells.
Default: -0.39
Wertevorschläge: `AngleStart` ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}

▷ **AngleExtent** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Ausdehnung des Winkelbereichs.
Default: 0.79
Wertevorschläge: AngleExtent ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39, 0.0}
Restriktion: AngleExtent >= 0

▷ **MinScore** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen des Modells.
Default: 0.5
Wertevorschläge: MinScore ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ MinScore ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **NumMatches** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der zu findenden Instanzen des Modells (oder 0 für alle Treffer).
Default: 1
Wertevorschläge: NumMatches ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}

▷ **MaxOverlap** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximale Überlappung der zu findenden Instanzen des Modells.
Default: 0.5
Wertevorschläge: MaxOverlap ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ MaxOverlap ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **SubPixel** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Subpixelgenauigkeit falls ungleich *'none'*.
Default: 'least_squares'
Wertevorschläge: SubPixel ∈ {'none', 'interpolation', 'least_squares', 'least_squares_high', 'least_squares_very_high', 'max_deformation 1', 'max_deformation 2', 'max_deformation 3', 'max_deformation 4', 'max_deformation 5', 'max_deformation 6'}

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der verwendeten Pyramidenebenen (und unterste zu verwendende Pyramidenebene falls |NumLevels| = 2).
Default: 0
Werteliste: NumLevels ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **Greediness** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
„Gierigkeit“ der Suchheuristik (0: sicher aber langsam; 1: schnell aber Matches können „übersehen“ werden).
Default: 0.9
Wertevorschläge: Greediness ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ Greediness ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **Row** (output_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinate der gefundenen Instanzen des Modells.

▷ **Column** (output_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinate der gefundenen Instanzen des Modells.

▷ **Angle** (output_control) . . . . . angle.rad-array ⇝ *real*
Rotationswinkel der gefundenen Instanzen des Modells.

▷ **Score** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Bewertung der gefundenen Instanzen des Modells.

Beispiel

```
create_shape_model (ImageReduced, 0, rad(-45), rad(180), 0, \
                    'none', 'use_polarity', 30, 10, ModelID)
get_shape_model_contours (ModelXLD, ModelID, 1)
find_shape_model (SearchImage, ModelID, rad(-45), rad(180), \
                  0.5, 1, 0.5, 'interpolation', \
                  0, 0, Row, Column, Angle, Score)
```

```
* Create transformation matrix
vector_angle_to_rigid (0, 0, 0, Row, Column, Angle, HomMat2DObject)
* Display results
dev_display_shape_matching_results (ModelID, 'red', Row, Column, Angle, \
                                    1, 1, 0)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `find_shape_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`create_shape_model`, `read_shape_model`, `set_shape_model_origin`, `set_shape_model_clutter`

Nachfolger

`clear_shape_model`

Alternativen

`find_generic_shape_model`

Siehe auch

`set_system`, `get_system`, `set_shape_model_param`

Modul

Matching

find_shape_models (Image : : ModelIDs, AngleStart, AngleExtent, MinScore, NumMatches, MaxOverlap, SubPixel, NumLevels, Greediness : Row, Column, Angle, Score, Model)

Suche der besten Matches mehrerer Formmodelle.

`find_shape_models` findet die besten `NumMatches` Instanzen der Formmodelle, die in dem Tupel `ModelIDs` übergeben werden, im Eingabebild `Image`. Die Modelle müssen zuvor mit `create_shape_model` erzeugt oder mit `read_shape_model` eingelesen worden sein. Im Gegensatz zu `find_shape_model` kann also eine Mehrzahl von Modellen gleichzeitig im selben Bild gesucht werden.

Die Position und Rotation der gefundenen Instanzen des Modells wird in `Row`, `Column` und `Angle` zurückgeliefert. In `Score` wird die Bewertung der gefundenen Instanzen zurückgegeben. Der gefundene Modelltyp wird in `Model` zurückgeliefert. Nähere Informationen finden Sie in den parameterspezifischen Abschnitten.

Besonderheiten der Parametersemantik

Gegenüber `find_shape_model` unterscheidet sich die Semantik aller Eingabeparameter etwas. Alle Eingabeparameter müssen entweder genau ein Element enthalten, oder dieselbe Anzahl von Elementen wie `ModelIDs`. (`NumLevels` kann auch zwei oder zweimal die Anzahl von Elementen wie `ModelIDs` enthalten; siehe unten.) Im ersten Fall wird der Wert des Eingabeparameters für alle Modelle gleich verwendet. Im zweiten Fall wird das jeweilige Element des Eingabeparameters für das entsprechende Modell in `ModelIDs` verwendet. Zusätzliche Details können in den parameterspezifischen Abschnitten weiter unten gefunden werden. Ein Aufruf von `find_shape_models` mit mehreren Werten für `ModelIDs`, `NumMatches` und `MaxOverlap` entspricht von der Wirkung her also mehreren unabhängigen Aufrufen von `find_shape_model` mit den jeweiligen Parametern, ist allerdings wesentlich effizienter.

Eingabeparameter im Detail

Image und seine Region: Der Definitionsbereich des Bildes Image gibt den Suchbereich für den Referenzpunkt des Modells an, d.h. für den Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des Formmodells mit create_shape_model verwendet wurde. Ein eventuell mit set_shape_model_origin anders gesetzter Ursprung wird nicht berücksichtigt. Das Modell wird innerhalb des Definitionsbereiches des Eingabebildes nur an den Stellen gesucht, an denen das Modell vollständig in das Bild passt. Das bedeutet, dass das Modell nicht gefunden werden kann, wenn es aus dem Bild herausragt, selbst wenn es eine Bewertung größer als MinScore erreichen würde (siehe unten). Außerdem kann es sein, dass das Modell, wenn es in einer der Pyramidenebenen den Bildrand berührt, ebenfalls nicht gefunden wird, auch wenn es im ursprünglichen Bild vollständig enthalten ist. Als Daumenregel gilt hier, dass das Modell dann nicht gefunden werden könnte, wenn seine Distanz zum Bildrand unter $2^{NumLevels-1}$ fällt. Dieses Verhalten kann mit set_system('border_shape_models','true') für alle Modelle oder mit set_shape_model_param(ModelID,'border_shape_models','true') speziell für ein Modell umgestellt werden, so dass auch Modelle gefunden werden, die aus dem Bild herausragen, falls sie eine Bewertung größer als MinScore erreichen. Dabei werden Punkte außerhalb des Bildes als verdeckt angesehen, d.h. sie verringern die Bewertung. Es ist zu beachten, dass dieser Modus die Laufzeit der Suche erhöht. Bei der Suche mit mehreren Modellen wird *'border_shape_models'* für alle Modelle als *'true'* behandelt, selbst wenn nur bei einem der Modelle einer Suche *'border_shape_models'* als *'true'* gilt. Es ist weiter zu beachten, dass in seltenen Fällen, die typischerweise nur in künstlichen Bildern auftreten, auch dann kein Modell gefunden wird, wenn das Modell in einer Pyramidenebene die reduzierte Bilddomäne berührt. In diesem Fall kann es helfen, die Region der Domäne um $2^{NumLevels-1}$, z.B., mit dilation_circle zu vergrößern.

Wie üblich wird die Region des Eingabebildes Image als Suchbereich für den Referenzpunkt der Modelle ModelIDs verwendet. Konsistent mit der obigen Semantik kann Image also ein einzelnes Bildobjekt beinhalten oder ein Bildobjekttupel. Falls Image ein einzelnes Bildobjekt enthält, wird dessen Region als Suchbereich für alle Modelle in ModelIDs verwendet. Falls Image mehrere Bildobjekte enthält, wird die jeweilige Region als Suchbereich für das entsprechende Modell aus ModelIDs verwendet. In diesem Fall müssen die Bilder, abgesehen von ihrer Region, identisch sein, d.h. ihre Pointer müssen das gleiche Bild referenzieren und somit identisch sein (siehe get_image_pointer1 zum Überprüfen der Pointer). Folglich kann Image nicht in beliebiger Weise mit concat_obj aufgebaut werden, sondern muss aus demselben Bild mit add_channels oder äquivalenten Aufrufen erzeugt werden. Falls das nicht der Fall ist, wird eine Fehlermeldung zurückgeliefert.

AngleStart und AngleExtent: Die Parameter AngleStart und AngleExtent legen den Winkelbereich fest, in dem nach dem Modell gesucht wird. Der Winkelbereich wird gegebenenfalls auf den Bereich beschnitten, der bei der Erzeugung des Modells mit create_shape_model angegeben worden ist. Dies bedeutet insbesondere, dass die Winkelbereiche des Modells und der Suche sich überlappen müssen.

Beachten Sie, dass in einigen Fällen Instanzen mit einer Rotation gefunden werden, die geringfügig außerhalb des angegebenen Bereichs liegt. Dies kann vorkommen, wenn der angegebene Bereich kleiner ist als der bei der Erstellung des Modells angegebene Bereich. AngleStart und AngleExtent werden nur auf der höchsten Pyramidenstufe überprüft. Matches, die auf der höchsten Pyramidenstufe gefunden werden, werden bis zur untersten Pyramidenstufe verfeinert. Aus Leistungsgründen wird bei der Verfeinerung jedoch nicht mehr überprüft, ob die Matches immer noch innerhalb des angegebenen Bereichs liegen.

MinScore: Der Parameter MinScore legt fest, welche Bewertung ein potentieller Match mindestens besitzen muss, damit er als eine Instanz des Modells im Bild angesehen wird. Je größer der Wert von MinScore gewählt werden kann, desto schneller verläuft die Suche. Falls erwartet werden kann, dass das Modell niemals verdeckt wird, kann MinScore auf so hohe Werte wie 0.8 oder sogar 0.9 gesetzt werden. Werden die Matches nicht bis zur untersten Pyramidenebene verfolgt (siehe unten) kann es in manchen Fällen vorkommen, dass Instanzen gefunden werden, deren Score geringfügig unter dem Wert von MinScore liegen.

Falls ein einzelner Wert in MinScore übergeben wird, wird dieser Wert auf alle Instanzen angewandt, die mit allen Modellen gefunden werden. Falls MinScore mehrere Einträge enthält, werden die Werte einzeln für die entsprechenden Modelle verwendet.

Falls die Formmodelle mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert wurden und dadurch *'use_clutter'* aktiviert wurde, wird in MinScore zu jedem der vorhandenen Werte für den minimalen Score ein weiterer Wert erwartet, welcher den maximalen Störwert eines potentiellen Matches angibt, um als Instanz des Modells im Bild betrachtet werden zu können. Die Laufzeit mit Nutzung von Störparametern ist mindestens so hoch wie die Laufzeit ohne Störparameter mit auf *0* gesetztem Parameter NumMatches. Die verschiedenen Formmodelle müssen den gleichen Wert für *'use_clutter'* haben.

Wird der maximale Störwert separat für jedes Modell spezifiziert, was immer dann nötig ist, wenn auch der minimale Score für jedes Modell gesetzt wird, muss in MinScore die doppelte Anzahl an Einträgen

enthalten sein wie in ModelIDs. Dabei müssen der minimale Score und der maximale Störwert verschränkt in MinScore angegeben werden. Werden in ModelIDs beispielsweise zwei Modelle angegeben, wobei für Ersteres ein minimaler Score von 0.9 und für das zweite 0.8 festgelegt wird und der maximale Störwert des ersten Modells 0.1, für das zweite Modell 0.2 betragen soll, muss MinScore $= [0.9, 0.1, 0.8, 0.2]$ angegeben werden.

NumMatches: Mit NumMatches kann angegeben werden, wie viele Instanzen des Modells im Bild höchstens gefunden werden sollen. Falls mehr als NumMatches Instanzen eine Bewertung größer als MinScore erreichen, werden nur die besten NumMatches Instanzen zurückgeliefert. Falls weniger als NumMatches Instanzen gefunden werden, werden nur diese Instanzen zurückgeliefert, d.h. der Parameter MinScore hat Vorrang vor NumMatches. Sollen alle Modellinstanzen, deren Bewertung MinScore übersteigt, im Bild gefunden werden, muss NumMatches auf *0* gesetzt werden.

Beim Tracken der Matches durch die Bildpyramide werden auf jeder Ebene (außer der obersten Pyramidenstufe) weniger aussichtsreiche Matches basierend auf NumMatches verworfen. Dadurch ist es möglich, dass Matches verworfen werden, die auf der niedrigsten Pyramidenebene einen höheren Score gehabt hätten. Beispielsweise kann das dazu führen, dass der gefundene Match für NumMatches gleich *1* nicht mit dem Match mit dem höchsten Score übereinstimmt, der von NumMatches gleich *0* oder > *1* zurückgegeben wird.

Falls erwartet wird, dass mehrere Objekte mit einem ähnlichen Score gefunden werden können, aber nur das Modell mit dem höchsten Score zurückgegeben werden soll, kann es vorteilhaft sein, NumMatches zu erhöhen, und dann den Match mit dem höchsten Score auszuwählen.

Für den Fall, dass das Formmodell mit set_shape_model_clutter um Störparameter erweitert wurde, berücksichtigt NumMatches auch den zweiten Wert, der in MinScore übergeben wird. Gefundene Instanzen weisen in diesem Fall einen Score auf, der größer als der erste Eintrag ist, sowie einen Störwert der niedriger als der zweite Eintrag ist. Ist die Anzahl gefundener Instanzen größer als NumMatches, werden die besten NumMatches Instanzen in Bezug auf ihren Störwert zurückgegeben. MinScore hat weiterhin Vorrang vor NumMatches und NumMatches muss weiterhin auf *0* gesetzt werden um alle Modellinstanzen zu erhalten, die die Bedingungen von MinScore erfüllen. Es ist zu beachten, dass beim Tracken der Matches durch die Bildpyramide keine Matches verworfen werden, wenn Störparameter verwendet werden. Die Laufzeit mit Nutzung von Störparametern ist daher mindestens so hoch wie die Laufzeit ohne Störparameter mit auf *0* gesetztem Parameter NumMatches.

Falls NumMatches einen Wert enthält, liefert find_shape_models die NumMatches besten Instanzen des Modells unabhängig von der Art des Modells zurück. Falls z.B. in ModelIDs zwei Modelle übergeben werden und NumMatches $= 2$ gewählt wird, kann es sein, dass zwei Instanzen des ersten Modells und keine des zweiten Modells, eine Instanz des ersten Modells und eine des zweiten Modells oder keine Instanz des ersten Modells und zwei des zweiten Modells zurückgeliefert werden. Falls hingegen NumMatches mehrere Werte enthält, werden so viele Instanzen des jeweiligen Modells in ModelIDs zurückgeliefert, wie durch das entsprechende Element von NumMatches angegeben. Falls z.B. NumMatches $= [1, 1]$ gewählt wird, wird eine Instanz des ersten Modells und eine des zweiten Modells zurückgeliefert.

MaxOverlap: Falls das Modell Symmetrien aufweist, kann es vorkommen, dass mehrere Instanzen an ähnlichen Positionen im Bild, aber mit verschiedenen Rotationen gefunden werden. Mit dem Parameter MaxOverlap kann bestimmt werden, um welchen Anteil, ausgedrückt als Zahl zwischen 0 und 1, sich zwei Instanzen höchstens überlappen dürfen, damit sie als verschieden angesehen werden, und somit zurückgeliefert werden. Falls sich zwei Instanzen um mehr als MaxOverlap überlappen, wird nur die beste gefundene Instanz zurückgeliefert. Die Berechnung der Überlappung erfolgt anhand der kleinsten umschließenden Rechtecke beliebiger Orientierung der Konturen (siehe smallest_rectangle2). Bei MaxOverlap $= 0$ dürfen sich die gefundenen Instanzen nicht überlappen, bei MaxOverlap $= 1$ werden alle gefundenen Instanzen zurückgeliefert.

Falls MaxOverlap einen Wert enthält, wird die Überlappung für alle gefundenen Instanzen des Modells unabhängig von der Art des Modells berechnet. D.h., dass sich zu viel überlappende Instanzen verschiedener und gleicher Modelle eliminiert werden. Falls hingegen mehrere Werte in MaxOverlap übergeben werden, wird die Überlappung nur innerhalb der gefundenen Instanzen des jeweiligen Typs der Modelle in ModelIDs berechnet. D.h., es werden nur sich zu viel überlappende Instanzen gleicher Modelle eliminiert. Modelle verschiedenen Typs können sich in diesem Modus vollständig überlappen.

SubPixel: Der Parameter SubPixel gibt an, ob die Extraktion subpixelgenau erfolgen soll. Falls SubPixel auf *'none'* (oder *'false'* für Rückwärtskompatibilität) gesetzt wird, wird die Lage des Modells nur pixelgenau bzw. mit der bei create_shape_model angegebenen Winkelauflösung bestimmt. Falls SubPixel auf *'interpolation'* (oder *'true'*) gesetzt wird, werden sowohl die Position als auch die Rotation subpixelgenau bestimmt. Dabei wird die Lage des Modells anhand der Score-Funktion interpoliert. Dieser Modus kostet

fast keine Rechenzeit und liefert in den meisten Anwendungen eine ausreichende Genauigkeit. In manchen Anwendungen ist eine möglichst hohe Genauigkeit wichtig. In diesen Fällen kann die Lage des Modells durch Ausgleichsrechnung, d.h., durch Minimierung der Abstände der Modellpunkte und der zugehörigen Bildpunkte (Least-Squares Adjustment), bestimmt werden. Im Gegensatz zu *'interpolation'* kostet dieser Modus zusätzliche Rechenzeit. Mit den verschiedenen Modi (*'least_squares'*, *'least_squares_high'* und *'least_squares_very_high'*) kann dabei die Genauigkeit festgelegt werden, mit der der minimale Abstand gesucht wird. Je höher die Genauigkeit gewählt wird, desto länger dauert allerdings auch die Subpixel-Extraktion. Im Normalfall sollte für `SubPixel` *'interpolation'* gewählt werden. Falls die Ausgleichsrechnung gewünscht wird, sollte *'least_squares'* gewählt werden, da sich so der optimale Kompromiss zwischen Laufzeit und Genauigkeit ergibt.

Objekte, die im Vergleich zum Modell leicht deformiert im Bild erscheinen, können in manchen Fällen entweder nicht oder nur mit einer geringen Genauigkeit gefunden werden. Für solche Objekte besteht die Möglichkeit, im Parameter `SubPixel` zusätzlich die maximal zulässige Objektdeformation in Pixeln anzugeben. Dies kann mit Hilfe des optionalen Parameterwertes *'max_deformation '* und einer nachfolgenden Ganzzahl zwischen *0* und *32* (im selben String), die die maximale Deformation beschreibt, erfolgen. Kann die Form des Objektes z.B. bis zu 2 Pixel von der im Modell gespeicherten Form abweichen, muss im Parameter `SubPixel` der Wert *'max_deformation 2'* zusätzlich zum oben beschriebenen Modus für die subpixelgenaue Extraktion übergeben werden, also z.B. *['least_squares', 'max_deformation 2']*. Mit *'max_deformation 0'* wird das Objekt ohne Deformationen gesucht, also so als ob man kein *'max_deformation '* übergeben hätte. Zu beachten ist, dass größere Werte für die maximale Deformation oft zu erhöhten Laufzeiten führen. Außerdem besteht bei einem zu großen Wert die Gefahr, dass falsche Kandidaten gefunden werden. Beide Probleme können hauptsächlich bei kleinen Objekten oder Objekten mit feinen Strukturen auftreten. Der Grund hierfür ist, dass solche Objekte durch große erlaubte Deformationen ihre für die Suche wichtige charakteristische Form verlieren. Zu beachten ist auch, dass die Genauigkeit von teilweise verdeckten Objekten für höhere Deformationen abnehmen kann wenn Störobjekte in der Nähe des Objektes vorhanden sind. Die maximale Deformation sollte demnach immer nur so groß wie nötig und so gering wie möglich gewählt werden. Näherungsweise rotationssymmetrische Objekt könnten nicht gefunden werden, falls *'max_deformation'* und `AngleExtent` beide auf einen Wert größer 0 gesetzt sind. In dem Fall kann es zu Mehrdeutigkeiten kommen, die nicht aufgelöst werden können, sodass der Match als falsch verworfen wird. Wenn das passiert, versuchen Sie, entweder *'max_deformation'* oder `AngleExtent` auf 0 zu setzen oder das Modell so zu verändern, dass weniger Symmetrien auftreten. Die Score-Berechnung bei Deformationswerten größer *0* hängt von der Art der Subpixel-Extraktion ab. In den meisten Fällen wird sich der Score eines Matches verändern, wenn man *'least_squares'*, *'least_squares_high'* oder *'least_squares_very_high'* (siehe oben) wählt (im Vergleich zu *'none'* oder *'interpolation'*). Außerdem wird sich der Score in der Regel erhöhen, wenn man bei einer der Least-Squares-Adjustment-Methoden die maximale Deformation erhöht, da dann zu den Modellpunkten mehr zugehörige Bildpunkte gefunden werden können. Für einen aussagekräftigen Score und zum Vermeiden falscher Matches wird empfohlen, das Erlauben einer Deformation mit einer Subpixel-Extraktion mit einer der Least-Squares-Adjustment-Methoden zu kombinieren.

Falls die Subpixel-Extraktion und/oder die maximale Objektdeformation für jedes Modell einzeln spezifiziert werden sollen, muss in `SubPixel` die Subpixel-Extraktion genauso oft angegeben werden, wie die Anzahl von Elementen in `ModelIDs`. Nach jedem übergebenen Wert für die Subpixel-Extraktion kann optional ein zweiter Wert übergeben werden, der die maximale Objektdeformation für das jeweilige Modell beschreibt. Wird nach dem Wert für die Subpixel-Extraktion kein Wert für die Objektdeformation übergeben, wird das entsprechende Modell ohne Deformation gesucht. Falls z.B. zwei Modelle in `ModelIDs` angegeben sind und für das erste Modell die Subpixel-Extraktion *'interpolation'* ohne zulässige Objektdeformation gewählt werden soll und für das zweite Modell die Subpixel-Extraktion *'least_squares'* gewünscht ist sowie eine maximale Objektdeformation von *3* Pixeln, dann kann für den Parameter `SubPixel` das Tupel *['interpolation', 'least_squares', 'max_deformation 3']* übergeben werden. Alternativ kann auch das äquivalente Tupel *['interpolation', 'max_deformation 0', 'least_squares', 'max_deformation 3']* übergeben werden.

`NumLevels`: Mit `NumLevels` wird die Anzahl der Pyramidenebenen festgelegt, die bei der Suche verwendet werden soll. Die Anzahl der Ebenen wird gegebenenfalls auf den bei der Erzeugung mit `create_shape_model` angegebenen Bereich beschnitten. Falls `NumLevels` als *0* angegeben wird, wird die mit `create_shape_model` angegebene Anzahl verwendet.

In manchen Fällen kann es sein, dass die Anzahl der Pyramidenebenen, die beispielsweise automatisch mit `create_shape_model` ermittelt wurde, zu hoch ist. Dann werden eventuell Instanzen, die eine sehr hohe finale Bewertung gehabt hätten, bereits auf der höchsten Pyramidenebene ausgeschlossen und damit nicht gefunden. Anstatt nun `MinScore` auf einen sehr geringen Wert zu setzen, um alle Matches zu finden, kann der Wert von `NumLevels` mit `get_shape_model_params` ermittelt werden und dann ein etwas geringerer Wert in `find_shape_models` genutzt werden. Diese Herangehensweise führt oft zu besseren

Ergebnissen hinsichtlich Geschwindigkeit und Robustheit.

Optional kann NumLevels einen zweiten Wert enthalten, der die unterste Pyramidenebene spezifiziert, bis auf welche die Matches verfolgt werden sollen. Ein Wert von *[4,2]* bedeutet also, dass das Matching auf der vierten Pyramidenebene begonnen wird und auf der zweituntersten Pyramidenebene beendet wird (die unterste Pyramidenebene hat den Wert 1). Dieser Mechanismus kann dazu verwendet werden, Laufzeit einzusparen. Allerdings ist in diesem Modus im Allgemeinen die Genauigkeit der gefundenen Lageparameter geringer als im Normalfall, in dem die Matches bis auf die unterste Pyramidenebene verfolgt werden. Falls eine hohe Genauigkeit erzielt werden soll, empfiehlt es sich also, mindestens *'least_squares'* für SubPixel zu verwenden. Falls die unterste zu verwendende Pyramidenebene zu groß gewählt wird, kann es vorkommen, dass die gewünschte Genauigkeit nicht mehr erreicht werden kann, oder dass falsche Instanzen des Modells gefunden werden, weil das Modell auf den oberen Pyramidenstufen nicht eindeutig genug ist, um eine sichere Selektion der korrekten Instanz des Modells zu ermöglichen. In diesem Fall muss ein kleinerer Wert für die unterste zu verwendende Pyramidenebene gewählt werden.

Falls die unterste Pyramidenebene für jedes Modell einzeln spezifiziert werden soll, müssen in NumLevels zweimal die Anzahl von Elementen in ModelIDs angegeben werden. Dabei sind die Anzahl der Pyramidenebenen und der untersten Pyramidenebenen verschränkt anzugeben. Falls z.B. zwei Modelle in ModelIDs angegeben sind, die oberste Pyramidenebene für das erste Modell 5 und für das zweite Modell 4 sein soll und die unterste Pyramidenebene für das erste Modell 2 und für das zweite 1 sein soll, so ist NumLevels $= [5, 2, 4, 1]$ zu wählen. Falls genau zwei in ModelIDs angegeben sind, ergibt sich als Spezialfall, dass, falls die unterste Pyramidenebene spezifiziert werden soll, die oberste und unterste Pyramidenebene für beide Modelle explizit spezifiziert werden muss, selbst wenn sie gleich sind. Ein Tupel der Länge zwei in NumLevels wird in diesem Fall nämlich als Spezifikation der obersten Pyramidenebene für die zwei Modelle interpretiert.

In mangelhaften Eingabebildern, d.h., in Bildern die z.B. unscharf, deformiert oder verrauscht sind, kann auf der untersten Pyramidenebene oft keine Instanz des Formmodells gefunden werden, da aufgrund der mangelhaften Bildqualität nicht genügend Kanteninformation vorhanden ist, oder die Kanten zu stark deformiert sind. Auf höheren Pyramidenebenen dagegen kann die Kanteninformation noch ausreichend sein um Instanzen des Modells zu finden, wobei auch hierbei die oben beschriebenen Einschränkungen bezüglich Genauigkeit und Robustheit gelten. Die Wahl der passenden Pyramidenebene, d.h., der untersten Pyramidenebene auf der noch eine Instanz des Modells gefunden wird, hängt sowohl vom Modell als auch vom Eingabebild ab. Diese Pyramidenebene kann also von Bild zu Bild variieren. Um das Matching auf mangelhaften Bildern zu erleichtern, kann die unterste Pyramidenebene, auf der noch eine Instanz des Modells gefunden wird, während des Matchings automatisch bestimmt werden. Um diesen als 'increased tolerance mode' bezeichneten Mechanismus zu aktivieren, muss die unterste Pyramidenebene in NumLevels negativ angegeben werden. Wird z.B. NumLevels $= [5, 2, 4, -1]$ gesetzt, so ist die unterste Pyramidenebene für das erste Modell 2. Kann auf der Pyramidenebene 2 keine Instanz des ersten Formmodells gefunden werden, so wird für dieses Modell kein Ergebnis zurückgegeben. Für das zweite Modell ist in diesem Beispiel die unterste Pyramidenebene auf *-1* gesetzt. Daher wird versucht, eine Instanz des Formmodells auf der Pyramidenebene 1 zu finden. Kann auf dieser Pyramidenebene keine Instanz gefunden werden, so wird die unterste Pyramidenebene ermittelt, auf der noch Instanzen des Modells gefunden wurden. Die Instanzen dieser Pyramidenebene werden dann als Ergebnis zurückgegeben.

Wenn ein Modell mit adapt_shape_model_high_noise angepasst wurde wird die geschätzte untere Pyramidenstufe per Standardeinstellung verwendet. Der Benutzer kann den geschätzten Wert dennoch überschreiben, indem er jeweils zwei Werte an NumLevels übergibt und damit explizit die untere Pyramidenstufe setzt.

Greediness: Der Parameter Greediness bestimmt, wie „gierig" die Suche durchgeführt werden soll. Für Greediness $= 0$ wird eine sichere Suchheuristik verwendet, die das Modell, falls im Bild vorhanden, immer findet, wenn die anderen Parameter passend gesetzt sind. Allerdings ist die Suche hiermit relativ zeitaufwendig. Für Greediness $= 1$ wird eine unsicherere Suchheuristik verwendet, bei der es in seltenen Fällen vorkommen kann, dass das Modell nicht gefunden wird, obwohl es im Bild sichtbar ist. Für Greediness $= 1$ wird die maximale Suchgeschwindigkeit erreicht. In den allermeisten Fällen wird das Formmodell für Greediness $= 0.9$ immer sicher gefunden.

Ausgabeparameter im Detail

Row, Column und Angle: Die Position und Rotation der gefundenen Instanzen der Modelle wird in Row, Column und Angle zurückgeliefert. Die Koordinaten Row und Column sind die Koordinaten des Ursprungs des Modells im Suchbild. Normalerweise ist der Ursprung des Modells der Schwerpunkt der Region

des Bildes, das zur Erzeugung des Formmodells mit `create_shape_model` verwendet wurde. Ein anderer Ursprung kann mit `set_shape_model_origin` festgelegt werden.

Beachten Sie, dass die Koordinaten `Row` und `Column` nicht exakt mit dem Ursprung des Modells übereinstimmen und daher nicht direkt verwendet werden sollten. Die Werte sind dafür optimiert, die Transformationsmatrix zu erzeugen, mit der die Matching-Ergebnisse für verschiedene Aufgaben verwendet werden können, z.B. um ROIs für andere Bildverarbeitungsschritte einem Objekt nachzuführen. Das bei `find_shape_model` angegebene Beispiel zeigt, wie diese Matrix erzeugt wird und wie man damit das Modell an der gefundenen Position im Suchbild visualisiert.

Beachten Sie, dass die Visualisierung aber auch mit der Prozedur `dev_display_shape_matching_results` realisiert werden kann.

`Score`: In `Score` wird die Bewertung der gefundenen Instanzen zurückgegeben. Die Bewertung ist eine Zahl zwischen 0 und 1 und ist ein ungefähres Maß dafür, welcher Anteil des Modells im Bild zu sehen ist. Falls z.B. die Hälfte des Modells im Bild verdeckt ist, kann die Bewertung nicht größer als 0.5 sein.

Falls das Formmodell mit `set_shape_model_clutter` um Störparameter erweitert wurde, gibt `Score`, nach den oben genannten Werten, auch den Störwert jeder gefundenen Instanz zurück. Falls beispielsweise die Hälfte der Störregion Störkanten aufweist entspricht der Störwert 0.5. Werden z.B. zwei Instanzen gefunden, wobei für Erstere eine Bewertung von 0.9 und für die zweite 0.8 erreicht wird und der Störwert der ersten Instanz 0.2, der zweiten Instanz 0.1 ist, wird $\texttt{Score} = [0.9, 0.8, 0.2, 0.1]$ zurückgegeben. Es ist zu beachten, dass von sämtlichen Ergebnissen des formbasierten Matchings die Störwerte am stärksten von Beleuchtungsänderungen beeinflusst werden.

`Model`: Der gefundene Modelltyp wird in `Model` zurückgeliefert. Die Elemente von `Model` sind ein Index in das Tupel `ModelIDs`, d.h. sie können Werte von 0 bis $|\texttt{ModelIDs}| - 1$ enthalten. Ein Wert von 0 in einem Element von `Model` entspricht also einer Instanz des ersten in `ModelIDs` übergebenen Modells.

Setzen eines Timeout

Mittels des Operators `set_shape_model_param` können Sie einen *'timeout'* für `find_shape_models` angeben. Falls die durch `ModelIDs` referenzierten Modelle unterschiedliche Werte für *'timeout'* besitzen, wählt `find_shape_models` den niedrigsten aus. Wenn `find_shape_models` diesen *'timeout'* erreicht endet er ohne Ergebnis und gibt den Fehlercode 9400 (H_ERR_TIMEOUT) zurück.

MinContrast bei mehreren Modellen

Wenn über den Parameter `ModelIDs` mehrere Modelle übergeben werden, sollten diese mit dem gleichen Wert für `MinContrast` erzeugt worden sein. Falls sie mit unterschiedlichen Werten für `MinContrast` erzeugt worden sind, wird in `find_shape_models` der kleinste dieser Werte verwendet.

Darstellung der Resultate

Die Verwendung der Prozedur `dev_display_shape_matching_results` wird zur Darstellung der Resultate formbasierten Matchings stark empfohlen.

Weitere Informationen

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild, in dem die Modelle gefunden werden sollen.
- ▷ **`ModelIDs`** (input_control) ..... shape_model(-array) ⇝ *handle*
  Handle der Modelle.
- ▷ **`AngleStart`** (input_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Rotation der Modelle.
  Default: -0.39
  Wertevorschläge: `AngleStart` ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}
- ▷ **`AngleExtent`** (input_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Ausdehnung des Winkelbereichs.
  Default: 0.79
  Wertevorschläge: `AngleExtent` ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39, 0.0}
  Restriktion: AngleExtent >= 0

▷ **MinScore** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen der Modelle.
Default: 0.5
Wertevorschläge: MinScore ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ MinScore ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **NumMatches** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der zu findenden Instanzen der Modelle (oder 0 für alle Treffer).
Default: 1
Wertevorschläge: NumMatches ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}

▷ **MaxOverlap** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Maximale Überlappung der zu findenden Instanzen der Modelle.
Default: 0.5
Wertevorschläge: MaxOverlap ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ MaxOverlap ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **SubPixel** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Subpixelgenauigkeit falls ungleich *'none'*.
Default: 'least_squares'
Wertevorschläge: SubPixel ∈ {'none', 'interpolation', 'least_squares', 'least_squares_high', 'least_squares_very_high', 'max_deformation 1', 'max_deformation 2', 'max_deformation 3', 'max_deformation 4', 'max_deformation 5', 'max_deformation 6'}

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der verwendeten Pyramidenebenen (und unterste zu verwendende Pyramidenebene falls |NumLevels| = 2).
Default: 0
Werteliste: NumLevels ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **Greediness** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
„Gierigkeit" der Suchheuristik (0: sicher aber langsam; 1: schnell aber Matches können „übersehen" werden).
Default: 0.9
Wertevorschläge: Greediness ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ Greediness ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **Row** (output_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinate der gefundenen Instanzen der Modelle.

▷ **Column** (output_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinate der gefundenen Instanzen der Modelle.

▷ **Angle** (output_control) . . . . . angle.rad-array ⇝ *real*
Rotationswinkel der gefundenen Instanzen der Modelle.

▷ **Score** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Bewertung der gefundenen Instanzen der Modelle.

▷ **Model** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Index der gefundenen Instanzen der Modelle.

Beispiel

```
read_image (Image, 'pcb_focus/pcb_focus_telecentric_061')
gen_rectangle1 (ROI_0, 236, 241, 313, 321)
gen_circle (ROI_1, 281, 653, 41)
reduce_domain (Image, ROI_0, ImageReduced1)
reduce_domain (Image, ROI_1, ImageReduced2)

create_shape_model (ImageReduced1, 0, rad(-45), rad(180), 0, \
                    'none', 'use_polarity', 30, 10, ModelID1)
create_shape_model (ImageReduced2, 0, rad(-45), rad(180), 0, \
```

```
                    'none', 'use_polarity', 30, 10, ModelID2)
ModelIDs:=[ModelID1, ModelID2]
find_shape_models (Image, ModelIDs, rad(-45), rad(90), 0.7, [1,1], 0.5, \
                   'least_squares', 0, 1, Row, Column, Angle, Score, Model)
* Display results
dev_display_shape_matching_results (ModelIDs, 'red', Row, Column, Angle, \
                                    1, 1, Model)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `find_shape_models` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`add_channels`, `create_shape_model`, `read_shape_model`, `set_shape_model_origin`, `set_shape_model_param`, `set_shape_model_clutter`

Nachfolger

`clear_shape_model`

Alternativen

`find_generic_shape_model`

Siehe auch

`set_system`, `get_system`

Modul

Matching

get_generic_shape_model_object (: Object : ModelID, GenParamName :)

Auslesen von Objektparametern eines Formmodells.

Der Operator `get_generic_shape_model_object` liest Objektparameter des Formmodells `ModelID` aus und liefert sie in `Object` zurück.

Der Parameter `GenParamName` wählt aus, welches ikonische Objekt abgefragt werden soll. Folgende Werte sind möglich:

'clutter_region': Störregion des Formmodells.

'contours': Repräsentation des Formmodells `ModelID` für die unterste Pyramidenstufe als XLD Konturen. Die Kontur ist dabei so verschoben, dass der Ursprung des Modells mit den Koordinaten *'origin_row'* und *'origin_column'* (siehe `set_generic_shape_model_param`) auf dem Ursprung des Pixel-zentrierten HALCON Standard Koordinatensystem liegt (siehe Transformationen / 2D-Transformationen). Die Konturen können z.B. dazu verwendet werden, die gefundenen Instanzen des Modells in einem Bild zu visualisieren.

Parameter

▷ **Object** (output_object) ..... (multichannel-)object(-array) ⇝ *object*
Auszulesende Objekte des Formmodells.

▷ **ModelID** (input_control) ..... shape_model ⇝ *handle*
Handle des Formmodells.

▷ **GenParamName** (input_control) ..... string-array ⇝ *string*
Parametername.
Default: 'clutter_region'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'clutter_region', 'contours'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_generic_shape_model_object` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_generic_shape_model`, `set_generic_shape_model_object`, `train_generic_shape_model`

Modul

Matching

get_generic_shape_model_param (: : ModelID, GenParamName : GenParamValue)

Auslesen der Parameter des Formmodells.

Der Operator `get_generic_shape_model_param` gibt die Parameterwerte `GenParamValue` für `GenParamName` des Formmodells `ModelID` zurück.

Für eine Beschreibung der setzbaren Werte `GenParamValue`, siehe `set_generic_shape_model_param`. Zusätzliche Parameter, deren Werte lediglich ausgelesen werden können, sind:

- *'has_samples'*:
  Gibt an, ob das Modell gesetzte Trainingsdaten für die erweiterte Parameterschätzung enthält (*'true'*) oder nicht (*'false'*).
- *'score_visualization_enabled'*:
  Gibt an, ob die gesetzten Parameter mit *'score_visualization'* kompatibel sind und somit die Berechnung der Score-Beiträge der einzelnen Modellpunkte für einen gefundenen Match in `find_generic_shape_model` zulassen (*'true'*) oder nicht (*'false'*).
- *'needs_training'*:
  Gibt an, ob das Modell mit `train_generic_shape_model` trainiert werden muss bevor es von `find_generic_shape_model` verwendet werden kann (*'true'*) oder nicht (*'false'*).
- *'scale_type'*:
  String, der die Art von Skalierung des Formmodells beschreibt.

Der Operator `get_generic_shape_model_param` gibt Werte so zurück wie sie vom Formmodell verwendet werden. Da bestimmte Parameter durch den Aufruf von `train_generic_shape_model` modifiziert werden können, kann sich deren Werte von den gesetzten Werten unterscheiden. Dies gilt insbesondere für Parameter, deren Werte automatisch bestimmt werden, beispielsweise Werte, die auf *'auto'* gesetzt wurden. Der (unmodifizierte) gesetzte Wert von `GenParamName` kann durch das Hinzufügen des Suffix *'_param'* an den Parameternamen abgefragt werden.

Beispiel: Nach dem Aufruf von `train_generic_shape_model` gibt *'num_levels'* den geschätzten und *'num_levels_param'* den gesetzten Wert (z.B. der Standardwert oder der vom Nutzer gesetzte Wert).

Die Ausnahmen dieser Regel sind:

- *'greediness'*, wenn *'extended_parameter_estimation'* auf den Wert *'per_level'* gesetzt ist.
- *'min_score'*, wenn *'extended_parameter_estimation'* auf den Wert *'per_level'* gesetzt ist.

Parameter

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . shape_model ⇝ *handle*
Handle des Formmodells.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Parameternamen.
Default: 'min_score'
Werteliste: GenParamName ∈ {'angle_end', 'angle_start', 'angle_step', 'border_shape_models', 'clutter_border_mode', 'clutter_contrast', 'clutter_hom_mat_2d', 'contrast_high', 'contrast_low', 'extended_parameter_estimation', 'score_visualization', 'greediness', 'has_samples', 'iso_scale_max', 'iso_scale_min', 'iso_scale_step', 'max_clutter', 'max_deformation', 'max_overlap', 'max_overlap_global_enable', 'metric', 'min_contrast', 'min_score', 'min_size', 'model_cache', 'model_identifier', 'score_visualization_enabled', 'needs_training', 'num_levels', 'num_matches', 'optimization', 'origin_column', 'origin_row', 'prepare_contours_for_visualization', 'prepare_clutter_region_for_visualization', 'pyramid_level_highest', 'pyramid_level_lowest', 'pyramid_level_robust_tracking', 'restrict_iso_scale_max', 'restrict_iso_scale_min', 'restrict_scale_column_max', 'restrict_scale_column_min', 'restrict_scale_row_max', 'restrict_scale_row_min', 'scale_column_max', 'scale_column_min', 'scale_column_step', 'scale_row_max', 'scale_row_min', 'scale_row_step', 'scale_type', 'strict_boundaries', 'subpixel', 'time_measurement', 'timeout', 'use_clutter'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string
Parameterwerte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_generic_shape_model_param den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_generic_shape_model, set_generic_shape_model_param, train_generic_shape_model

Modul

Matching

get_generic_shape_model_result (: : MatchResultID, MatchSelector, GenParamName : GenParamValue)

Auslesen alphanumerischer Werte des Matching-Ergebnisses.

get_generic_shape_model_result gibt alphanumerische Ergebnisse des formbasierten Matchings in GenParamValue zurück. Die in MatchResultID enthaltenen Matches sind absteigend nach ihrem Score sortiert.

Der Parameter MatchSelector dient zur Auswahl von welchen Matches Werte ausgelesen werden sollen. Die Reihenfolge der Matches wird dabei ihren Scores entsprechend beibehalten, daher ist die Auswahl unabhängig von der Reihenfolge der Auswahlkriterien die in MatchSelector übergeben werden. Zudem wird ein Matching-Ergebnis nur einmal zurückgegeben, auch wenn es mehr als ein Auswahlkriterium erfüllt.

Für MatchSelector können folgende Auswahlkriterien verschiedener Arten übergeben und kombiniert werden:

- *'all'*:
  Alle Matching-Ergebnisse werden ausgewählt.
- *'best'*:
  Das Matching-Ergebnis mit dem höchsten Score wird ausgewählt.
- Ergebnisindex:
  Wird eine (ganze) Zahl für `MatchSelector` gesetzt, wird damit der Index des Matches in `MatchResultID` festgelegt.
  Wertebereich: 0 bis n-1 (wobei n für die Anzahl Ergebnisse steht).
  Ist der angegebene Index außerhalb des zulässigen Wertebereichs wird eine Fehlermeldung zurückgegeben.
- Identifikator des Formmodells:
  Alle Matches die mit einem bestimmten Formmodell gefunden wurden werden ausgewählt. Dazu kann der Modell-Identifikator *'model_identifier'* als String an `MatchSelector` übergeben werden.
- Handle des Formmodells:
  Alle Matches die mit einem bestimmten Formmodell gefunden wurden werden ausgewählt. Dazu kann das Handle des Formmodells an `MatchSelector` übergeben werden.

Falls `MatchSelector` kein gültiges Auswahlkriterium ist, wird eine Fehlermeldung zurückgegeben.

`GenParamName` gibt an welcher alphanumerische Ergebniswert zurückgegeben werden soll. Folgende Werte sind setzbar:

- *'num_match_result'*:
  Anzahl Matches. Für mehrere Auswahlkriterien in `MatchSelector` wird die kumulierte Anzahl zurückgegeben.
- *'model_identifier'*:
  String der das Modell identifiziert, mit welchem der Match gefunden wurde.
- *'score'*:
  Score des gefundenen Matches. Der Score ist eine Zahl zwischen 0 und 1 und gibt näherungsweise an wie gut das Modell im Bild gefundenen wurde. Für weitere Informationen zur Bedeutung des Scores, siehe „`Solution Guide II-B - Matching`", Kapitel 'General Topics', Abschnitt 'About the Score'.
- *'angle'*:
- *'angle'*:
  Rotationswinkel des gefundenen Matches.
  Wertebereich: $-3.14 \leq$ *'angle'* ≤ 3.14 ($=\pi$).
- *'row'*:
  Zeilenkoordinate des gefundenen Matches im Suchbild. Die Koordinate bezieht sich auf den Ursprung des Formmodells.
- *'column'*:
  Spaltenkoordinate des gefundenen Matches im Suchbild. Die Koordinate bezieht sich auf den Ursprung des Formmodells.
- *'scale_row'*:
  Skalierung des gefundenen Matches in Zeilenrichtung.
- *'scale_column'*:
  Skalierung des gefundenen Matches in Spaltenrichtung.
- *'hom_mat_2d'*:
  Homographische Transformationsmatrix zum Transformieren der Formmodellkonturen von ihrem Ursprung an den Ort im Suchbild an dem der Match gefunden wurde. Dabei werden Position, Rotation und Skalierung berücksichtigt. Für weitere Informationen zur Transformation mit homographischen Matrizen siehe `affine_trans_point_2d`.
- *'clutter_score'*:
  Störwert des gefundenen Matches. Der Wert ist eine Zahl zwischen 0 und 1 und gibt näherungsweise an wie stark Störkanten in der Störregion vorhanden sind.

- *'clutter_hom_mat_2d'*:
  Homographische Transformationsmatrix zum Transformieren der Störregion des Formmodells von ihrem Ursprung an den Ort im Suchbild an dem der Match gefunden wurde. Dabei werden Position, Rotation und Skalierung berücksichtigt. Für weitere Informationen zur Transformation mit homographischen Matrizen siehe `affine_trans_point_2d`.
- *'match'*:
  Dictionary, welches die Koordinate *'row'*, *'column'*, den Rotationswinkel *'angle'*, die Skalierung *'scale_row'*, *'scale_column'*, den Score *'score'* und die homographische Transformation *'hom_mat_2d'* des gefundenen Matches enthält. Die beiden Clutter-spezifischen Ergebnisse *'clutter_score'* und *'clutter_hom_mat_2d'* sind nur im Dictionary enthalten, falls Clutter trainiert und verwendet wurde (siehe `set_generic_shape_model_object` mit *'clutter_region'*).
- *'time_measurement'*:
  Dictionary mit den Zeitmessungen während der Suche. Es ist zu beachten, dass die Summe der Einzelzeiten weniger als die gesamte Zeit des Operatorenaufrufs ist. Das Dictionary enthält die vier Hauptschritte der Suchpipeline *'pipeline'*:
  - *'pyramid'*:
    Zeit zur Erzeugung der Bildpyramide.
  - *'top_level'*:
    Zeit zur Suche der Kandidaten auf der obersten Pyramidenstufe.
  - *'tracking'*:
    Zeit zum Propagieren der Kandidaten von der obersten Pyramidenstufe auf die unterste.
  - *'subpixel_refinement'*:
    Zeit zur Verfeinerung am Ende der Suche.

  Restriktion: `MatchSelector` muss auf *'all'* gesetzt werden.

Es ist zu beachten, dass für Werte, die sich auf die Lage der Matches beziehen Koordinaten als Ecken-zentrierte Koordinaten gegeben werden. Für weitere Informationen über Ecken-zentrierte Koordinaten siehe das Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen.

Parameter

▷ **`MatchResultID`** (input_control) . . . . . generic_shape_model_result ⇝ *handle*
Handle der Matches.

▷ **`MatchSelector`** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string* / integer
Selektor für die auszulesenden Matching-Ergebnisse.
Default: 'all'
Werteliste: `MatchSelector` ∈ {'all', 'best'}

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Name des auszulesenden Ergebnisparameters.
Default: 'score'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'num_match_result', 'model_identifier', 'score', 'angle', 'row', 'column', 'scale_row', 'scale_column', 'hom_mat_2d', 'clutter_score', 'clutter_hom_mat_2d', 'match', 'time_measurement'}

▷ **`GenParamValue`** (output_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string
Wert des auszulesenden Ergebnisparameters.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_generic_shape_model_result` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`find_generic_shape_model`

Modul

Matching

get_generic_shape_model_result_object (: Objects : MatchResultID, MatchSelector, GenParamName :)

Auslesen von Objekten des Matching-Ergebnisses.

get_generic_shape_model_result_object gibt in Objects die ikonischen Ergebnisse eines formbasierten Matchings zurück. Die Matching-Ergebnisse sind in MatchResultID enthalten.

Der Parameter MatchSelector dient zur Auswahl von welchen Matches Werte ausgelesen werden sollen. Für weitere Informationen und eine Liste von unterstützten Werten für MatchSelector siehe get_generic_shape_model_result.

GenParamName gibt an welches Objekt des Matching-Ergebnisses zurückgegeben werden soll. Folgende Werte sind setzbar:

'contours': Die Modellkonturen, dem Matching-Ergebnis entsprechend transformiert.

Achtung: Die Modellkonturen sind nur verfügbar, wenn bei der Suche *'prepare_contours_for_visualization'* auf *'true'* gesetzt war.

'clutter_region': Die Region in der keine Störungen auftreten sollen.

Achtung: Die Störregion ist nur verfügbar, wenn eine Störregion dem Formmodell hinzugefügt worden ist und bei der Suche *'prepare_clutter_region_for_visualization'* auf *'true'* gesetzt war.

Ein Dictionary: Parameter, die zusätzliche Informationen benötigen um ein ikonisches Ergebnisse zurückzugeben, werden in einem Dictionary als Schlüssel 'param_name' mit zusätzlichen Schlüssel-Werte-Paaren übergeben. Dabei hängen die zusätzlichen Schlüssel-Werte-Paare vom abgefragten 'param_name' ab. Unbekannte Schlüssel werden ignoriert. Die folgenden Parameter können abgefragt werden:

- score_visualization_contours: Teile der Modellkonturen, bei denen die Score-Beiträge der einzelnen Modellpunkte im übergebenen Interval sind. Die Modellkonturen sind dem Matching-Ergebnis entsprechend transformiert. Die folgenden zusätzlichen Schlüssel sind notwendig, um score_visualization_contours abzufragen:
  - low: Unterer Schwellwert des Intervals. Modellkonturen mit Score-Beiträgen größer oder gleich low werden zurückgegeben. Für low kann ein reeller Wert im Bereich [*-1.0*, *1.0*] gesetzt werden oder der String *'min'* als niedrigster möglicher Wert übergeben werden.
  - high: Oberer Schwellwert des Intervals. Modellkonturen mit Score-Beiträgen kleiner als high werden zurückgegeben. Für high kann ein reeller Wert im Bereich [*-1.0*, *1.0*] gesetzt werden oder der String *'max'* als höchster möglicher Wert übergeben werden. Es ist zu beachten, dass für *1.0* und *'max'* der Schwellwert inkludierend betrachtet wird, sprich Teile der Kontur mit Score-Beiträgen kleiner und gleich zu *1.0* und *'max'* zurückgegeben werden.

  Die Score-Beiträge werden in find_generic_shape_model für jeden Modellpunkt berechnet. Alle Teile der Kontur, deren Median aus benachbarten Score-Beiträgen größer oder gleich low und kleiner als high ist, werden zurückgegeben.
  Details zur Auswahl
  - 16 Score-Beiträge werden beim Median einbezogen.
  - Für Modellkonturen mit weniger als 16 Score-Beiträgen werden alle verfügbaren Score-Beiträge einmal ausgewertet und mit den Schwellwerten verglichen.
  - Für längere, geschlossene Konturen wird der Bereich, in dem Score-Beiträge einbezogen werden, über Start- und Endpunkt der Kontur hinaus fortgesetzt.
  - Für längere, offene Konturen wird der jeweils erste oder letzte Wert am Start oder Ende wiederholt.

  Es ist zu beachten, dass abhängig vom in find_generic_shape_model gesetzten Wert *'metric'* die Wertebereiche der Score-Beiträge unterschiedlich sind.
  Achtung: Die Score-Beiträge sind nur verfügbar, wenn bei der Suche *'score_visualization'* auf *'true'* gesetzt war.

Parameter

▷ **Objects** (output_object) ..... (multichannel-)object(-array) ⇝ *object*
Auszulesende Objekte des Matching-Ergebnisses.

▷ **MatchResultID** (input_control) ..... generic_shape_model_result ⇝ *handle*
Handle der Matches.

▷ **MatchSelector** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string* / integer
Selektor für die auszulesenden Matching-Ergebnisse.
Default: 'all'
Werteliste: MatchSelector ∈ {'all', 'best'}

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string* / handle
Name des auszulesenden Ergebnisparameters.
Default: 'contours'
Werteliste: GenParamName ∈ {'contours', 'clutter_region'}

Beispiel

```
* Get score visualization contours by passing a dictionary for GenParamName.
GenParamName := dict{param_name: 'score_visualization_contours'}
GenParamName.low := 0.25
GenParamName.high := 'max'
get_generic_shape_model_result_object (ScoreVisContour, MatchResultID, \
                                       'all', GenParamName)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_generic_shape_model_result_object den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

find_generic_shape_model

Modul

Matching

get_shape_model_clutter (: ClutterRegion : ModelID, GenParamName : GenParamValue, HomMat2D, ClutterContrast)

Auslesen der Störparameter eines Formmodells.

Der Operator get_shape_model_clutter kann dazu genutzt werden, die Störparameter des Formmodells ModelID zu untersuchen, die zuvor mit set_shape_model_clutter gesetzt wurden. Ebenfalls kann der Wert von *'use_clutter'*, der in set_shape_model_param gesetzt werden kann, abgefragt werden, indem GenParamName auf *'use_clutter'* gesetzt wird. Für eine Beschreibung der Parameter siehe set_shape_model_clutter sowie set_shape_model_param.

Parameter

▷ **ClutterRegion** (output_object) . . . . . region ⇝ *object*
Region, in der keine Störungen auftreten sollen.

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . shape_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Parameternamen.
Default: 'use_clutter'
Werteliste: GenParamName ∈ {'use_clutter', 'clutter_border_mode'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string* / real / integer
Parameterwerte.

▷ **HomMat2D** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Transformationsmatrix.

▷ **ClutterContrast** (output_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Minimaler Kontrast einer Störung.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_shape_model_clutter` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`set_shape_model_clutter`, `read_shape_model`, `deserialize_shape_model`

Nachfolger

`find_shape_model`, `find_scaled_shape_model`, `find_aniso_shape_model`, `find_shape_models`, `find_scaled_shape_models`, `find_aniso_shape_models`

Siehe auch

`create_shape_model`, `create_scaled_shape_model`, `create_aniso_shape_model`, `set_shape_model_param`

Modul

Matching

get_shape_model_contours (: ModelContours : ModelID, Level :)

Auslesen der Konturrepräsentation eines Formmodells.

Der Operator `get_shape_model_contours` gibt in `ModelContours` eine Repräsentation des Formmodells `ModelID` als XLD-Konturen zurück. Der Parameter `Level` gibt an, für welche Pyramidenstufe des Modells die Konturrepräsentation zurückgegeben werden soll. Die Konturen können z.B. zur Visualisierung der gefundenen Instanzen des Modells verwendet werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Lage von `ModelContours` so normalisiert worden ist, dass der Referenzpunkt des Modells (siehe `set_shape_model_origin`) an der Pixelposition $(0, 0)$ liegt. D.h., die Konturen müssen lediglich an die gefundene Stelle verschoben werden (und eventuell um diesen Punkt rotiert und skaliert werden).

Parameter

▷ **ModelContours** (output_object) . . . . . xld_cont-array ⇝ *object*
Konturrepräsentation des Formmodells.

▷ **ModelID** (input_control) . . . . . shape_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

▷ **Level** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Pyramidenebene, für die die Konturrepräsentation zurückgegeben werden soll.
Default: 1
Wertevorschläge: `Level` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}
Restriktion: Level >= 1

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert `get_shape_model_contours` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_shape_model, create_scaled_shape_model, create_aniso_shape_model, read_shape_model

Alternativen

get_generic_shape_model_object

Siehe auch

find_shape_model, find_scaled_shape_model, find_aniso_shape_model, find_shape_models, find_scaled_shape_models, find_aniso_shape_models

Modul

Matching

get_shape_model_origin (: : ModelID : Row, Column)

Auslesen des Ursprungs (Referenzpunktes) eines Formmodells.

Der Operator get_shape_model_origin gibt den Ursprung (Referenzpunkt) des Formmodells ModelID zurück. Der Ursprung wird relativ zum Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des Formmodells mit create_shape_model, create_scaled_shape_model oder create_aniso_shape_model verwendet wurde, angegeben. Ein Ursprung von (0,0) heißt also, dass der Schwerpunkt der Region des Modellbildes verwendet wird. Ein Ursprung von (-20,-40) heißt, dass der Ursprung links oberhalb des Schwerpunktes liegt.

Parameter

- ▷ **ModelID** (input_control) ..... shape_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells.
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Ursprungs des Formmodells.
- ▷ **Column** (output_control) ..... point.x ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Ursprungs des Formmodells.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert get_shape_model_origin den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_generic_shape_model, read_shape_model, set_shape_model_origin

Nachfolger

find_generic_shape_model

Siehe auch

area_center

Modul

Matching

get_shape_model_params (: : ModelID : NumLevels, AngleStart, AngleExtent, AngleStep, ScaleMin, ScaleMax, ScaleStep, Metric, MinContrast)

Auslesen der Parameter eines Formmodells.

Der Operator get_shape_model_params gibt die zur Erzeugung des Formmodells ModelID mit create_shape_model, create_scaled_shape_model oder create_aniso_shape_model verwendeten Parameter zurück. Dies ist insbesondere hilfreich, um die Parameter NumLevels, AngleStep, ScaleStep oder MinContrast zu überprüfen, falls diese durch create_shape_model, create_scaled_shape_model oder create_aniso_shape_model automatisch bestimmt wurden.

Wenn ModelID mit adapt_shape_model_high_noise angepasst wurde, wird NumLevels zwei Werte enthalten: die oberste Pyramidenstufe und die geschätzte unterste Pyramidenstufe.

Falls das Formmodell mit create_shape_model oder create_scaled_shape_model erzeugt worden ist, wird in ScaleMin, ScaleMax und ScaleStep jeweils ein Wert für den jeweiligen isotropen Skalierungsparameter zurückgegeben. Falls das Formmodell mit create_aniso_shape_model erzeugt worden ist, werden in den obigen drei Parametern jeweils zwei Werte zurückgegeben. Dabei bezieht sich der jeweils erste Parameter auf die Skalierung in Zeilenrichtung, der jeweils zweite Parameter auf die Skalierung in Spaltenrichtung.

Zu beachten ist, dass die Parameter Optimization und Contrast, die während der Modellgenerierung ebenfalls automatisch bestimmt werden können, nicht mit get_shape_model_params abgefragt werden können. In diesem Fall sollte determine_shape_model_params statt get_shape_model_params verwendet werden.

Parameter

- ▷ **ModelID** (input_control) . . . . . shape_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells.
- ▷ **NumLevels** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Anzahl von Pyramidenebenen.
- ▷ **AngleStart** (output_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Rotation des Musters.
- ▷ **AngleExtent** (output_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Ausdehnung des Winkelbereichs.
  Zusicherung: AngleExtent >= 0
- ▷ **AngleStep** (output_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Schrittweite der Winkel (Auflösung).
  Zusicherung: AngleStep >= 0 && AngleStep <= pi / 2
- ▷ **ScaleMin** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Skalierung des Musters.
  Zusicherung: ScaleMin > 0
- ▷ **ScaleMax** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Größte auftretende Skalierung des Musters.
  Zusicherung: ScaleMax >= ScaleMin
- ▷ **ScaleStep** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Schrittweite der Skalierungen (Auflösung).
  Zusicherung: ScaleStep >= 0
- ▷ **Metric** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
- ▷ **MinContrast** (output_control) . . . . . number ⇝ *integer*
  Minimaler Kontrast des Objektes in den Suchbildern.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert get_shape_model_params den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_shape_model, create_scaled_shape_model, create_aniso_shape_model, read_shape_model

Alternativen

get_generic_shape_model_param

Siehe auch

find_shape_model, find_scaled_shape_model, find_aniso_shape_model, find_shape_models, find_scaled_shape_models, find_aniso_shape_models

Modul

Matching

inspect_shape_model (Image : ModelImages, ModelRegions : NumLevels, Contrast :)

Repräsentation eines Formmodells.

inspect_shape_model erzeugt eine Repräsentation eines Formmodells. Der Operator ist insbesondere dazu nützlich, um die Parameter NumLevels und Contrast, die bei create_shape_model, create_scaled_shape_model oder create_aniso_shape_model verwendet werden, einfach und schnell zu bestimmen. Die Repräsentation des Modells wird auf mehreren Pyramidenebenen generiert, wobei die Anzahl der Pyramidenebenen durch NumLevels bestimmt wird. Im Gegensatz zu create_shape_model, create_scaled_shape_model und create_aniso_shape_model wird das Modell nur in der im Eingabebild Image vorliegenden Rotation und Skalierung, also 0° und 1, erzeugt. Als Ausgabe erzeugt inspect_shape_model ein Bildobjekt ModelImages mit den Bildern der einzelnen Pyramidenstufen, sowie eine Region in ModelRegions für jede Pyramidenstufe, die das Modell auf dieser Pyramidenstufe repräsentiert. Auf die einzelnen Objekte der jeweiligen Pyramidenstufe kann mit select_obj zugegriffen werden. Falls das Eingabebild Image einen Kanal besitzt, wird zur Berechnung der Repräsentation des Modells das Verfahren verwendet, das auch bei create_shape_model, create_scaled_shape_model oder create_aniso_shape_model für die Metriken *'use_polarity'*, *'ignore_global_polarity'* und *'ignore_local_polarity'* verwendet wird. Falls das Eingabebild mehr als einen Kanal besitzt, wird das Verfahren verwendet, das für die Metrik *'ignore_color_polarity'* verwendet wird. Wie bei create_shape_model, create_scaled_shape_model oder create_aniso_shape_model beschrieben, sollten die Anzahl der Pyramidenebenen möglichst groß gewählt werden, wobei darauf zu achten ist, dass das Modell auf der obersten Pyramidenstufe noch erkennbar ist und genügend viele Punkte besitzt. Der Parameter Contrast sollte so gewählt werden, dass nur die signifikanten Merkmale des Musters für das Modell verwendet werden. Contrast kann auch ein Tupel mit zwei Werten enthalten. In diesem Fall wird bei der Segmentierung des Modells ein Verfahren, das ähnlich zum Hysterese-Schwellenwert-Verfahren in edges_image ist, eingesetzt. Dabei ist der erste Wert des Tupels der untere Schwellenwert und der zweite Wert der obere Schwellenwert. Für weitere Informationen über das Hysterese-Schwellenwert-Verfahren siehe hysteresis_threshold. Optional kann in Contrast auch ein dritter Wert als letztes Element des Tupels übergeben werden. Dieser Wert dient zur Selektion von signifikanten Komponenten des Modells basierend auf der Größe der Komponenten, d.h. Komponenten, deren Anzahl von Punkten kleiner ist als diese Mindestgröße, werden unterdrückt. Da sich die Mindestgröße auf die Größe der Komponenten bezieht kann es auch vorkommen, dass die daraus abgeleiteten Modellkonturen trotzdem kleiner als die angegebene Mindestgröße sind. Dieser Schwellenwert wird pro Pyramidenstufe halbiert. Falls eine Unterdrückung von kleinen Modellkomponenten gewünscht ist, aber keine Hysterese-Schwellenwert-Operation, müssen dennoch drei Werte in Contrast übergeben werden, von denen die ersten zwei auf denselben Wert gesetzt werden. In der normalen Verwendung wird inspect_shape_model mehrmals interaktiv mit unterschiedlichen Werten für NumLevels und Contrast aufgerufen, bis ein zufriedenstellendes Modell entsteht. Hierauf werden create_shape_model, create_scaled_shape_model oder create_aniso_shape_model mit den so bestimmten Parametern aufgerufen.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **ModelImages** (output_object) ..... (multichannel-)image-array ⇝ *object :* byte / uint2
  Bildpyramide des Eingabebildes.
- ▷ **ModelRegions** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Model-Regionen-Pyramide.

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl von Pyramidenebenen.
Default: 4
Werteliste: NumLevels ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **Contrast** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer*
Schwellenwert bzw. Hystereseschwellenwerte für den Kontrast des Objektes im Bild und optional Mindestgröße der Objektteile.
Default: 30
Wertevorschläge: Contrast ∈ {10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert inspect_shape_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

reduce_domain

Nachfolger

select_obj

Siehe auch

set_generic_shape_model_param

Modul

Foundation

read_shape_model (: : FileName : ModelID)

Einlesen eines Formmodells von Datei.

read_shape_model liest ein Formmodell, das mit write_shape_model geschrieben wurde, aus der Datei FileName ein. Die Dateiendung für das Formmodell ist in HALCON 'shm'.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: .shm

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . shape_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Ist der Dateiname korrekt, dann liefert read_shape_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

find_generic_shape_model

Modul

Matching

serialize_shape_model (: : ModelID : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines Formmodells.

serialize_shape_model serialisiert die Daten eines Formmodells (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von write_shape_model in eine Datei geschrieben werden. Das Formmodell wird in dem Handle ModelID übergeben. Das serialisierte Formmodell wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_shape_model wieder deserialisiert werden.

Parameter

- ▷ **ModelID** (input_control) ..... shape_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells.
- ▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert serialize_shape_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_generic_shape_model

Nachfolger

fwrite_serialized_item, send_serialized_item, deserialize_shape_model

Modul

Matching

set_generic_shape_model_object (Object : : ModelID, GenParamName :)

Setzen von ikonischen Objekten eines Formmodells.

Der Operator set_generic_shape_model_object setzt Parameter des Formmodells ModelID basierend auf dem übergebenen Object.

Der Parameter GenParamName bestimmt, für welche Art von Einstellung das übergebene Objekt verwendet wird. Aktuell wird nur der folgende Wert unterstützt:

- *'high_noise_sample'*:
  Schätzt und passt die Parameter des Formmodells an um starkes Bildrauschen besser zu bewältigen. Die Parameterschätzung wird auf Basis des beispielhaften Suchbild Object durchgeführt. Daher sollte die Domäne von Object sowohl das Modell als auch Hintergrundumgebung, welche für die Suchbilder typisches Rauschen aufweist, beinhalten.
  Der Operator ändert folgende Parameter:
  - *'pyramid_level_lowest'*

- *'clutter_region'*:
  Setzt die Störregion des Formmodells. Wenn *'clutter_region'* gesetzt wird, ändert das den Wert von *'use_clutter'* automatisch auf *'true'*.
  Falls die Störregion vor dem Training gesetzt wird, wird sie in Bezug zum Trainingsmuster gesehen und die Transformation kann automatisch gesetzt werden. Falls die Störregion nach dem Training gesetzt wird, kann sie in Bezug zu einer in einem Suchbild gefundenen Modellinstanz angegeben werden. Dabei muss auch die Transformation *'clutter_hom_mat_2d'* mit `set_generic_shape_model_param` gesetzt werden.
  Es ist zu beachten, dass sich die Störregion nicht mit dem Formmodell überschneiden darf, das mit `train_generic_shape_model` erzeugt wird.
  Die Störregion darf keine negativen Koordinaten beinhalten. Um z.B. Störregionen für Modelle aus XLD-Konturen zu setzen, muss die XLD-Kontur des Trainingsmusters (zusammen mit der gewollten Störregion) in den positiven Bildbereich bewegt werden, z.B. durch `affine_trans_contour_xld`. Alternativ kann nach dem Training *'clutter_hom_mat_2d'* mit `set_generic_shape_model_param` gesetzt werden.

Parameter

▷ **`Object`** (input_object) ..... (multichannel-)object(-array) ⇝ *object*
Objekt, das gesetzt wird.

▷ **`ModelID`** (input_control) ..... shape_model ⇝ *handle*
Handle des Formmodells.

▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... string-array ⇝ *string*
Parametername.
Default: 'high_noise_sample'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'clutter_region', 'high_noise_sample'}

Ergebnis

Wird `set_generic_shape_model_object` erfolgreich ausgeführt, liefert der Operator den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_generic_shape_model`

Nachfolger

`train_generic_shape_model`, `find_generic_shape_model`

Modul

Matching

`set_generic_shape_model_param` (: : ModelID, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen ausgewählter Parameter eines Formmodells.

Der Operator `set_generic_shape_model_param` setzt die Parameter `GenParamName` des Formmodells `ModelID` auf die in `GenParamValue` gegebenen Werte.

Verschiedene Aspekte des Matching-Vorgangs können über die in `GenParamName` auswählbaren Parameter gesteuert werden. In den Parameterbeschreibungen weiter unten sind diese nach den folgenden Kategorien gruppiert (wobei die Kategorie den Hauptverwendungszweck, aber nicht notwendigerweise den einzigen Zweck des jeweiligen Parameters angibt):

Modifizieren des Modells
Finden von Modellinstanzen

1. Modifizieren der Instanz
2. Aussortieren der gefundenen Matches
3. Grauwertbehandlung
4. Verfeinerung
5. Bildpyramide
6. Störungen
7. Ausgabe

Rechnerressourcen für die Suche
Erweiterte Parameterschätzung

Nachfolgend werden die für die verschiedenen Kategorien setzbaren Parameter gelistet und Fälle in denen Parameterwerte automatisch angepasst werden aufgeführt.

Modifizieren des Modells

In diesem Abschnitt werden die Parameter aufgelistet und erläutert, die das Modell `ModelID` selbst modifizieren. Wird ein zugehöriger Wert verändert, ist es notwendig das angepasste Modell vor dem Matching zu trainieren. Folgende Parameter `GenParamName` werden unterstützt:

Kontrast Der Kontrast wird als Maß für lokale Grauwertdifferenzen verwendet mit Hilfe derer Objekte vom Hintergrund oder Teile von Objekten untereinander unterschieden werden. Für das Modell werden nur die Pixel gewählt, welche den gewünschten Kontrasteigenschaften in ihrer Umgebung entsprechen. Der gewünschte Kontrast kann ein einfacher Schwellenwert oder ein Hysterese-Schwellenwert sein, je nach dem welche Werte für *'contrast_low'* und *'contrast_high'* gesetzt wurden:

- Einfacher Schwellenwert:
  - Beide Werte sind gleich, aber nicht *'auto'*.
  - Einer der Werte ist auf *'auto'* gesetzt, der andere auf einen anderen Wert.
- Hysterese-Schwellenwert:
  - Die beiden Werte sind nicht gleich und keiner der beiden ist auf *'auto'* gesetzt
  - Beide Werte sind auf *'auto'* gesetzt

  In diesen Fällen wird das Modell mit Hilfe einer Methode segmentiert, welche ähnlich zum Hysterese-Schwellenwert-Verfahren in `edges_image` ist. Für weitere Informationen zum Hysterese-Schwellenwert-Verfahren siehe `hysteresis_threshold`.

Für weitere Informationen zu Kontrast und dessen Einfluss auf das Matching mit Formmodellen wird auf den „`Solution Guide II-B - Matching`“ verwiesen.
In bestimmten Fällen kann es vorkommen, dass die automatische Bestimmung des Kontrastschwellenwerts nicht ausreichend ist. Daher sollte in diesen Fällen ein manuelles Setzen der Kontrastparameter bevorzugt werden, beispielsweise falls bestimmte Modellkomponenten aus anwendungsspezifischen Gründen mit inbegriffen oder unterdrückt werden sollen, oder wenn das Objekt verschiedene Kontrasteigenschaften aufweist. Die Kontrast-Schwellenwerte sollten mit `inspect_shape_model` überprüft werden bevor das Modell an `train_generic_shape_model` übergeben wird.

- *'contrast_high'*:
  Bestimmt zusammen mit *'contrast_low'* den Grauwertbereich in dem ein Pixel liegen muss um als Teil des Modells berücksichtigt zu werden (siehe Beschreibung oben). Wird ein Hysterese-Schwellenwert-Verfahren genutzt bestimmt dieser Parameter den oberen Schwellenwert.
  Wertevorschläge: *'auto'*, *90*, *80*.
  Restriktion: Wird beim Training mit XLDs nicht genutzt.
  Default: *'auto'*.
- *'contrast_low'*:
  Bestimmt zusammen mit *'contrast_high'* den Grauwertbereich in dem ein Pixel liegen muss um als Teil des Modells berücksichtigt zu werden (siehe Beschreibung oben). Wird ein Hysterese-Schwellenwert-Verfahren genutzt bestimmt dieser Parameter den unteren Schwellenwert.
  Wertevorschläge: *'auto'*, *10*, *20*.
  Restriktion: Wird beim Training mit XLDs nicht genutzt.
  Default: *'auto'*.

Rotation Die Spanne möglicher Rotationen von Formmodellen liegt zwischen *0* und *6.28* (=2π), kann aber für die Suche eingeschränkt werden. Der Parameterraum und damit die Diskretisierungsschritte für die Winkel kann modifiziert werden mit:

- *'angle_step'*:
  Bestimmt die Schrittweite innerhalb des gewählten Winkelbereichs. Der übergebene Wert sollte basierend auf der Objektgröße gewählt werden. Kleinere Modelle haben nicht viele verschiedene diskrete Rotationen im Bild, weshalb empfohlen wird für kleinere Modelle größere Werte zu wählen. Wird der Wert *'auto'* gesetzt, so wird die Schrittweite beim Aufruf von `train_generic_shape_model` geschätzt. Gesetzte Werte werden auf ein Maximum von *0.20* (=$\frac{\pi}{16}$) begrenzt.
  Achtung: Nach Modifikation ist ein Training notwendig.
  Wertevorschläge: *'auto'*, *0.1*, *0.2*.
  Default: *'auto'*.

Skalierung Der Parameterraum und somit der Suchbereich sowie die Diskretisierungsschritte für die Skalierung kann mit Skalierungsparametern modifiziert werden. Die folgenden Tabelle gibt einen Überblick darüber welche Parameter für welche Art von Skalierung gesetzt werden können. Ein Skalierungswert von *1.0* entspricht dabei der Originalgröße des Modells in der entsprechenden Richtung.

`GenParamName`	Isotrope Skalierung	Anisotrope Skalierung
'iso_scale_max'	x	
'iso_scale_min'	x	
'iso_scale_step'	x	
'scale_row_max'		x
'scale_row_min'		x
'scale_row_step'		x
'scale_column_max'		x
'scale_column_min'		x
'scale_column_step'		x

- *'iso_scale_max'*:
  Beschränkt das Maximum der isotropischen Skalierung bei der Modellsuche.
  Wertevorschläge: *1.0*, *1.1*, *1.2*.
  Default: *1.0*.
- *'iso_scale_min'*:
  Beschränkt das Minimum der isotropischen Skalierung bei der Modellsuche.
  Wertevorschläge: *1.0*, *0.9*, *0.8*.
  Default: *1.0*.
- *'iso_scale_step'*:
  Beschränkt die Schrittweite innerhalb des gewählten Bereichs der isotropischen Skalierung bei der Modellsuche. Wird der Wert auf *'auto'* gesetzt, dann wird die Schrittweite beim Aufruf von `train_generic_shape_model` geschätzt.
- *'scale_row_max'*:
  Beschränkt das Maximum der isotropischen Skalierung in Zeilenrichtung bei der Modellsuche.
  Wertevorschläge: *1.0*, *1.1*, *1.2*.
  Default: *1.0*.
- *'scale_row_min'*:
  Beschränkt das Minimum der isotropischen Skalierung in Zeilenrichtung bei der Modellsuche.
  Wertevorschläge: *1.0*, *0.9*, *0.8*.
  Default: *1.0*.
- *'scale_row_step'*:
  Beschränkt die Schrittweite innerhalb des gewählten Bereichs der isotropischen Skalierung in Zeilenrichtung bei der Modellsuche. Wird der Wert auf *'auto'* gesetzt, dann wird die Schrittweite beim Aufruf von `train_generic_shape_model` geschätzt.
- *'scale_column_max'*:
  Beschränkt das Maximum der isotropischen Skalierung in Spaltenrichtung bei der Modellsuche.
  Wertevorschläge: *1.0*, *1.1*, *1.2*.
  Default: *1.0*.

- *'scale_column_min'*:
  Beschränkt das Minimum der isotropischen Skalierung in Spaltenrichtung bei der Modellsuche.
  Wertevorschläge: *1.0*, *0.9*, *0.8*.
  Default: *1.0*.
- *'scale_column_step'*:
  Beschränkt die Schrittweite innerhalb des gewählten Bereichs der isotropischen Skalierung in Spaltenrichtung bei der Modellsuche. Wird der Wert auf *'auto'* gesetzt, dann wird die Schrittweite beim Aufruf von `train_generic_shape_model` geschätzt.

Metrik

- *'metric'*:
  Bestimmt die Bedingungen unter denen das Modell im Bild gefunden wird. Folgende Werte werden für *'metric'* unterstützt:
  - *'auto'*:
    Der Wert wird beim Aufruf von `train_generic_shape_model` in Abhängigkeit davon bestimmt, ob Bilder (*'use_polarity'*) oder XLDs (*'ignore_local_polarity'*) für das Training verwendet werden.
  - *'use_polarity'*:
    Die Instanz im Bild und das Modell müssen die selben Kontrasteigenschaften aufweisen.
    Beispiel: Das Modell wurde mit einem hellen Objekt auf dunklem Hintergrund erstellt. Nur Instanzen die ebenfalls heller als der Hintergrund sind werden gefunden.
    Restriktion: Wird nur auf Einkanalbilder angewandt. Für Mehrkanalbilder wird nur der erste Kanal genutzt (ohne Fehlermeldung).
  - *'ignore_global_polarity'*:
    Eine Instanz wird auch dann im Bild gefunden, wenn sich der Kontrast global umkehrt. Die Laufzeit von `find_generic_shape_model` erhöht sich in diesem Modus geringfügig im Vergleich zu *'use_polarity'*.
    Beispiel: Das Modell wurde mit einem hellen Objekt auf dunklem Hintergrund erstellt. Instanzen die heller als oder dunkler als der Hintergrund sind werden gefunden.
    Restriktion: Wird nur auf Einkanalbilder angewandt. Für Mehrkanalbilder wird nur der erste Kanal genutzt (ohne Fehlermeldung).
  - *'ignore_local_polarity'*:
    Eine Instanz wird auch dann im Bild gefunden, wenn sich der Kontrast lokal verändert. Die Laufzeit von `find_generic_shape_model` erhöht sich in diesem Modus signifikant im Vergleich zu *'use_polarity'*.
    Es ist üblicherweise zu empfehlen mehrere Modelle zu verwenden, die die verschiedenen möglichen Kontrastverhältnisse des Objekts abdecken, und diese gleichzeitig für das Matching zu verwenden.
    Beispiel: Ein Teil des Models oder der Instanz liegt im mittleren Grauwertbereich und schließt Unterobjekte ein die entweder heller oder dunkler sein können.
    Restriktion: Wird nur auf Einkanalbilder angewandt. Für Mehrkanalbilder wird nur der erste Kanal genutzt (ohne Fehlermeldung).
  - *'ignore_color_polarity'*:
    Eine Instanz wird auch dann im Bild gefunden, wenn sich der Farbkontrast lokal verändert. Die Laufzeit von `find_generic_shape_model` kann sich in diesem Modus signifikant im Vergleich zu *'use_polarity'* erhöhen.
    Diese Metrik kann für Bilder mit einer beliebigen Anzahl an Kanälen angewandt werden, welche keiner spektralen Unterteilung des Lichtes (wie z.B. bei einem RGB-Bild) entsprechen müssen. Für Einkanalbilder hat der Parameter denselben Effekt wie *'ignore_local_polarity'*. Die Anzahl Kanäle kann zwischen dem Training mit `train_generic_shape_model` und der Suche mit `find_generic_shape_model` variieren.
    Beispiel: Instanzen werden auch dann gefunden, wenn Teile des Objekts in verschiedenen Farben auftreten können, beispielsweise in rot und grün.

  Restriktion: Werden XLDs verwendet, dann is es für das Zurücksetzen der Metrik notwendig, dass die Informationen zur Kantenrichtung als XLD-Kontur-Attribut verfügbar ist. Für weitere Informationen siehe `set_shape_model_metric`.
  Default: *'auto'*.

Größe

- *'min_size'*:
  Bestimmt die minimale Anzahl an Punkten, die ein Modell aufweisen muss um berücksichtigt zu werden. Dementsprechend werden Komponenten, die weniger als *'min_size'* Punkte haben unterdrückt. Da *'min_size'* auf die Größe der Komponenten angewandt wird können die abgeleiteten Modellkonturen trotzdem kleiner als die festgelegte Minimalgröße sein. Dieser Schwellenwert für die minimale Größe wird für jede weitere Pyramidenstufe halbiert. Die Auswirkungen dieses Parameters können vorab mit `inspect_shape_model` überprüft werden.
  Wird der Wert auf *'auto'* gesetzt, dann wird der Wert beim Aufruf von `train_generic_shape_model` geschätzt.
  Restriktion: Wird beim Training mit XLDs nicht berücksichtigt.
  Default: *'auto'*.
- *'optimization'*:
  Bestimmt die Anzahl an Punkten um die das Modell reduziert wird. Diese Reduktion kann besonders für sehr große Modelle nützlich sein. Mögliche Werte sind:
  - *'auto'*:
    Die Anzahl Punkte wird automatisch durch `train_generic_shape_model` bestimmt.
  - *'none'*:
    Alle Modellpunkte werden behalten.
  - *'point_reduction_low'*:
    Die Anzahl Punkte wird auf etwa $\frac{1}{2}$ reduziert.
  - *'point_reduction_medium'*:
    Die Anzahl Punkte wird auf etwa $\frac{1}{3}$ reduziert.
  - *'point_reduction_high'*:
    Die Anzahl Punkte wird auf etwa $\frac{1}{4}$ reduziert.

  Wird die Anzahl Modellpunkten reduziert, könnte es notwendig sein den Parameter *'greediness'* auf einen kleineren Wert zu setzen, z.B. *0.7* oder *0.8*. Es ist zu beachten, dass für kleine Modelle eine Reduktion der Punkteanzahl üblicherweise keine Beschleunigung ergibt, da dadurch die Anzahl potentieller Instanzen, die geprüft werden, steigt.
  Default: *'auto'*.

Bildpyramide

- *'num_levels'*:
  Anzahl berücksichtigter Bildpyramidenstufen. Der Wert muss so gewählt werden, dass das Modell weiterhin erkennbar ist und ausreichend Punkte (mindestens vier) auf der höchsten Pyramidenstufe aufweist. Mit Hilfe der Ausgabe von `inspect_shape_model` kann dies überprüft werden. Es ist ratsam den Wert so hoch wie möglich zu setzen, da es die Laufzeit der Suche nach Instanzen signifikant verkürzt.
  Wird der Wert auf *'auto'* gesetzt, dann wird der Wert beim Aufruf von `train_generic_shape_model` geschätzt.
  Es kann vorkommen, dass der automatisch bestimmte Wert nicht passend ist. Falls die Anzahl Pyramidenstufen zu hoch geschätzt wird könnte das Modell in den Bildern nicht erkannt werden, außer es werden sehr niedrige Werte für die Parameter *'min_score'* oder *'greediness'* gesetzt. Wird die Anzahl Pyramidenstufen zu niedrig geschätzt, steigt die Laufzeit der Suche mit `find_generic_shape_model`. In beiden Fällen sollte die Anzahl Pyramidenstufen mit Hilfe der Ausgabe von `inspect_shape_model` ausgewählt werden.
  Default: *'auto'*.

Namensgebung

- *'model_identifier'*:
  Überschreibt den aktuellen Identifikator des Formmodells auf den String in `GenParamValue`. Der gegebene Identifikator muss eindeutig sein, damit es z.B. beim späteren Auslesen von Ergebnissen keine Mehrdeutigkeiten gibt.
  Restriktion: Muss ein nicht-leerer String sein. Die folgenden Wörter sind reserviert und können nicht als Identifikator verwendet werden: *'all'*, *'best'*.
  Default: Der String, der beim Erstellen des Formmodells automatisch gesetzt wurde.

Finden von Modellinstanzen

In diesem Abschnitt werden die Parameter aufgelistet und erläutert, die die Suche mit dem Modell `ModelID` modifizieren. Wird ein zugehöriger Wert verändert ist es nicht notwendig das Modell zu trainieren, außer ein zuvor nicht durch automatische Schätzung ermittelter Wert soll nun von `train_generic_shape_model` automatisch geschätzt werden. Die Beschreibungen dieser Parameter enthalten eine entsprechende Bemerkung. Folgende Parameter `GenParamName` werden unterstützt:

1. **Modifizieren der Instanz**

   Rotation

   - *'angle_start'*:
     Bestimmt den Startwert des Winkelbereichs möglicher Rotationen, für die das Modell gesucht wird.
     Wertevorschläge: *0.0*, *-3.14*, *3.14*.
     Default: *0.0*.
   - *'angle_end'*:
     Bestimmt den Endwert des Winkelbereichs möglicher Rotationen, für die das Modell gesucht wird.
     Wertevorschläge: *0.0*, *3.14*, *6.28*.
     Default: *6.28* (= 2π).

   Die Werte werden auf den Suchbereich abgebildet. *Beispiel: 'angle_start' = '-rad(10)'*, *'angle_end' = 'rad(10)'* sucht nach Matches in den Winkelbereichen [rad(350), rad(360)] und [0, rad(10)].

Skalierung Der Skalierungsbereich, der für das trainierte Modell bestimmt wird kann für die Suche weiter eingeschränkt werden. Wird für diese Parameter der Wert auf *'auto'* gesetzt, dann wird der Wert beim Aufruf von `train_generic_shape_model` geschätzt.
Es ist zu beachten, dass diese Einschränkungen nur angewendet werden können, wenn der Suchbereich dadurch weiter eingeschränkt wird. Demnach muss eine kleinere maximale und eine größere minimale Skalierung gesetzt werden. Andernfalls ist ein erneutes Training mit angepassten Skalierungsparametern für das Modell notwendig.

`GenParamName`	Isotrope Skalierung	Anisotrope Skalierung
'restrict_iso_scale_max'	x	
'restrict_iso_scale_min'	x	
'restrict_scale_row_max'		x
'restrict_scale_row_min'		x
'restrict_scale_column_max'		x
'restrict_scale_column_min'		x

- *'restrict_iso_scale_max'*:
  Beschränkt den möglichen Skalierungsbereich für den das Modell gesucht wird auf ein Maximum.
  Wertevorschläge: *'auto'*, *1.1*, *1.2*.
  Default: *'auto'*.
- *'restrict_iso_scale_min'*:
  Beschränkt den möglichen Skalierungsbereich für den das Modell gesucht wird auf ein Minimum.
  Wertevorschläge: *'auto'*, *0.9*, *0.8*.
  Default: *'auto'*.
- *'restrict_scale_row_max'*:
  Beschränkt den möglichen Skalierungsbereich in Zeilenrichtung für den das Modell gesucht wird auf ein Maximum.
  Wertevorschläge: *'auto'*, *1.1*, *1.2*.
  Default: *'auto'*.
- *'restrict_scale_row_min'*:
  Beschränkt den möglichen Skalierungsbereich in Zeilenrichtung für den das Modell gesucht wird auf ein Minimum.
  Wertevorschläge: *'auto'*, *0.9*, *0.8*.
  Default: *'auto'*.
- *'restrict_scale_column_max'*:
  Beschränkt den möglichen Skalierungsbereich in Spaltenrichtung für den das Modell gesucht wird auf ein Maximum.
  Wertevorschläge: *'auto'*, *1.1*, *1.2*.

Default: *'auto'*.

- *'restrict_scale_column_min'*:
  Beschränkt den möglichen Skalierungsbereich in Spaltenrichtung für den das Modell gesucht wird auf ein Maximum.
  Wertevorschläge: *'auto'*, *0.9*, *0.8*.
  Default: *'auto'*.

Deformation

- *'max_deformation'*:
  Bestimmt um wie viel ein Objekt vom Modell abweichen darf um als Match berücksichtigt zu werden. Die maximal zulässige Objektdeformation wird in Pixeln festgelegt. Für einen Wert von *0* wäre daher keine Abweichung für das Objekt zulässig.
  Beispiel: Ein Objekt, dessen Form im Vergleich zum Formmodell um 2 Pixel deformiert ist wird mit *'max_deformation' = 2* noch gefunden.
  Höhere Werte in *'max_deformation'* erhöhen häufig auch die Laufzeit.
  Höhere Werte in *'max_deformation'* erhöhen außerdem häufig auch das Risiko ungewollte Matches zu finden. Dies ist insbesondere der Fall für kleine Objekte oder Objekte mit feinen Strukturen, da diese somit ihre charakteristische Form, welche wichtig für eine robuste Suche ist, verlieren.
  Zusammenspiel mit *'subpixel'*: Wenn eine Deformation erlaubt ist (also ein Wert größer *0* gesetzt wurde) dann hängt die Berechnung des Scores davon ab ob möglicherweise eine Subpixel-Verfeinerung durchgeführt wurde. In den meisten Fällen ändert sich der Score wenn eine Least-Squares-Adjustment-Methode gesetzt wurde. Mit dieser Methode kann ein höherer Score erreicht werden wenn *'max_deformation'* erhöht wird, da für die Modellpunkte mehr übereinstimmende Bildpunkte gefunden werden können.
  Default: *0*.

2. **Aussortieren der gefundenen Matches**
   - *'min_score'*:
     Bestimmt den minimalen Score den ein möglicher Match aufweisen muss um als Instanz im Bild zu gelten. Umso höher *'min_score'* gesetzt wird, desto schneller ist die Suche. Falls zu erwarten ist, dass das Modell in den Bildern nie verdeckt auftritt, kann *'min_score'* auf *0.8* oder sogar *0.9* gesetzt werden. Falls die Matches nicht bis zur untersten Pyramidenstufe verfolgt werden kann es sein, dass Instanzen mit Scores knapp unter *'min_score'* zurückgegeben werden.
     Das Zusammenspiel mit *'num_matches'* wird in der Beschreibung zu Letzterem erklärt.
     Wertebereich: [*0.0*, . . . , *1.0*].
     Default: *0.5*.
   - *'num_matches'*:
     Bestimmt die maximale Anzahl zurückgegebener Matches.
     Der Wert *'all'* (oder *0*) bedeutet, dass alle Instanzen zurückgegeben werden, die einen Score größer als *'min_score'* erreichen. Ansonsten ist das Zusammenspiel zwischen *'num_matches'* und *'min_score'* sowie *'max_clutter'* (falls gesetzt) wie folgt:
     – Keine Störparameter gesetzt:
       Für den Fall dass mehr als *'num_matches'* Instanzen gefunden werden, die den erforderlichen minimalen Score erreichen, werden nur die *'num_matches'* Matches mit den höchsten Scores zurückgegeben.
       Falls weniger als *'num_matches'* Instanzen mit dem erforderlichen Score gefunden werden, werden nur die Instanzen zurückgegeben, die die Anforderungen an den Score erfüllen.
     – Störparameter gesetzt:
       Für den Fall dass mehr als *'num_matches'* Instanzen gefunden werden, die den erforderlichen minimalen Score und einen akzeptablen Störwert erreichen, werden nur die *'num_matches'* Matches mit den besten Störwerten zurückgegeben.
       Falls weniger als *'num_matches'* Instanzen mit dem erforderlichen Score und / oder akzeptablen Störwert gefunden werden, werden nur die Instanzen zurückgegeben, die die Anforderungen an den Score und den Störwert erfüllen.

     Das Verfolgen von Matches durch die Bildpyramide hängt davon ab ob Störparameter gesetzt wurden:
     – Keine Störparameter gesetzt:
       Auf jeder Stufe (außer der obersten Pyramidenstufe) werden weniger aussichtsreiche Matches basierend auf *'num_matches'* verworfen. Dabei können Matches verworfen werden die auf der niedrigsten Pyramidenstufe einen höheren Score erreicht hätten. Daher kann sich das Ergebnis für

beispielsweise *'num_matches'* = *1* von der Instanz mit dem höchsten Score unterscheiden, wenn *'num_matches'* auf *'all'* oder einen Wert größer *1* gesetzt wird. Folglich kann im Fall, dass mehrere Objekte mit ähnlichem Score zu erwarten sind, aber nur der beste Match gewählt werden soll, ratsam sein mehrere Instanzen zurückzugeben und dann den Match mit dem höchsten Score auszuwählen.

– Störparameter gesetzt:
Beim Verfolgen der Matches werden keine Matches verworfen. Die Laufzeit mit Nutzung von Störparametern ist mindestens so hoch wie die Laufzeit ohne Störparameter aber Rückgabe aller Matches, d.h., mit auf *'all'* gesetztem Parameter *'num_matches'*.

Bei der Suche nach mehreren Modellen gleichzeitig wird für jedes Modell der jeweils für das einzelne Modell festgelegte Eintrag für *'num_matches'* berücksichtigt.
Default: *'all'*.

- *'strict_boundaries'*:
Bestimmt ob gefundene Instanzen nur dann zurückgegeben werden wenn sie strikt innerhalb des gegebenen Parameterraums liegen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). Der Parameterraum umfasst alle festgelegten Rotations- und Skalierungsbereiche (siehe oben). Es ist zu beachten, dass dieses Auswahlkriterium nach der Reduktion der Matches auf die besten *'num_matches'* Matches angewandt wird und daher in Extremfällen dazu führen kann, dass kein Ergebnis zurückgegeben wird.
Kompatibilität: Wird dieser Wert für ein Modell gesetzt, das nicht mit `create_generic_shape_model` erstellt wurde, werden interne Modelleinstellungen verändert. Folglich kann unterschiedliches Verhalten bezüglich Matches außerhalb des eingestellten Parameterraums auftreten wenn für solche Modelle *'strict_boundaries'* auf *'true'* und wieder zurück *'false'* gesetzt wird.
Default: *'false'*.
- *'max_overlap'*:
Bestimmt zu welchem Anteil zwei Instanzen höchstens überlappen dürfen um als unterschiedliche Instanzen zu gelten und daher separat zurückgegeben zu werden. Falls sich zwei Instanzen zu einem Anteil von mehr als *'max_overlap'* überlappen wird nur diejenige mit dem höheren Score zurückgegeben. Die Berechnung der Überlappung basiert auf dem kleinsten umschließenden Rechteck beliebiger Orientierung (siehe `smallest_rectangle2`) der gefundenen Instanzen. Wird *'max_overlap'* auf *0* gesetzt, so dürfen gefundene Instanzen überhaupt nicht überlappen, während für *'max_overlap'* = *1* alle Instanzen zurückgegeben werden, unabhängig von möglicher Überlappung. Für weitere Informationen zu *'max_overlap'*, siehe „`Solution Guide II-B - Matching`".
Ob bei einer Suche nach mehreren Modellen gleichzeitig die gegenseitige Überlappung unterschiedlicher Modelle berücksichtigt wird, hängt von *'max_overlap_global_enable'* ab.
Restriktion: $0 \leq$ *'max_overlap'* ≤ 1.
Default: *0.5*.
- *'max_overlap_global_enable'*:
Bestimmt ob die Überlappung für alle gefundenen Instanzen unabhängig vom Modell berechnet wird (*'true'*) oder nicht (*'false'*). D.h., dass die Überlappung einer Instanz gegenüber den gefundenen Instanzen aller Modelle bestimmt wird und eine zu große Überlappung zur Elimination der Instanz führt. Genauere Informationen über die Berechnung der Überlappung finden sich bei *'max_overlap'*.
Es ist zu beachten, dass die Verwendung der globalen Überlappung für alle Modelle gilt die bei der Suche verwendet werden, selbst wenn nur eines der Modelle *'max_overlap_global_enable'* aktiviert hat.
Als Wert für die maximal zulässige globale Überlappung wird das Minimum aller Werte von *'max_overlap'* aller übergebenen Modelle benutzt.
Werteliste: *'true'*, *'false'*.
Default: *'false'*.
- *'max_clutter'*:
Bestimmt den maximalen Störwert den ein möglicher Match aufweisen darf um als Modellinstanz im Bild in Frage zu kommen. Dies gilt natürlich nur für Modelle die Störungen berücksichtigen, also wo *'use_clutter'* auf *'true'* gesetzt wurde.
Default: *0.0*.

3. **Grauwertbehandlung**

- *'min_contrast'*:
Bestimmt den minimalen Kontrast (Grauwertdifferenz zu Nachbarpixeln) den ein Punkt im Suchbild mindestens aufweisen muss um mit dem Modell verglichen zu werden. Der Hauptverwendungszweck dieses Parameters ist es Rauschen im Bild für den Matching-Vorgang zu unterdrücken. Der Operator `estimate_noise` kann zur Einschätzung des Rauschens verwendet werden.

Beispiel: Das Rauschen im Bild weist Grauwertschwankungen im Bereich von 10 Grauwerten auf. In diesem Fall ist es ratsam *'min_contrast'* auf *10* zu setzen.
Mehrkanalige Bilder: Für eine Suche in mehrkanaligen Bildern mit Hilfe von *'metric'* = *'ignore_color_polarity'*, muss das Rauschen in einem Channel multipliziert werden und zwar mit der Quadratwurzel aus der Anzahl an Kanälen für die *'min_contrast'* bestimmt werden soll.
Beispiel: Das Rauschen in einem Kanal eines dreikanaligen Bildes weist Grauwertschwankungen im Bereich von 10 Grauwerten auf. In diesem Fall ist es ratsam *'min_contrast'* auf *17* zu setzen.
Es ist zu beachten, dass *'min_contrast'* kleiner sein muss als der Kontrast-Schwellenwert der mit *'contrast_low'* und *'contrast_high'* gesetzt wird, siehe oben.
Der Wert *'auto'* bedeutet, dass der Wert beim Aufruf von `train_generic_shape_model` basierend auf dem Rauschen im Modellbild geschätzt wird. Für eine sinnvolle automatische Schätzung muss daher das Rauschen im Modellbild ähnlich zum Rauschen in den Suchbildern sein.
Training: Wird dieser Wert auf *'auto'* gesetzt, dann ist ein Training des Formmodells notwendig.
Wertevorschläge: *'auto'*, *10*, *20*.
Default: *'auto'*.

- *'border_shape_models'*:
  Bestimmt, ob das Formmodell `ModelID`, nach dem beispielsweise mit `find_generic_shape_model` gesucht wird, teilweise außerhalb des Bildes liegen darf (d.h. ob der Bildbereich, unabhängig von der Domäne, überschritten werden darf). Teilweise bedeutet, dass der Ursprung des Modells noch innerhalb des Bildes liegen muss. Ein eventuell mit `set_generic_shape_model_param` anders gesetzter Ursprung wird nicht berücksichtigt. Der Wert *'system'* bedeutet hierbei, dass das Modell den systemweiten Wert, der über `set_system` für *'border_shape_models'* gesetzt wurde, verwendet.
  Werteliste: *'system'*, *'true'*, *'false'*.
  Default: *'system'*.

4. **Verfeinerung**

   - *'subpixel'*:
     Bestimmt welche Art der Subpixel-Verfeinerung ausgeführt werden soll. Mögliche Werte:
     - *'none'*:
       Die Pose des Modells wird lediglich mit Pixelgenauigkeit und der in *'angle_step'* angegebenen Winkelauflösung bestimmt.
     - *'interpolation'*:
       Die Pose des Modells wird aus der Score-Funktion interpoliert. Dieser Modus zeichnet sich durch sehr niedrigen Berechnungsaufwand aus.
     - *'least_squares'*:
       Die Pose des Modells wird mit der Least-Squares-Adjustment-Methode verfeinert, d.h. die Distanzen zwischen den Modellpunkten und den entsprechenden Bildpunkten werden minimiert.
     - *'least_squares_high'*:
       Die Pose des Modells wird mit der Least-Squares-Adjustment-Methode verfeinert, d.h. die Distanzen zwischen den Modellpunkten und den entsprechenden Bildpunkten werden minimiert. Hierbei sind mehr Iterationsschritte als für *'least_squares'* zugelassen, wodurch sich die Laufzeit erhöhen kann.
     - *'least_squares_very_high'*:
       Die Pose des Modells wird mit der Least-Squares-Adjustment-Methode verfeinert, d.h. die Distanzen zwischen den Modellpunkten und den entsprechenden Bildpunkten werden minimiert. Hierbei sind mehr Iterationsschritte als für *'least_squares_high'* zugelassen, wodurch sich die Laufzeit erhöhen kann.

     Das Zusammenspiel mit *'max_deformation'* wird in der Beschreibung zu Letzterem erklärt.
     Default: *'least_squares'*.
   - *'greediness'*:
     Bestimmt wie „gierig“ die Suche ausgeführt werden soll. Ein höherer Wert resultiert in einer schnelleren Suche, welche allerdings eine weniger sichere Suchheuristik verwendet.
     Restriktion: $0 \leq$ *'greediness'* ≤ 1.
     Default: *0.9*.

5. **Bildpyramide**

   - *'pyramid_level_highest'*:

Bestimmt die höchste Stufe der Bildpyramide die für die Suche verwendet wird. Damit kann die im Modell gesetzte höchste Pyramidenstufe für die Suche heruntergesetzt werden. Der Wert kann nicht höher sein als die höchste Pyramidenstufe des Modells, welche mit *'num_levels'* gesetzt wird. Höhere Werte für *'pyramid_level_highest'* werden entsprechend reduziert. Der Wert *'auto'* bedeutet, dass die Stufe für die Suche nicht heruntergesetzt wird und das Modell dementsprechend die in *'num_levels'* gesetzte höchste Pyramidenstufe nutzt.
Default: *'auto'*.

- *'pyramid_level_lowest'*:
  Bestimmt die niedrigste Stufe der Bildpyramide zu der die gefundenen Matches verfolgt werden. Werden die Matches nicht bis auf die unterste Stufe der Bildpyramide verfolgt verringert sich die Laufzeit. Im Allgemeinen ist die Genauigkeit der erhaltenen Posen allerdings um so niedriger je höher die niedrigste Stufe gesetzt wird. In Extremfällen kann dies auch zum Finden falscher Instanzen führen, für die die gewünschte Genauigkeit nicht erreicht werden kann.
  Default: *1*.
- *'pyramid_level_robust_tracking'*:
  Bestimmt ob der sogenannte „increased tolerance"-Modus aktiviert ist (*'true'*) oder nicht (*'false'*). In diesem Modus wird die niedrigste Pyramidenstufe auf der mindestens ein Match gefunden wird während der Suche automatisch bestimmt. Für den Fall dass Eingabebilder in schlechter Qualität vorliegen, beispielsweise unscharf, verzerrt oder verrauscht, kann dieser Modus hilfreich sein. In diesen Fällen können die Kanteninformationen auf der niedrigsten Pyramidenstufe fehlen oder verzerrt sein und dazu führen, dass keine Instanzen des Formmodells gefunden werden. Nichtsdestotrotz kann die Kanteninformation auf höheren Pyramidenstufen ausreichend sein. Die Wahl der passenden Pyramidenstufe, d.h. der niedrigsten Pyramidenstufe auf der mindestens ein Match gefunden wird, hängt vom Modell und dem Eingabebild ab. Natürlich gelten auch hier die für *'pyramid_level_lowest'* genannten Einschränkungen bezüglich Genauigkeit und Robustheit.
  Beispiel: *'pyramid_level_highest'* wird auf *4*, *'pyramid_level_lowest'* auf *2* und *'pyramid_level_robust_tracking'* auf *'true'* gesetzt. Das Matching startet nun auf der vierten Pyramidenstufe und verfolgt die Matches bis zur zweiten Stufe. Falls keine Instanz des Modells auf der zweiten Pyramidenstufe gefunden wird, aber Matches auf höheren Pyramidenstufen gefunden wurden, dann wird die niedrigste Pyramidenstufe auf die Stufe gesetzt auf der mindestens eine Instanz des Modells gefunden wurde. Die Instanzen dieser Pyramidenstufe werden dann zurückgegeben.
  Default: *'false'*.

6. **Störungen**
   Die folgenden Parameter werden dazu genutzt die Störregion zu spezifizieren. Es ist zu beachten, dass dazu zuvor eine Störregion mit `set_generic_shape_model_object` gesetzt werden muss.

   - *'use_clutter'*:
     Bestimmt ob das Modell `ModelID` Störparameter berücksichtigt (*'true'*) oder nicht (*'false'*). Die Laufzeit mit Nutzung von Störparametern ist mindestens so hoch wie die Laufzeit ohne Störparameter aber Rückgabe aller Matches, d.h., mit auf *'all'* gesetztem Parameter *'num_matches'*.
     Werteliste: *'false'*, *'true'*.
     Default: *'false'*.
   - *'clutter_contrast'*:
     Bestimmt den minimalen Kontrast, den Kanten in der Störregion haben müssen, damit sie als Störung gezählt werden.
     Die Polarität der gefundenen Störkanten wird ignoriert, d.h. helle Objekte auf dunklem Hintergrund erzielen denselben Störwert wie dunkle Objekte auf hellem Hintergrund, unabhängig vom Parameter *'metric'* des Formmodells.
     Mit dem Wert *'auto'* wird sein Wert automatisch geschätzt. Es ist zu beachten, das für eine geeignete Schätzung eine repräsentative Region benötigt wird. Es wird empfohlen, den geschätzten Wert auf Eignung zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen.
     Es ist zu beachten, dass die Störwerte stark von Beleuchtungsänderungen beeinflusst werden.
     Wertevorschläge: *'auto'*, *5*, *10*.
     Restriktion: *'clutter_contrast'* muss größer oder gleich zu *'min_contrast'* sein.
     Default: *'auto'*.
     Achtung: Es ist nicht möglich, geeignete Kontrastwerte aus einem Formmodell zu schätzen, das aus einer XLD-Kontur erzeugt wurde. Deswegen wird in diesem Fall der geschätzte Wert auf den Wert von *'min_contrast'* gesetzt, siehe den Abschnitt "Automatische Modifikationen".
   - *'max_clutter'*:

Der Wert von *'max_clutter'* spezifiziert den maximalen Störwert, den ein Match haben darf, um akzeptiert zu werden.
Es ist zu beachten, dass dieser Wert die Laufzeit nicht beeinflusst.
Wertebereich: [*0.0*, *1.0*].
Default: *0.0*.

- *'clutter_hom_mat_2d'*:
  Die Transformationsmatrix *'clutter_hom_mat_2d'* bildet den Ursprung des Modells auf dessen entsprechende Position in dem Bild ab, das zur Spezifikation der Störregion mit `set_generic_shape_model_object` verwendet wurde. Mögliche Werte sind:
  - *'auto'*:
    Der Wert wird automatisch gesetzt. Die Störregion wird relativ zum Modell im Modellbild mit `set_generic_shape_model_object` gesetzt.
  - Transformationsmatrix: Transformation wird vom Nutzer gesetzt.

  Default: *'auto'*.
- *'clutter_border_mode'*:
  Mit *'clutter_border_mode'* kann das Verhalten des Störwertes für den Fall, dass die Störregion nicht komplett im Bildbereich enthalten ist, beeinflusst werden. Die entsprechenden Werte für *'clutter_border_mode'* sind:
  - *'clutter_border_average'*:
    Wenn *'clutter_border_average'* gesetzt wird, wird angenommen, dass der verdeckte Teil durchschnittlich den selben Störanteil aufweist wie der sichtbare Teil. Ist die Störregion gar nicht zu sehen, wird der Störwert des gefundenen Matches auf *0.0* gesetzt.
  - *'clutter_border_empty'*:
    Wird *'clutter_border_empty'* gesetzt, wird angenommen, dass der verdeckte Teil der Störregionen keine Störungen enthält.

  Es ist zu beachten, dass mit *'clutter_border_average'* höhere Störwerte erreicht werden als mit *'clutter_border_empty'*, selbst wenn der Match nicht am Rand des Bildbereichs liegt.
  Werteliste: *'clutter_border_average'*, *'clutter_border_empty'*.
  Default: *'clutter_border_average'*.

7. **Ausgabe**
   - *'score_visualization'*:
     Bestimmt, ob die Score-Beiträge der einzelnen Modellpunkte für einen gefundenen Match in `find_generic_shape_model` berechnet werden sollen. Das Berechnen der Score-Beiträge ist notwendig für die Abfrage der Modellkontouren eines Score-Beitrags-Intervall in `MatchResultID`. In der Dokumentation von `get_generic_shape_model_result_object` wird beschrieben wie die generierten Konturen abgefragt werden können.
     Der Parameter *'score_visualization'* kann im folgenden Aufruf von `find_generic_shape_model` nicht verwendet werden, wenn eine oder mehrere der folgenden Aussagen zutrifft:
     - Das Formmodell ist mit einem XLD-Template trainiert worden,
     - das Formmodell ist vollständig vorab generiert worden,
     - der Parameter *'max_deformation'* ist auf einen anderen Wert als *0* eingestellt,
     - der Parameter *'pyramid_level_lowest'* ist auf einen anderen Wert als *1* eingestellt,
     - der Parameter *'pyramid_level_robust_tracking'* ist auf einen anderen Wert als *'false'* eingestellt.

     Ob das Formmodell kompatibel mit *'score_visualization'* ist, kann durch Abfragen von *'score_visualization_enabled'* mit `get_generic_shape_model_param` überprüft werden.
     Achtung: Die Aktivierung von *'score_visualization'* erhöht die Laufzeit deutlich.
     Werteliste: *'true'*, *'false'*.
     Default: *'true'*.
   - Ursprung:
     Der Ursprung (Referenzpunkt) ist relativ zum Schwerpunkt der Domäne (Region) des Bildes definiert, das zum Trainieren des Formmodells mit `train_generic_shape_model` benutzt wurde. Daher bedeutet ein Ursprung von (0,0), dass der Schwerpunkt der Domäne des Template-Bildes als Ursprung verwendet wird. Der Ursprung kann mit folgenden Parametern neu gesetzt werden:
     - *'origin_row'*:
       Bestimmt die Zeilenkoordinate des neuen, verschobenen Ursprungs.
       Default: *0*.

  - *'origin_column'*:
    Bestimmt die Spaltenkoordinate des neuen, verschobenen Ursprungs.
    Default: *0*.

  Beispiel: Setzt man *'origin_column'* = *-20* und *'origin_row'* = *-40*, dann liegt der neue Ursprung links oberhalb des Schwerpunkts des Modells. Es ist zu beachten, dass das Setzen des Ursprungs die verwendeten Transformationsmatrizen verändert, d.h. die *'clutter_hom_mat_2d'*, die der Nutzer setzt und die berechnete *'hom_mat_2d'* eines Matches.

- *'prepare_contours_for_visualization'*:
  Bestimmt, ob die Kontur eines gefundenen Matches mit `find_generic_shape_model` für die Visualisierung vorbereitet und in `MatchResultID` ausgegeben werden soll (*'true'*) oder nicht (*'false'*). Durch die Deaktivierung von *'prepare_contours_for_visualization'* verkürzt sich die Laufzeit. In der Dokumentation von `get_generic_shape_model_result_object` wird beschrieben wie die generierte Kontur abgefragt werden kann.
  Werteliste: *'true'*, *'false'*.
  Default: *'true'*.
- *'prepare_clutter_region_for_visualization'*:
  Bestimmt, ob die Störregion eines gefundenen Matches mit `find_generic_shape_model` für die Visualisierung vorbereitet und in `MatchResultID` ausgegeben werden soll (*'true'*) oder nicht (*'false'*). Durch die Deaktivierung von *'prepare_clutter_region_for_visualization'* verkürzt sich die Laufzeit. In der Dokumentation von `get_generic_shape_model_result_object` wird beschrieben wie die generierte Störregion abgefragt werden kann.
  Werteliste: *'true'*, *'false'*.
  Default: *'true'*.
- *'time_measurement'*:
  Bestimmt, ob während der Suche die benötigte Zeit einzelner Abschnitte gemessen wird. Die einzelnen Zeiten werden in `MatchResultID` zurückgegeben, siehe `get_generic_shape_model_result`.
  Werteliste: *'pipeline'*, *'false'*.
  Default: *'false'*.

Rechnerressourcen für die Suche

In diesem Abschnitt werden die Parameter aufgelistet und erläutert, welche technische Einflüsse beim Suchen des Modells `ModelID` betreffen. Folgende Parameter `GenParamName` werden unterstützt:

- *'model_cache'*:

  Bestimmt, ob z.B. `find_generic_shape_model` einen internen Cache, der auf temporärem Speicher basiert, verwendet (*'true'*) oder nicht (*'false'*). Wird *'model_cache'* deaktiviert (durch Setzen von *'false'*), kann die Laufzeit leicht verlängert werden, führt aber zu einem konstant kleineren Speicherverbrauch.

  Die Größe des Cache hängt von der Größe des Parameterraums ab, also ob der Suchbereich viele Diskretisierungsschritte aufweist. Das bedeutet, dass aus einem engmaschiges Suchgitter mit kleinen Schrittweiten (`step`), bei dem große Bereiche zwischen Start- (`start`) und Endwerten (`end`) abgedeckt werden, großer Speicherverbrauch resultiert.

  Default: *'true'*.

- *'timeout'*:

  Bestimmt die maximale Laufzeit der Operatoren, die zum Suchen des Formmodells `ModelID` verwendet werden (z.B. `find_generic_shape_model`). Die zeitliche Genauigkeit hängt von einigen Faktoren ab, darunter die Größe des Modells, die Geschwindigkeit des verwendeten Rechners, und der Modus der in *'timer_mode'* über `set_system` gesetzt wurde. Es ist zu beachten, dass die Laufzeit der Suche bis zu 10 Prozent ansteigt wenn *'timeout'* aktiviert ist.

  Der Wert von *'timeout'* muss in Millisekunden angegeben werden. Um *'timeout'* zu deaktivieren kann entweder eine negative Zahl oder *'false'* gesetzt werden.

  Wertevorschläge: *'false'*, *-1*, *100*.

  Default: *'false'*.

Erweiterte Parameterschätzung

Die erweiterte Parameterschätzung ermöglicht eine verbesserte Schätzung spezifischer Parameter. Sie kann durchgeführt werden, indem repräsentative Samples dem Modell hinzugefügt werden, bevor es mittels

train_generic_shape_model trainiert wird. In diesem Abschnitt werden die Parameter aufgelistet, die für die erweiterte Parameterschätzung eingesetzt werden können. Wird ein zugehöriger Wert verändert, ist es notwendig das angepasste Modell vor dem Matching zu trainieren. Folgende Parameter GenParamName werden unterstützt:

- *'training_samples'*:
  Fügt dem Modell Trainingsdaten für die erweiterte Parameterschätzung hinzu. Die Trainingsdaten müssen als Tupel von Dictionarys übergeben werden, wobei jedes Dictionary genau ein Sample definiert. Für ein gültiges Sample sind folgende Schlüssel und zugehörige Objekte notwendig:
  - image: Trainingsbild. Die Domäne der Trainingsbilder wird nicht berücksichtigt.
  - region: Region(en), welche die jeweilige Ground Truth einer Instanz definiert. Damit die Instanz gefunden werden kann, müssen der Usprung des Modells und die Modellkonturen in der Region liegen.

  Alle anderen Schlüssel des Dictionarys werden ignoriert. Sobald neue Trainingsdaten hinzugefügt werden, werden bereits gesetzte Trainingsdaten überschrieben oder, im Falle eines leeren Tupels, die Trainingsdaten aus dem Formmodell entfernt.
  Restriktion: *'training_samples'* kann nicht zusammen mit anderen Parametern gesetzt werden.
- *'extended_parameter_estimation'*:
  Steuert, welche erweiterte Parameterschätzung beim nächsten Aufruf von train_generic_shape_model ausgeführt wird. Bei erfolgreicher Schätzung werden die geschätzten Parameterwerte ins Modell gesetzt.
  Um gute Schätzwerte zu erreichen, ist es erforderlich alle Parameter vor dem nächsten Training zu setzen (sprich, vor dem nächsten Aufruf von train_generic_shape_model).
  Mögliche Werte sind:
  - *'none'*:
    Wählt alle Methoden für erweiterte Parameterschätzung ab.
  - *'linear'*:
    Bestimmt einen geeigneten Wert für *'min_score'*.
  - *'per_level'*:
    Bestimmt geeignete Werte, die statt *'greediness'* und *'min_score'* verwendet werden.
    Achtung: *'per_level'* ist eng mit der Anzahl verwendeter Pyramidenstufen verknüpft. Es ist somit wichtig die Pyramidenstufen nach der erweiterten Parameterschätzung nicht mehr zu ändern. Infolgedessen müssen Änderungen an der Anzahl verwendeter Pyramidenstufen vor der erweiterten Parameterschätzung, sprich vor dem Aufruf von train_generic_shape_model, erfolgen. Das gilt sowohl für direkte Änderungen der Pyramidenstufen (zum Beispiel durch Setzen von *'pyramid_level_highest'*) als auch für indirekte Änderungen (zum Beispiel durch das Aufrufen von adapt_shape_model_high_noise). Außerdem muss der Parameterwert für *'max_deformation'* konstant bleiben.

  Restriktion: *'extended_parameter_estimation'* kann nicht zusammen mit anderen Parametern gesetzt werden.
  Restriktion: Mit Ausnahme von *'none'* erfordern alle Parameterwerte repräsentative Trainingsdaten. Ohne Trainingsdaten wird die erweiterte Parameterschätzung nicht durchgeführt und die betroffenen Parameter werden auf die zuletzt vom User gesetzten Werte oder auf die Defaultwerte zurückgesetzt.
  Default: *'per_level'*.

Automatische Modifikationen

In diesem Abschnitt werden die Parameter aufgelistet, die ohne weitere Benachrichtigung automatisch modifiziert werden:

- *'num_levels'*:
  Falls *'num_levels'* so gesetzt wird, dass auf der gewünschten Pyramidenstufe nicht mehr ausreichend Modellpunkte generiert werden, dann wird die Anzahl Stufen intern so reduziert, dass auf der obersten Pyramidenstufe ausreichend Modellpunkte gefunden werden können.
  Falls dieses Vorgehen zu einem Modell ohne Pyramidenstufen führen würde, die Anzahl Modellpunkte also von vornherein auf der untersten Pyramidenstufe zu klein war, dann gibt train_generic_shape_model eine Fehlermeldung aus.

- Parameter, die eine Schrittweite (*step_size*) bestimmen:
  Falls der Suchbereich kein Vielfaches der Schrittweite ist wird letztere entsprechend angepasst.
  Beispiele: 'angle_step', 'iso_scale_step'.
- Start- und Endwerte (*start* und *end*) eines Suchbereichs:
  Um sicher zu gehen, dass Modellinstanzen in ihrer exakten Modellposition von `find_generic_shape_model` zurückgegeben werden, können Suchbereiche wie folgt angepasst werden: Falls keine positive Ganzzahl n existiert, mit welcher der Startwert plus n mal die Schrittweite (*step_size*) 0.0 (für Winkel) beziehungsweise 1.0 (für Skalierungen) ergibt, dann wird der Startwert um bis zu eine Schrittweite verringert und der Endwert wird erhöht, so dass der Suchbereich um genau einmal die Schrittweite erweitert wurde.
  Beispiele: 'angle_start', 'restrict_iso_scale_max'.
- *'clutter_hom_mat_2d'*:
  Wenn man den Ursprung verändert (*'origin_row'* und *'origin_column'*), beeinflusst das die Transformationsmatrizen, insbesondere *'clutter_hom_mat_2d'*, welcher von dem Nutzer gesetzt wird.
- *'clutter_contrast'*:
  Wenn *'min_contrast'* so geändert wird, das er größer als *'clutter_contrast'* wird, wird *'clutter_contrast'* automatisch erhöht, falls der Nutzer *'auto'* gesetzt hat.

Es ist zu beachten das Transformationen intern so berechnet werden, dass die Skalierung und dann die Rotation angewandt wird. Daher sollte das Modell üblicherweise so ausgerichtet werden, dass es horizontal oder vertikal im Modellbild auftritt.

Parameter

▷ **`ModelID`** (input_control) . . . . . shape_model ⇝ *handle*
Handle des Formmodells.

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Parameternamen.
Default: 'min_score'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'angle_end', 'angle_start', 'angle_step', 'border_shape_models', 'clutter_border_mode', 'clutter_contrast', 'clutter_hom_mat_2d', 'contrast_high', 'contrast_low', 'extended_parameter_estimation', 'score_visualization', 'greediness', 'iso_scale_max', 'iso_scale_min', 'iso_scale_step', 'max_clutter', 'max_deformation', 'max_overlap', 'max_overlap_global_enable', 'metric', 'min_contrast', 'min_score', 'min_size', 'model_cache', 'model_identifier', 'num_levels', 'num_matches', 'optimization', 'origin_column', 'origin_row', 'prepare_contours_for_visualization', 'prepare_clutter_region_for_visualization', 'pyramid_level_highest', 'pyramid_level_lowest', 'pyramid_level_robust_tracking', 'restrict_iso_scale_max', 'restrict_iso_scale_min', 'restrict_scale_column_max', 'restrict_scale_column_min', 'restrict_scale_row_max', 'restrict_scale_row_min', 'scale_column_max', 'scale_column_min', 'scale_column_step', 'scale_row_max', 'scale_row_min', 'scale_row_step', 'strict_boundaries', 'subpixel', 'time_measurement', 'timeout', 'training_samples', 'use_clutter'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string / handle
Parameterwerte.
Default: 0.5
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, 0.0, 0.39, 0.79, 1.57, 3.14}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_generic_shape_model_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_generic_shape_model`

Nachfolger

`get_generic_shape_model_param`, `train_generic_shape_model`, `find_generic_shape_model`

Modul

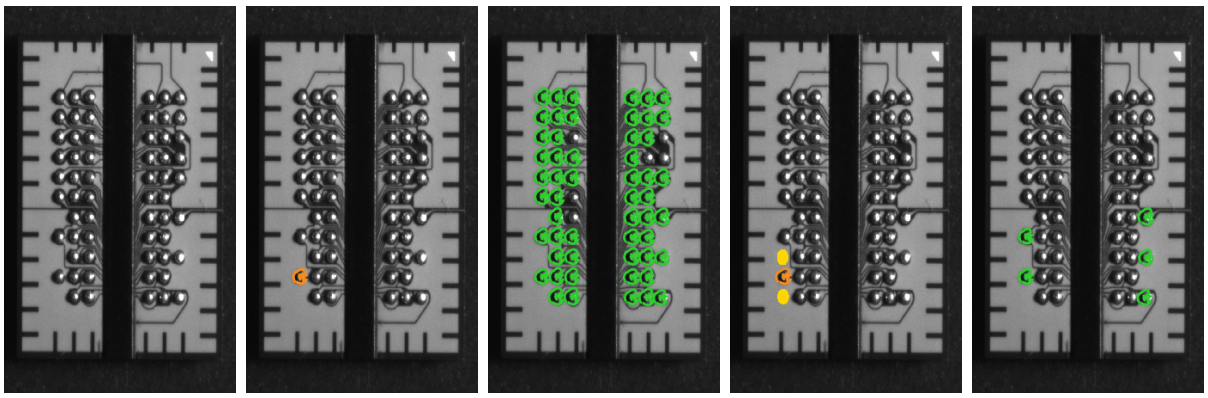
Matching

set_shape_model_clutter (ClutterRegion : : ModelID, HomMat2D, ClutterContrast, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen der Störparameter eines Formmodells.

`set_shape_model_clutter` setzt die Störparameter eines Formmodells `ModelID`, d.h. es wird eine Region relativ zum Formmodell definiert, in der im Suchbild keine (oder zu schwache) Störungen auftreten sollen. Hilfreich ist dies beispielsweise, wenn in einem Suchbereich mit sich wiederholendem Muster nach einer Instanz des Modells gesucht wird, in deren Umgebung ein Teil des Musters nicht auftritt.

Das HDevelop Beispielprogramm `find_shape_model_clutter.hdev` zeigt z.B. wie mit Hilfe von Störparametern spezifische Matches in Bildern von Kugelgitteranordnungen (BGA) gefunden werden können.



(1) (2) (3) (4) (5)

(1) Bild des BGA, (2) Formmodell einer einzelnen Kugel (orange), (3) Matchingergebnis (grün) ohne Hilfe von Störparametern, (4) Definieren einer Störregion (gelb) relativ zu der Modelregion (orange). (5) Matchingergebnis nach Setzen von Störparametern (grün).

Für Matches im Suchbild erhöhen Kanten, die in der Störregion gefunden werden, den Störwert. Dieser wird von den Operatoren `find_shape_model`, `find_scaled_shape_model`, `find_aniso_shape_model`, `find_shape_models`, `find_scaled_shape_models` und `find_aniso_shape_models` zusätzlich im Parameter `Score` ausgegeben, nach den üblichen Werten aus der Berechnung der Sichtbarkeit des Modells. Es ist zu beachten, dass im Eingabeparameter `MinScore` dieser Operatoren zusätzlich Angaben zum maximalen Störwert (für welchen Matches zurückgegeben werden sollen) gemacht werden. Für weitere Informationen zum Setzen von `MinScore`, siehe die entsprechende Operatorreferenz.

Um die Störregion relativ zu den Modellkonturen zu definieren, braucht man zum einen die Region `ClutterRegion` und zum anderen die Transformationsmatrix `HomMat2D`, welche die Position der Modellkonturen im Suchbild abbildet. Ein typisches Vorgehen um eine geeignete Transformationsmatrix zu erhalten wäre, eine Instanz im Bild zu finden (beispielsweise mit `find_shape_model`) und aus den Ausgabeparametern mit Hilfe der Prozedur `get_hom_mat2d_from_matching_result` die Transformationsmatrix `HomMat2D` zu berechnen. Im Anschluss kann `ClutterRegion` für die gefundene Instanz im gleichen Bild spezifiziert werden. Mit `ClutterRegion` sollten dabei sämtliche Störungen, welche typischerweise im Umfeld der gefundenen Instanzen auftreten, abgedeckt sein. Es wird empfohlen die Störregion größer als notwendig zu spezifizieren wenn die Skalierungen des Formmodells stark variieren. Die Robustheit der Suche kann verbessert werden indem die Störregion nicht zu nah an den erwarteten Modellkonturen gewählt wird.

Der Parameter ClutterContrast bestimmt den Kontrast, den eine Kante in der Störregion aufweisen muss, um als Störung gewertet zu werden. In vielen Anwendungsfällen ist der Parameter Contrast, welcher zur Erstellung des Formmodells genutzt wurde, auch hierfür ein sinnvoller Wert. ClutterContrast darf dabei nicht kleiner sein als der Parameter MinContrast des Formmodells, ansonsten wird eine Fehlermeldung zur Laufzeit zurückgegeben. Die Polarität der gefundenen Störkanten wird ignoriert, d.h. helle Objekte auf dunklem Hintergrund erzielen denselben Störwert wie dunkle Objekte auf hellem Hintergrund, unabhängig vom Parameter Metric des Formmodells. Es ist zu beachten, dass von sämtlichen Ergebnissen des formbasierten Matchings die Störwerte am stärksten von Beleuchtungsänderungen beeinflusst werden.

Wird GenParamName auf *'clutter_border_mode'* gesetzt, kann das Verhalten des Störwertes für den Fall, dass die Störregion nicht komplett im Bildbereich enthalten ist, beeinflusst werden. Als entsprechende Werte für *'clutter_border_mode'* (GenParamValue) kommen *'clutter_border_average'* oder *'clutter_border_empty'* in Frage.

- *'clutter_border_average'*:
  Wenn GenParamValue auf *'clutter_border_average'* (Standardwert) gesetzt wird, wird angenommen, dass der verdeckte Teil durchschnittlich denselben Störanteil aufweist wie der sichtbare Teil. Ist die Störregion gar nicht zu sehen, wird der Störwert des gefundenen Matches auf *0.0* gesetzt.
- *'clutter_border_empty'*:
  Wird GenParamValue auf *'clutter_border_empty'* gesetzt, wird angenommen, dass der verdeckte Teil der Störregionen keine Störungen enthält.

Es ist zu beachten, dass mit *'clutter_border_average'* für GenParamValue höhere Störwerte erreicht werden können, selbst wenn der Match nicht am Rand des Bildbereichs liegt.

Die Nutzung von Störparametern im Formmodell kann mit set_shape_model_param aktiviert oder deaktiviert werden. Für neu generierte Formmodelle ist die Nutzung von Störparametern deaktiviert. Nach dem Aufruf von set_shape_model_clutter ist die Nutzung von Störparametern aktiviert. Je nach Aktivierungsstatus erwarten die jeweiligen find-Operatoren eine unterschiedliche Anzahl an Eingabeparametern für MinScore (siehe auch die entsprechenden Operatorreferenzen). Die gesetzten Störparameter sowie der Wert von *'use_clutter'* können mit dem Operator get_shape_model_clutter abgefragt werden.

Parameter

▷ **ClutterRegion** (input_object) ..... region ⇝ *object*
Region, in der keine Störungen auftreten sollen.

▷ **ModelID** (input_control) ..... shape_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

▷ **HomMat2D** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Transformationsmatrix.

▷ **ClutterContrast** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
Minimaler Kontrast für Störungen im Suchbild.
Default: 128

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Parametername.
Werteliste: GenParamName ∈ {'clutter_border_mode'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *real* / integer / string
Parameterwerte.
Werteliste: GenParamValue ∈ {'clutter_border_empty', 'clutter_border_average'}

Beispiel

```
*
* Create a shape model.
read_image (ImageModel, '/bga_gap/bga_gap_01.png')
gen_circle (ROI, 753.869, 551.624, 28.4027)
reduce_domain (ImageModel, ROI, ImageReduced)
create_aniso_shape_model (ImageReduced, 'auto', rad(0), rad(0), 'auto', \
                          0.95, 1.05, 'auto', 0.95, 1.05, 'auto', 'auto', \
                          'use_polarity', 'auto', 'auto', ModelID)
*
* Specify the clutter parameters.
```

```
find_aniso_shape_model (ImageModel, ModelID, rad(0), rad(0), 0.95, 1.05, \
                        0.95, 1.05, 0.83, 0, 0.0, 'least_squares', 0, 0.0, \
                        Row, Column, Angle, ScaleR, ScaleC, Score)
get_hom_mat2d_from_matching_result (Row[0], Column[0], Angle[0], ScaleR[0], \
                                    ScaleC[0], HomMat2D)
*
gen_circle (ROI_0, 700.655, 548.666, 21.6273)
gen_circle (ROI_1_0, 810.655, 550.611, 21.6273)
union2 (ROI_0, ROI_1_0, ClutterRegion)
*
ClutterContrast := 12
*
* Set the clutter parameters into shape model.
set_shape_model_clutter (ClutterRegion, ModelID, HomMat2D, ClutterContrast, \
                         [], [])
*
* Use the shape model to detect objects with a small amount of clutter
read_image (Image,'/bga_gap/bga_gap_02.png')
MaxClutter := 0.09
find_aniso_shape_model (Image, ModelID, rad(0), rad(0), 0.95, 1.05, 0.95, \
                        1.05, [0.83, MaxClutter], 0, 0.0, 'least_squares', \
                        [4, 3],  0.0,  Row, Column, Angle, ScaleR, ScaleC, \
                        Score)
*
* Visualize the matches
dev_display_shape_matching_results (ModelID, ['green', 'red'], Row, Column, \
                                    Angle, ScaleR, ScaleC, 0)
Clutter := Score[|Score|/2:|Score|-1]
Score := Score[0:|Score|/2-1]
dev_inspect_ctrl ([Score, Clutter])
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_shape_model_clutter` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_shape_model`, `create_scaled_shape_model`, `create_aniso_shape_model`, `create_shape_model_xld`, `create_scaled_shape_model_xld`, `create_aniso_shape_model_xld`

Nachfolger

`find_shape_model`, `find_scaled_shape_model`, `find_aniso_shape_model`, `find_shape_models`, `find_scaled_shape_models`, `find_aniso_shape_models`, `get_shape_model_clutter`

Alternativen

`set_generic_shape_model_param`, `set_generic_shape_model_object`

Siehe auch

`set_shape_model_param`

Modul

Matching

set_shape_model_metric (Image : : ModelID, HomMat2D, Metric :)

Setzen der Metrik eines Formmodells, das aus XLD-Konturen erzeugt wurde.

set_shape_model_metric ändert den Wert des Parameters Metric der bei der Erstellung des Formmodells ModelID gesetzt wurde. Hierfür wird die Polarität der Modellkanten unter Verwendung des Bildes Image bestimmt. Die Transformationsmatrix HomMat2D beschreibt die Transformation, die die Modellkanten an die entsprechende Stelle des Bildes transformiert, an der das Objekt erscheint.

Der Parameter Metric legt fest, unter welchen Bedingungen das Muster später im Suchbild noch erkannt wird. Falls Metric = *'use_polarity'*, muss das Objekt im Bild dieselben Kontrasteigenschaften aufweisen wie das Modell. Wenn z.B. das Modell ein helles Objekt auf dunklem Hintergrund ist, wird das Objekt im Bild nur dann gefunden, wenn es auch heller als der Hintergrund ist. Falls Metric = *'ignore_global_polarity'*, wird das Objekt auch dann im Bild gefunden, wenn sich der Kontrast global umkehrt. Im obigen Beispiel würde das Objekt also auch dann gefunden, wenn es dunkler als der Hintergrund ist. Die Laufzeit von find_generic_shape_model erhöht sich in diesem Fall geringfügig.

Es muss sichergestellt werden, dass die Objektkanten im Bild Image die gleiche (oder inverse) Polarität aufweisen wie die entsprechenden Kanten im späteren Suchbild. Insbesondere darf das Objekt nicht verdeckt sein und der Hintergrund muss entweder heller oder dunkler sein als das Objekt. Ansonsten stimmt die Polarität der Modellkanten nicht mit der Polarität der Kanten im Suchbild überein und das Formmodell kann dort nicht gefunden werden. Zu beachten ist, dass nur die Polarität der Kanten bestimmt wird, nicht ihr Kontrast. Des Weiteren ist zu beachten, dass die Polarität nur aus einem einkanaligen Bild bestimmt wird. Wird ein Mehrkanalbild in Image übergeben, so wird nur der erste Kanal verwendet (und keine Fehlermeldung zurückgegeben).

Die Transformation, die durch die Matrix HomMat2D definiert ist, transformiert die Modellkonturen an die Stelle an der das Objekt im Bild Image erscheint. Sie kann dadurch bestimmt werden, dass man das Objekt z.B. mittels find_generic_shape_model im Bild Image findet und anschließend die entsprechende Transformationsmatrix mit der Prozedur get_hom_mat2d_from_matching_result berechnet. Der Operator set_shape_model_metric ignoriert mit set_shape_model_origin gesetzte Ursprünge und nimmt stets (0,0) als Ursprung. Wird das Objekt im Bild Image gesucht, müssen auch alle anderen Operatoren den Ursprung im Punkt (0,0) setzen, weshalb set_shape_model_origin mit (0,0) als Ursprung aufgerufen werden soll.

Eine typische Vorgehensweise besteht darin, zuerst die XLD-Konturen aus einer Datei einzulesen. Da diese XLD-Konturen keine Polaritätsinformation haben, muss der Parameter Metric bei der Erzeugung des Formmodells aus den XLD-Konturen auf den Wert *'ignore_local_polarity'* gesetzt werden. Dann kann das Modell in einem ersten Suchbild gefunden werden. Aus den resultierenden Matchingergebnissen lassen sich die Transformationsparameter bestimmen, die die Modellkonturen an die Stelle des Suchbildes abbilden, an der das Objekt erscheint. Um die Matchingergebnisse interaktiv zu kontrollieren, können die Modellkonturen entsprechend transformiert werden. Ist das Matchingergebnis korrekt, kann der Wert des Parameters Metric z.B. zu *'use_polarity'* verändert werden. Dies führt in den nachfolgenden Bildern zu einer schnelleren und robusteren Erkennung.

Achtung

set_shape_model_metric kann nur mit Formmodellen genutzt werden, die aus XLD-Konturen erzeugt wurden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild, das zur Bestimmung der Polarität verwendet wird.
- ▷ **ModelID** (input_control) ..... shape_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells.
- ▷ **HomMat2D** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Transformationsmatrix.
- ▷ **Metric** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
  Default: 'use_polarity'
  Werteliste: Metric ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity'}

Beispiel

```
*
* Read the contours from file
read_contour_xld_dxf (Contours, 'metal-part-01', [], [], DxfStatus)
*
* Scale the contours such that they correspond to the image
hom_mat2d_identity (HomMat2DIdentity)
hom_mat2d_scale (HomMat2DIdentity, 3.35, 3.35, 0, 0, HomMat2DScale)
affine_trans_contour_xld (Contours, ContoursAffineTrans, HomMat2DScale)
*
* Create the shape model with Metric='ignore_local_polarity'
create_generic_shape_model (ModelID)
train_generic_shape_model (ContoursAffineTrans, ModelID)
*
* Get an image of the object and try to find the object in this image
read_image (Image, 'metal-parts/metal-parts-01')
find_generic_shape_model (Image, ModelID, MatchResultID, NumMatchResult)
*
* Visualize the match
get_generic_shape_model_result_object (Objects, MatchResultID, 'all', \
                                       'contours')
stop()
get_generic_shape_model_result (MatchResultID, 'all', 'hom_mat_2d', \
                                HomMat2D)
*
* Set the matching metric to 'use_polarity', based on the position
* of the found object
set_shape_model_metric (Image, ModelID, HomMat2D, 'use_polarity')
*
* Use the shape model to detect the object faster and more robust
read_image (Image, 'metal-parts/metal-parts-02')
find_generic_shape_model (Image, ModelID, MatchResultID, NumMatchResult)
*
* Visualize the matches
get_generic_shape_model_result_object (Objects, MatchResultID, 'all', \
                                       'contours')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_shape_model_metric` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_generic_shape_model`

Nachfolger

`find_generic_shape_model`

Siehe auch

set_generic_shape_model_param

Modul

Matching

set_shape_model_origin (: : ModelID, Row, Column :)

Setzen des Ursprungs (Referenzpunktes) eines Formmodells.

Der Operator set_shape_model_origin setzt den Ursprung (Referenzpunkt) des Formmodells ModelID auf einen neuen Wert. Der Ursprung wird relativ zum Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des Formmodells mit create_shape_model, create_scaled_shape_model oder create_aniso_shape_model verwendet wurde, angegeben. Ein Ursprung von (0,0) heißt also, dass der Schwerpunkt der Region des Modellbildes verwendet wird. Ein Ursprung von (-20,-40) heißt, dass der Ursprung links oberhalb des Schwerpunktes liegt.

Parameter

- ▷ **ModelID** (input_control) ..... shape_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells.
- ▷ **Row** (input_control) ..... point.y ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Ursprungs des Formmodells.
- ▷ **Column** (input_control) ..... point.x ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Ursprungs des Formmodells.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert set_shape_model_origin den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_generic_shape_model

Nachfolger

train_generic_shape_model

Siehe auch

area_center

Modul

Matching

set_shape_model_param (: : ModelID, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen ausgewählter Formmodellparameter.

Der Operator set_shape_model_param setzt ausgewählte Parameter im Formmodell ModelID. Die folgenden Parameter können modifiziert werden:

'min_contrast'

Setzt im Formmodell `ModelID` den minimalen Kontrast des Objekts in den Suchbildern. Damit wird der Wert *'min_contrast'*, der ursprünglich z.B. mit `create_shape_model` gesetzt wurde, überschrieben. Falls das Formmodell `ModelID` aus einer Datei eingelesen wurde und diese Datei geändert werden soll, muss das Formmodell `ModelID` nochmals in die Datei geschrieben werden, nachdem der Operator `set_shape_model_param` ausgeführt wurde.

'timeout'

Setzt die maximale Laufzeit der Operatoren die verwendet werden um das Formmodell `ModelID` zu finden (z.B. `find_shape_model`). Dies ist dann besonders nützlich, wenn eine maximale Zykluszeit sichergestellt werden muss. Der *'timeout'* muss in Millisekunden angegeben werden. Die zeitliche Genauigkeit des Timeouts hängt von vielen Faktoren ab, darunter ist die Größe des Modells, die Geschwindigkeit des Rechners und der *'timer_mode'* der über `set_system` gesetzt wurde. Beachten Sie, dass sich die Laufzeit der Modellsuche bei aktiviertem Timeout um bis zu 10 Prozent erhöht. Um den Timeout zu deaktivieren, können Sie entweder einen negativen Wert oder *'false'* angeben.

'border_shape_models'

Legt für die Operatoren, die verwendet werden um das Formmodell `ModelID` zu finden (z.B. `find_shape_model`), fest, ob die gesuchten Modelle teilweise außerhalb des Bildes liegen dürfen (also den Bildrand überschreiten dürfen). Teilweise bedeutet, dass der Ursprung des Modells noch innerhalb des Bildes liegen muss. Ein eventuell mit `set_shape_model_origin` anders gesetzter Ursprung wird nicht berücksichtigt. Der Wert von *'border_shape_models'* ist entweder *'true'*, *'false'* oder *'system'*. Wenn der Wert auf den Standardwert *'system'* gesetzt ist, wird der systemweite Wert verwendet, der zuletzt mit `set_system` für *'border_shape_models'* gesetzt wurde.

'use_clutter'

Deaktiviert oder aktiviert die Nutzung von Störparametern für das Formmodell `ModelID`, welche zuvor mit `set_shape_model_clutter` gesetzt wurden. Der Wert von *'use_clutter'* kann *'true'* oder *'false'* sein. Es ist zu beachten, dass der Wert von *'use_clutter'* die Anzahl erwarteter Einträge für den Parameter `MinScore` beeinflusst. Für weitere Informationen, siehe die Referenz der entsprechenden Operatoren, wie beispielsweise `find_shape_model`.

Für neu generierte Formmodelle ist die Nutzung von Störparametern deaktiviert. Nach dem Aufruf von `set_shape_model_clutter` ist die Nutzung von Störparametern aktiviert. Störparameter sowie der Wert von *'use_clutter'* können mit `get_shape_model_clutter` abgefragt werden.

'model_cache'

Schaltet einen internen Cache, der auf temporärem Speicher basiert und der von dem Formmodell bei z.B. `find_shape_model` verwendet wird, ein oder aus. Die Größe des Caches hängt davon ab, wie groß der Parameterraum ist und wie viele Diskretisierungsschritte der Suchoperator benötigt. Das bedeutet, dass der Speicherverbrauch sowohl durch kleine Schrittweiten in `AngleStep` und `ScaleStep` als auch durch die Festlegung eines großen Parameterraums mittels `AngleExtent` sowie `ScaleMin` und `ScaleMax` erhöht wird. Wenn man *'model_cache'* ausschaltet (durch Setzen auf *'false'*), führt das manchmal zu einer leicht längerer Laufzeit, aber konstant kleinem Speicherverbrauch, was besonders für Anwendungen auf Embedded-Systemen wichtig ist. Standardmäßig ist der Cache eingeschaltet (*'true'*).

Parameter

- ▷ **`ModelID`** (input_control) ..... shape_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells.
- ▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
  Parameternamen.
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'min_contrast', 'timeout', 'border_shape_models', 'use_clutter', 'model_cache'}
- ▷ **`GenParamValue`** (input_control) ..... attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string
  Parameterwerte.
  Werteliste: `GenParamValue` ∈ {'true', 'false', 'system'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_shape_model_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_shape_model_xld`, `create_scaled_shape_model_xld`, `create_aniso_shape_model_xld`

Nachfolger

`find_shape_model`, `find_scaled_shape_model`, `find_aniso_shape_model`

Alternativen

`set_generic_shape_model_param`

Siehe auch

`create_shape_model_xld`, `create_scaled_shape_model_xld`, `create_aniso_shape_model_xld`, `set_shape_model_clutter`, `get_shape_model_clutter`

Modul

Matching

`train_generic_shape_model` (Template : : ModelID :)

Trainieren eines Formmodells für das Matching.

Der Operator `train_generic_shape_model` trainiert das Formmodell `ModelID` um das in `Template` übergebene Trainingsmuster finden zu können.

Für `Template` können folgende Typen als Trainingsmuster übergeben werden:

Bild: Die Domäne des in `Template` übergebenen Bildes bestimmt die ROI des Modells. Welche Kanäle eines mehrkanaligen Bildes genutzt werden hängt vom Modellparameter *'metric'* (siehe `set_generic_shape_model_param`) ab.

Der Ursprung des Modells (Referenzpunkt) wird durch den Schwerpunkt der Bilddomäne definiert. Der Ursprung kann mittels `set_generic_shape_model_param` verändert werden.

XLD-Kontur: Die in `Template` übergebene XLD-Kontur sollte den Grauwertkanten des gesuchten Musters entsprechen.

Der Ursprung des Modells (Referenzpunkt) wird durch den Schwerpunkt des kleinsten achsenparallelen Rechtecks, das die Konturen umschließt, definiert. Der Ursprung kann mittels `set_generic_shape_model_param` verändert werden.

Eigenschaften des Modells `ModelID` können mit `get_generic_shape_model_param` abgefragt und mit `set_generic_shape_model_param` angepasst werden. Es ist zu beachten, dass die Veränderung bestimmter Parameter dazu führt, dass das Modell (erneut) trainiert werden muss (siehe `set_generic_shape_model_param`).

Hinzugefügte Trainings-Samples: Falls Samples hinzugefügt wurden, werden diese bei einem erfolgreichen Aufruf von `train_generic_shape_model` aus dem Modell entfernt.

Parameter

▷ **`Template`** (input_object) ..... (multichannel-)object(-array) ⇝ *object*
Trainingsbild oder -XLD.

▷ **`ModelID`** (input_control) ..... shape_model ⇝ *handle*
Handle des Formmodells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `train_generic_shape_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_generic_shape_model`, `set_generic_shape_model_param`

Nachfolger

`find_generic_shape_model`

Modul

Matching

`write_shape_model` (: : ModelID, FileName :)

Schreiben eines Formmodells auf Datei.

`write_shape_model` schreibt ein Formmodell in die Datei `FileName`. Das Modell kann mit `read_shape_model` wieder eingelesen werden. Die Dateiendung für das Formmodell ist in HALCON 'shm'.

Parameter

▷ **`ModelID`** (input_control) ..... shape_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

▷ **`FileName`** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.shm`

Ergebnis

Ist der Dateiname korrekt (Schreiberlaubnis), dann liefert `write_shape_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`set_generic_shape_model_param`, `set_generic_shape_model_object`

Modul

Matching

18.5 Korrelationsbasiert

clear_ncc_model (: : ModelID :)

Freigabe des Speichers eines NCC-Modells.

clear_ncc_model gibt den Speicher eines NCC-Modells, das mit create_ncc_model angelegt wurde, wieder frei. Das Modell kann nach dem Aufruf nicht mehr verwendet werden. Der Handle ModelID ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **ModelID** (input_control) ..... ncc_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert clear_ncc_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_ncc_model, read_ncc_model, write_ncc_model, find_ncc_model, find_ncc_models

Modul

Matching

create_ncc_model (Template : : NumLevels, AngleStart, AngleExtent, AngleStep, Metric : ModelID)

Vorbereiten eines NCC-Modells für das Matching.

create_ncc_model bereitet ein Muster, das als Bild Template übergeben wird, als NCC-Modell für das Matching mittels normalisierter Kreuzkorrelation (normalized cross correlation, NCC) vor. Die ROI des Modells wird als der Definitionsbereich von Template übergeben.

Das Modell wird auf mehreren Pyramidenebenen in mehreren Rotationen auf jeder Ebene generiert und im Speicher abgelegt. Der Ausgabeparameter ModelID ist ein Handle für dieses Modell, der in nachfolgenden Aufrufen von find_ncc_model verwendet wird.

Die Anzahl der Pyramidenebenen wird mit NumLevels festgelegt. Sie sollte so groß wie möglich gewählt werden, da hierdurch das Auffinden des Modells erheblich beschleunigt wird. Bei der Wahl von NumLevels ist aber darauf zu achten, dass das Modell auf der obersten Pyramidenstufe noch erkennbar ist und genügend viele Punkte besitzt (mindestens acht). Dies kann anhand des Definitionsbereiches der Bilder in der Ausgabe von gen_gauss_pyramid überprüft werden. Falls nicht genügend Modellpunkte erzeugt werden, wird die Anzahl der Pyramidenstufen intern solange reduziert, bis auf der obersten Pyramidenstufe genügend Modellpunkte vorhanden sind. Falls durch diese Anpassung ein Modell mit keiner Pyramidenstufe entstehen würde, d.h. falls schon auf der untersten Pyramidenstufe zu wenige Modellpunkte vorhanden sind, liefert create_ncc_model eine Fehlermeldung zurück. Falls für NumLevels *'auto'* oder *0* übergeben wird, wählt create_ncc_model die Anzahl der Pyramidenstufen automatisch. Die automatisch gewählte Anzahl von Pyramidenstufen kann mit get_ncc_model_params abgefragt werden. In seltenen Fällen kann es vorkommen,

dass create_ncc_model die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch oder zu niedrig bestimmt. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu hoch gewählt wird, kann das dazu führen, dass das Modell im Bild nicht erkannt wird oder dass sehr niedrige Parameter für MinScore in find_ncc_model selektiert werden müssen, damit das Modell gefunden wird. Falls die Anzahl der Pyramidenstufen zu niedrig gewählt wird, kann es zu erhöhten Laufzeiten in find_ncc_model kommen. In diesen Fällen sollte die Anzahl der Pyramidenstufen durch Inspektion der Ausgabebilder von gen_gauss_pyramid gewählt werden. Dabei sollte Mode = *'constant'* und Scale = *0.5* verwendet werden.

Die Parameter AngleStart und AngleExtent legen den Winkelbereich für die möglichen Rotationen des Modells im Bild fest. Das Modell kann also mit find_ncc_model nur in diesem Winkelbereich gefunden werden. Der Parameter AngleStep gibt die Schrittweite der Winkel in dem gewählten Winkelbereich an. Falls bei find_ncc_model keine Subpixelgenauigkeit spezifiziert wird, gibt AngleStep also die erreichbare Winkelgenauigkeit an. AngleStep sollte aufgrund der Größe des Objektes gewählt werden. Kleinere Modelle besitzen nur eine kleine Anzahl von verschiedenen diskreten Rotationen im Bild. Deshalb sollte AngleStep für kleinere Modelle größer gewählt werden. Falls AngleExtent kein ganzzahliges Vielfaches von AngleStep ist, wird AngleStep entsprechend angepasst. Um eine Abtastung des Winkelbereiches der möglichen Rotationen zu erreichen, die unabhängig von AngleStart ist, wird der Winkelbereich der möglichen Rotationen folgendermaßen angepasst: Wenn kein positiver ganzzahliger Wert n existiert, für den AngleStart plus n mal AngleStep genau Null ergibt, wird AngleStart um höchstens AngleStep verringert, und AngleExtent wird um AngleStep vergrößert.

Das Modell wird in dem gewählten Winkelbereich vorab generiert und im Speicher abgelegt. Der Speicherbedarf zur Speicherung des Modells ist also proportional zur Anzahl der Winkelschritte und zur Anzahl der Punkte im Modell. Wenn also AngleStep zu klein bzw. AngleExtent zu groß gewählt wird, kann es vorkommen, dass das Modell nicht mehr in den (virtuellen) Speicher passt. In diesem Fall muss entweder AngleStep größer oder AngleExtent kleiner gewählt werden. In jedem Fall ist es aus Laufzeitgründen vorteilhaft, wenn das Modell komplett in den Hauptspeicher passt und somit ein Paging durch das Betriebssystem vermieden werden kann. Da die Möglichkeit zur subpixelgenauen Winkelbestimmung in find_ncc_model gegeben ist, kann bei Modellen mit einem Durchmesser von ca. 200 Pixeln AngleStep ≥ 1 gewählt werden. Falls AngleStep = *'auto'* oder *0* übergeben wird, wählt create_ncc_model automatisch eine Schrittweite basierend auf der Größe des Modells aus. Die automatisch gewählte Schrittweite kann mit get_ncc_model_params abgefragt werden.

Der Parameter Metric legt fest, unter welchen Bedingungen das Muster im Bild noch erkannt wird. Falls Metric = *'use_polarity'*, muss das Objekt im Bild dieselben Kontrasteigenschaften aufweisen wie das Modell. Wenn z.B. das Modell ein helles Objekt auf dunklem Hintergrund ist, wird das Objekt im Bild nur dann gefunden, wenn es auch heller als der Hintergrund ist. Falls Metric = *'ignore_global_polarity'*, wird das Objekt auch dann im Bild gefunden, wenn sich der Kontrast global umkehrt. Im obigen Beispiel würde das Objekt also auch dann gefunden, wenn es dunkler als der Hintergrund ist. Die Laufzeit von find_ncc_model erhöht sich in diesem Fall geringfügig.

Als Ursprung (Referenzpunkt) des Modells wird der Schwerpunkt der Region des Modellbildes Template verwendet. Falls ein anderer Ursprung gewünscht wird, kann dieser mit set_ncc_model_origin gesetzt werden.

Parameter

▷ **Template** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object* : byte / uint2
Eingabebild, dessen Definitionsbereich zum Aufbau des Modells verwendet wird.

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Maximale Anzahl von Pyramidenebenen.
Default: 'auto'
Werteliste: NumLevels ∈ {'auto', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **AngleStart** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Kleinste auftretende Rotation des Musters.
Default: -0.39
Wertevorschläge: AngleStart ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}

▷ **AngleExtent** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Ausdehnung des Winkelbereichs.
Default: 0.79
Wertevorschläge: AngleExtent ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39}
Restriktion: AngleExtent >= 0

▷ **AngleStep** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real / string*
Schrittweite der Winkel (Auflösung).
Default: 'auto'
Wertevorschläge: AngleStep ∈ {'auto', 0.0, 0.0175, 0.0349, 0.0524, 0.0698, 0.0873}
Restriktion: AngleStep >= 0 && AngleStep <= pi / 16

▷ **Metric** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
Default: 'use_polarity'
Werteliste: Metric ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity'}

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . ncc_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_ncc_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Wenn der Parameter NumLevels so gewählt wurde, dass das Modell zu wenige Punkte besitzt, wird die Fehlermeldung 8506 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

draw_region, reduce_domain, threshold

Nachfolger

find_ncc_model, get_ncc_model_params, clear_ncc_model, write_ncc_model, set_ncc_model_origin, set_ncc_model_param, find_ncc_models

Alternativen

create_generic_shape_model

Modul

Matching

deserialize_ncc_model (: : SerializedItemHandle : ModelID)

Deserialisieren eines NCC-Modells.

deserialize_ncc_model deserialisiert ein NCC-Modell, welches mit serialize_ncc_model serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Das serialisierte NCC-Modell wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten NCC-Modell mit dem Handle ModelID gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **ModelID** (output_control) . . . . . ncc_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_ncc_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_ncc_model`

Nachfolger

`find_ncc_model`

Siehe auch

`create_ncc_model`, `clear_ncc_model`

Modul

Matching

determine_ncc_model_params (Template : : NumLevels, AngleStart, AngleExtent, Metric, Parameters : ParameterName, ParameterValue)

Berechnung der Parameter eines NCC-Modells.

`determine_ncc_model_params` berechnet bestimmte Parameter eines NCC-Modells automatisch aus dem Modellbild `Template`. Die zu berechnenden Parameter werden in `Parameters` angegeben. Mit `determine_ncc_model_params` lassen sich dieselben Parameter automatisch bestimmen, die auch mit `create_ncc_model` durch Setzen des jeweiligen Parameters auf *'auto'* automatisch bestimmt werden können: die Anzahl der Pyramidenebenen des Modells (`Parameters` = *'num_levels'*) und/oder die Winkelschrittweite (`Parameters` = *'angle_step'*). Es kann eine beliebige Kombination dieser Parameter bestimmt werden, indem ein Tupel von Werten in `Parameters` übergeben wird. Falls alle Parameter automatisch bestimmt werden sollen, kann zur Vereinfachung auch der Wert *'all'* übergeben werden.

`determine_ncc_model_params` kann hauptsächlich dazu verwendet werden, die obigen Parameter automatisch zu bestimmen, bevor das Modell erzeugt wird. Dies ist vor allem in interaktiven Systemen nützlich, in denen dem Benutzer ein Vorschlag für diese Werte präsentiert wird, die der Benutzer aber modifizieren kann.

Die berechneten Parameter werden in `ParameterName` und `ParameterValue` als Name des Parameters und als jeweiliger Wert zurückgeliefert. Dabei haben die Parameter in `ParameterName` dieselben Namen wie in `Parameters`, wobei natürlich der Wert *'all'* durch die entsprechenden Parameternamen ersetzt wird.

Die Eingabeparameter (`NumLevels`, `AngleStart`, `AngleExtent` und `Metric`) haben dieselbe Bedeutung wie bei `create_ncc_model`. Die Beschreibung der Parameter kann dort nachgelesen werden. Diese Parameter werden von `determine_ncc_model_params` dazu verwendet, die zu bestimmenden Parameter auf dieselbe Art zu berechnen wie in `create_ncc_model`.

Zu beachten ist, dass `determine_ncc_model_params` den Eingabeparameter `NumLevels` auch automatisch bestimmen kann. Falls dieser Parameter nicht automatisch bestimmt werden soll, d.h. der Name wird nicht in `Parameters` übergeben, muss für den Parameter ein zulässiger Wert übergeben werden. Insbesondere darf der Parameter nicht auf *'auto'* gesetzt sein. Soll die Anzahl an Pyramidenebenen automatisch bestimmt werden, d.h. `Parameters` enthält den Wert *'num_levels'*, dann kann HALCON zwar einen geeigneten Wert ermitteln, zusätzlich besteht jedoch die Möglichkeit, eine obere Grenze anzugeben:

Falls die maximale Anzahl der Pyramidenstufen vorgegeben werden soll, kann der Eingabeparameter `NumLevels` auf den betreffenden Wert gesetzt werden. Falls in diesem Fall `Parameters` den Wert *'num_levels'* enthält, kann der berechnete Wert der Anzahl der Pyramidenebenen höchstens `NumLevels` betragen. Falls `NumLevels` = *'auto'* oder *0* gesetzt wird, wird die Anzahl der Pyramidenebenen ohne Beschränkung so hoch wie möglich bestimmt.

Parameter

▷ **Template** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild, dessen Definitionsbereich für das Modell verwendet wird.

▷ **NumLevels** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Maximale Anzahl von Pyramidenebenen.
Default: 'auto'
Werteliste: `NumLevels` ∈ {'auto', 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **AngleStart** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Kleinste auftretende Rotation des Modells.
Default: -0.39
Wertevorschläge: AngleStart ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}

▷ **AngleExtent** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Ausdehnung des Winkelbereichs.
Default: 0.79
Wertevorschläge: AngleExtent ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39}
Restriktion: AngleExtent >= 0

▷ **Metric** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der zum Matchen verwendeten Metrik.
Default: 'use_polarity'
Werteliste: Metric ∈ {'use_polarity', 'ignore_global_polarity'}

▷ **Parameters** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Zu berechnende Parameter.
Default: 'all'
Werteliste: Parameters ∈ {'all', 'num_levels', 'angle_step'}

▷ **ParameterName** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Name des berechneten Parameters.

▷ **ParameterValue** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Wert des berechneten Parameters.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert determine_ncc_model_params den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

create_ncc_model

Siehe auch

find_ncc_model

Modul

Matching

find_ncc_model (Image : : ModelID, AngleStart, AngleExtent, MinScore, NumMatches, MaxOverlap, SubPixel, NumLevels : Row, Column, Angle, Score)

Suche der besten Matches eines NCC-Modells in einem Bild.

find_ncc_model findet die besten NumMatches Instanzen des NCC-Modells ModelID im Eingabebild Image. Das Modell muss zuvor mit create_ncc_model erzeugt oder mit read_ncc_model eingelesen worden sein.

Die Position und Rotation der gefundenen Instanzen des Modells wird in Row, Column und Angle zurückgeliefert. Zusätzlich wird in Score die Bewertung der gefundenen Instanzen zurückgegeben. Nähere Informationen finden Sie in den parameterspezifischen Abschnitten.

Falls NCC keine passenden Matches findet oder die Matching-Ergebnisse zu niedrig sind, sollte die Suche mit einer anderen Methode durchgeführt werden (siehe z.B. „Solution Guide II-B - Matching").

Eingabeparameter im Detail

Image und seine Region Der Definitionsbereich des Bildes Image gibt den Suchbereich für den Referenzpunkt des Modells an, d.h. für den Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des NCC-Modells mit

create_ncc_model verwendet wurde. Ein eventuell mit set_ncc_model_origin anders gesetzter Ursprung wird hier nicht berücksichtigt. Das Modell wird innerhalb des Definitionsbereiches des Eingabebildes nur an den Stellen gesucht, an denen das Modell vollständig in das Bild passt. Das bedeutet, dass das Modell nicht gefunden werden kann, wenn es aus dem Bild herausragt, selbst wenn es eine Bewertung größer als MinScore erreichen würde (siehe unten). Auf Grund von Rundungseffekten kann es jedoch passieren, dass das Modell für am Rand gefundene Instanzen bis zu $0.5 * 2^{\text{NumLevels}-1}$ Pixel außerhalb des Definitionsbereiches des Bildes liegt.

AngleStart und AngleExtent: Die Parameter AngleStart und AngleExtent legen den Winkelbereich fest, in dem nach dem Modell gesucht wird. Der Winkelbereich wird gegebenenfalls auf den Bereich beschnitten, der bei der Erzeugung des Modells mit create_ncc_model angegeben worden ist.

MinScore: Der Parameter MinScore legt fest, welche Bewertung ein potentieller Match mindestens besitzen muss, damit er als eine Instanz des Modells im Bild angesehen wird. Je größer der Wert von MinScore gewählt werden kann, desto schneller verläuft die Suche.

NumMatches: Mit NumMatches kann angegeben werden, wie viele Instanzen des Modells im Bild höchstens gefunden werden sollen. Falls mehr als NumMatches Instanzen eine Bewertung größer als MinScore erreichen, werden nur die besten NumMatches Instanzen zurückgeliefert. Falls weniger als NumMatches Instanzen gefunden werden, werden nur diese Instanzen zurückgeliefert, d.h. der Parameter MinScore hat Vorrang vor NumMatches. Sollen alle Modellinstanzen, deren Bewertung MinScore übersteigt, im Bild gefunden werden, muss NumMatches auf *0* gesetzt werden.

MaxOverlap: Falls das Modell Symmetrien aufweist, kann es vorkommen, dass mehrere Instanzen an ähnlichen Positionen im Bild, aber mit verschiedenen Rotationen gefunden werden. Falls das Modell sich wiederholende Strukturen aufweist, kann es vorkommen, dass mehrere Instanzen mit gleichen Rotationen an ähnlichen Positionen im Bild gefunden werden. Mit dem Parameter MaxOverlap kann bestimmt werden, um welchen Anteil, ausgedrückt als Zahl zwischen 0 und 1, sich zwei Instanzen höchstens überlappen dürfen, damit sie als verschieden angesehen werden und somit zurückgeliefert werden. Falls sich zwei Instanzen um mehr als MaxOverlap überlappen, wird nur die beste gefundene Instanz zurückgeliefert. Die Berechnung der Überlappung erfolgt anhand der kleinsten umschließenden Rechtecke beliebiger Orientierung des Definitionsbereiches der Modelle (siehe smallest_rectangle2). Bei $\text{MaxOverlap} = 0$ dürfen sich die gefundenen Instanzen nicht überlappen, bei $\text{MaxOverlap} = 1$ werden alle gefundenen Instanzen zurückgeliefert.

SubPixel: Der Parameter SubPixel gibt an, ob die Extraktion subpixelgenau erfolgen soll. Falls SubPixel auf *'false'* gesetzt wird, wird die Lage des Modells nur pixelgenau bzw. mit der bei create_ncc_model angegebenen Winkelauflösung bestimmt. Falls SubPixel auf *'true'* gesetzt wird, werden sowohl die Position als auch die Rotation subpixelgenau bestimmt. Dabei wird die Lage des Modells anhand der Score-Funktion interpoliert. Dieser Modus kostet fast keine Rechenzeit und liefert eine hohe Genauigkeit. Im Normalfall sollte also $\text{SubPixel} = $ *'true'* gewählt werden. Für eine subpixelgenaue Bestimmung der Lage muss das Modell auf der untersten verwendeten Pyramidenebene einen Abstand von mindestens 2 Pixel vom Bildrand haben. Wenn die gefundene Instanz des Modells näher am Bildrand liegt, wird die Lage des Modells nur pixelgenau bzw. mit der bei create_ncc_model angegebenen Winkelauflösung bestimmt, selbst wenn SubPixel auf *'true'* gesetzt ist.

NumLevels: Mit NumLevels wird die Anzahl der Pyramidenebenen festgelegt, die bei der Suche verwendet werden soll. Die Anzahl der Ebenen wird gegebenenfalls auf den bei der Erzeugung mit create_ncc_model angegebenen Bereich beschnitten. Falls NumLevels als *0* angegeben wird, wird die mit create_ncc_model angegebene Anzahl verwendet.

In manchen Fällen kann es sein, dass die Anzahl der Pyramidenebenen, die beispielsweise automatisch mit create_ncc_model ermittelt wurde, zu hoch ist. Dann werden eventuell Instanzen, die eine sehr hohe finale Bewertung gehabt hätten, bereits auf der höchsten Pyramidenebene ausgeschlossen und damit nicht gefunden. Anstatt nun MinScore auf einen sehr geringen Wert zu setzen, um alle Matches zu finden, kann der Wert von NumLevels mit get_ncc_model_params ermittelt werden und dann ein etwas geringerer Wert in find_ncc_model genutzt werden. Diese Herangehensweise führt oft zu besseren Ergebnissen hinsichtlich Geschwindigkeit und Robustheit.

Optional kann NumLevels einen zweiten Wert enthalten, der die unterste Pyramidenebene spezifiziert, bis auf welche die Matches verfolgt werden sollen. Ein Wert von *[4,2]* bedeutet also, dass das Matching auf der vierten Pyramidenebene begonnen wird und auf der zweituntersten Pyramidenebene beendet wird (die unterste Pyramidenebene hat den Wert 1). Dieser Mechanismus kann dazu verwendet werden, Laufzeit einzusparen. Allerdings ist in diesem Modus im Allgemeinen die Genauigkeit der gefundenen Lageparameter geringer als im Normalfall, in dem die Matches bis auf die unterste Pyramidenebene verfolgt werden. Falls die unterste zu verwendende Pyramidenebene zu groß gewählt wird, kann es vorkommen, dass die gewünschte

Genauigkeit nicht mehr erreicht werden kann, oder dass falsche Instanzen des Modells gefunden werden, weil das Modell auf den oberen Pyramidenstufen nicht eindeutig genug ist, um eine sichere Selektion der korrekten Instanz des Modells zu ermöglichen. In diesem Fall muss ein kleinerer Wert für die unterste zu verwendende Pyramidenebene gewählt werden.

Ausgabeparameter im Detail

Row, Column und Angle: Die Position und Rotation der gefundenen Instanzen des Modells wird in `Row`, `Column` und `Angle` zurückgeliefert. Die Koordinaten `Row` und `Column` beschreiben die Position des Ursprungs des Modells im Suchbild. Die Werte sind allerdings bereits geringfügig angepasst, so dass sie direkt zur Erstellung einer Transformationsmatrix verwendet werden können, die für ein Alignment oder die Visualisierung des Modells benötigt wird. Diese Anpassung der Koordinaten hat mit der Art und Weise zu tun, in der HALCON ikonische Objekte transformiert, siehe hierzu `affine_trans_pixel`. Das Beispiel weiter unten zeigt, wie die Transformationsmatrix erzeugt wird und wie man damit die exakten Koordinaten berechnet.

Beachten Sie, dass die Visualisierung aber auch mit der Prozedur `dev_display_ncc_matching_results` realisiert werden kann.

Normalerweise ist der Ursprung des Modells der Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des NCC-Modells mit `create_ncc_model` verwendet wurde. Ein anderer Ursprung kann mit `set_ncc_model_origin` festgelegt werden.

Score: In `Score` wird die Bewertung der gefundenen Instanzen zurückgegeben. Die Bewertung ist die normalisierte Kreuzkorrelation (engl.: normalized cross correlation) zwischen dem Muster $t(r,c)$ und dem Bild $i(r,c)$:

$$\mathrm{ncc}(r,c) = \frac{1}{n} \sum_{(u,v)\in R} \frac{t(u,v) - m_t}{\sqrt{s_t^2}} \cdot \frac{i(r+u,c+v) - m_i(r,c)}{\sqrt{s_i^2(r,c)}}$$

Hierbei bezeichnet n die Anzahl der Punkte im Muster, R den Definitionsbereich (ROI) des Musters, m_t den mittleren Grauwert des Musters

$$m_t = \frac{1}{n} \sum_{(u,v)\in R} t(u,v)$$

s_t^2 die Varianz der Grauwerte des Musters

$$s_t^2 = \frac{1}{n} \sum_{(u,v)\in R} (t(u,v) - m_t)^2$$

$m_i(r,c)$ den mittleren Grauwert an der Position (r,c) über alle Punkte im Muster (d.h. die Punkte im Muster sind um (r,c) verschoben)

$$m_i(r,c) = \frac{1}{n} \sum_{(u,v)\in R} i(r+u,c+v)$$

und $s_i^2(r,c)$ die Varianz der Grauwerte an der Position (r,c) über alle Punkte im Muster

$$s_i^2(r,c) = \frac{1}{n} \sum_{(u,v)\in R} (i(r+u,c+v) - m_i(r,c))^2$$

Die NCC misst, wie gut das Muster und das Bild an einem bestimmten Punkt (r,c) übereinstimmen. Sie nimmt Werte zwischen -1 und 1 an. Je größer der Absolutbetrag der Korrelation ist, desto besser ist die Übereinstimmung zwischen Muster und Bild. Ein Wert von 1 bedeutet, dass die Grauwerte im Bild eine lineare Transformation der Grauwerte im Muster sind:

$$i(r+u,c+v) = at(u,v) + b$$

wobei $a > 0$. Ein Wert von -1 bedeutet, dass die Grauwerte im Bild eine lineare Transformation der Grauwerte im Muster mit $a < 0$ sind. Das Muster hat in diesem Fall im Bild also genau die umgekehrte Polarität. Aufgrund der obigen Eigenschaft ist die NCC invariant gegenüber linearen Beleuchtungsänderungen.

Die NCC wie oben definiert wird verwendet, falls das Modell mit `Metric` = *'use_polarity'* erzeugt wurde. Falls das Modell mit `Metric` = *'ignore_global_polarity'* erzeugt wurde, wird der Absolutbetrag von $\mathrm{ncc}(r,c)$ als Bewertung verwendet.

Setzen eines Timeout

Mittels des Operators `set_ncc_model_param` können sie einen *'timeout'* für `find_ncc_model` angeben. Wenn `find_ncc_model` diesen *'timeout'* erreicht endet er ohne Ergebnis und gibt den Fehlercode 9400 (H_ERR_TIMEOUT) zurück.

Darstellung der Resultate

Die Verwendung der Prozedur `dev_display_ncc_matching_results` wird zur Darstellung der Resultate formbasierten Matchings stark empfohlen.

Weitere Informationen

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Achtung

`find_ncc_model` kann teilweise auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden, wenn diese die cl_khr_global_int32_base_atomics OpenCL-Erweiterung unterstützen. Es wird nur die Suche auf der obersten Pyramidenstufe auf dem OpenCL-Gerät durchgeführt, während das Tracking der potentiellen Matches auf der CPU durchgeführt wird. Wenn die Domäne des Bildes in dem gesucht werden soll deutlich kleiner ist als die Größe des Bildes, sollte daher `crop_domain` verwendet werden, um die Menge der von dem OpenCL auf das Host-System zu übertragenden Daten zu reduzieren. Abhängig von einer Vielzahl von Faktoren kann `find_ncc_model` auf OpenCL-Geräten sowohl deutlich schneller, als auch deutlich langsamer laufen. Daher kann man hier keine generelle Aussage treffen und muss jeweils mit Bildern aus der Anwendung testen, ob der Einsatz von OpenCL für `find_ncc_model` Sinn macht oder nicht.

Außerdem sei bemerkt, dass der intern benötigte Speicher mit der Anzahl der verwendeten Threads anwächst.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild, in dem das Modell gefunden werden soll.
- ▷ **`ModelID`** (input_control) ..... ncc_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells.
- ▷ **`AngleStart`** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Rotation des Modells.
  Default: -0.39
  Wertevorschläge: `AngleStart` ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}
- ▷ **`AngleExtent`** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Ausdehnung des Winkelbereichs.
  Default: 0.79
  Wertevorschläge: `AngleExtent` ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39, 0.0}
  Restriktion: AngleExtent >= 0
- ▷ **`MinScore`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen des Modells.
  Default: 0.8
  Wertevorschläge: `MinScore` ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Wertebereich: 0 ≤ `MinScore` ≤ 1
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.05
- ▷ **`NumMatches`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der zu findenden Instanzen des Modells (oder 0 für alle Treffer).
  Default: 1
  Wertevorschläge: `NumMatches` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}
- ▷ **`MaxOverlap`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Maximale Überlappung der zu findenden Instanzen des Modells.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: `MaxOverlap` ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
  Wertebereich: 0 ≤ `MaxOverlap` ≤ 1
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **SubPixel** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Subpixelgenauigkeit.
Default: 'true'
Werteliste: SubPixel ∈ {'false', 'true'}

▷ **NumLevels** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der verwendeten Pyramidenebenen (und unterste zu verwendende Pyramidenebene falls |NumLevels| = 2).
Default: 0
Werteliste: NumLevels ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **Row** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinate der gefundenen Instanzen des Modells.

▷ **Column** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinate der gefundenen Instanzen des Modells.

▷ **Angle** (output_control) ..... angle.rad-array ⇝ *real*
Rotationswinkel der gefundenen Instanzen des Modells.

▷ **Score** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Bewertung der gefundenen Instanzen des Modells.

Beispiel

```
create_ncc_model (TemplateImage, 'auto', rad(-45), rad(90), 'auto', \
                  'use_polarity', ModelID)
find_ncc_model (SearchImage, ModelID, rad(-45), rad(90), 0.7, 1, \
                0.5, 'true', 0, Row, Column, Angle, Score)
* Create transformation matrix
vector_angle_to_rigid (0, 0, 0, Row, Column, Angle, HomMat2D)
* Calculate true position of the model origin in the search image
affine_trans_pixel (HomMat2D, 0, 0, RowObject, ColumnObject)
* display the results
dev_display_ncc_matching_results (ModelID, 'red', Row, Column, \
                                  Angle, 0)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert find_ncc_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

create_ncc_model, read_ncc_model, set_ncc_model_origin

Nachfolger

clear_ncc_model

Alternativen

find_generic_shape_model

Modul

Matching

find_ncc_models (Image : : ModelIDs, AngleStart, AngleExtent, MinScore, NumMatches, MaxOverlap, SubPixel, NumLevels : Row, Column, Angle, Score, Model)

Suche der besten Matches mehrerer NCC-Modelle.

find_ncc_models findet die besten NumMatches Instanzen der NCC-Modelle, die in dem Tupel ModelIDs übergeben werden, im Eingabebild Image. Die Modelle müssen zuvor mit create_ncc_model erzeugt oder mit read_ncc_model eingelesen worden sein. Im Gegensatz zu find_ncc_model kann also eine Mehrzahl von Modellen gleichzeitig im selben Bild gesucht werden.

Die Position und Rotation der gefundenen Instanzen des Modells wird in Row, Column und Angle zurückgeliefert. In Score wird die Bewertung der gefundenen Instanzen zurückgegeben. Der gefundene Modelltyp wird in Model zurückgeliefert. Nähere Informationen finden Sie in den parameterspezifischen Abschnitten.

Falls NCC keine passenden Matches findet oder die Matching-Ergebnisse zu niedrig sind, sollte die Suche mit einer anderen Methode durchgeführt werden (siehe z.B. „Solution Guide II-B - Matching“).

Besonderheiten der Parametersemantik

Gegenüber find_ncc_model unterscheidet sich die Semantik aller Eingabeparameter etwas. Alle Eingabeparameter müssen entweder genau ein Element enthalten oder dieselbe Anzahl von Elementen wie ModelIDs. (NumLevels kann auch zwei oder zweimal die Anzahl von Elementen wie ModelIDs enthalten; siehe unten.) Im ersten Fall wird der Wert des Eingabeparameters für alle Modelle gleich verwendet. Im zweiten Fall wird das jeweilige Element des Eingabeparameters für das entsprechende Modell in ModelIDs verwendet. Details hierzu werden im zugehörigen Abschnitt weiter unten beschrieben. Ein Aufruf von find_ncc_models mit mehreren Werten für ModelIDs, NumMatches und MaxOverlap entspricht von der Wirkung her also mehreren unabhängigen Aufrufen von find_ncc_model mit den jeweiligen Parametern, ist allerdings wesentlich effizienter.

Eingabeparameter im Detail

Image und seine Region: Der Definitionsbereich des Bildes Image gibt den Suchbereich für den Referenzpunkt des Modells an, d.h. für den Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des NCC-Modells mit create_ncc_model verwendet wurde. Ein eventuell mit set_ncc_model_origin anders gesetzter Ursprung wird nicht berücksichtigt. Das Modell wird innerhalb des Definitionsbereiches des Eingabebildes nur an den Stellen gesucht, an denen das Modell vollständig in das Bild passt. Das bedeutet, dass das Modell nicht gefunden werden kann, wenn es aus dem Bild herausragt, selbst wenn es eine Bewertung größer als MinScore erreichen würde. Auf Grund von Rundungseffekten kann es jedoch passieren, dass das Modell für am Rand gefundene Instanzen bis zu $0.5 * 2^{\text{NumLevels}-1}$ Pixel außerhalb des Definitionsbereiches des Bildes liegt.

Image kann ein einzelnes Bildobjekt beinhalten oder ein Bildobjektarray. Falls Image ein einzelnes Bildobjekt enthält, wird dessen Region als Suchbereich für alle Modelle in ModelIDs verwendet. Falls Image mehrere Bildobjekte enthält, wird die jeweilige Region als Suchbereich für das entsprechende Modell aus ModelIDs verwendet. In diesem Fall müssen die Bilder, abgesehen von ihrer Region, identisch sein. D.h. Image kann nicht in beliebiger Weise mit concat_obj aufgebaut werden, sondern muss aus demselben Bild mit add_channels oder äquivalenten Aufrufen erzeugt werden. Falls das nicht der Fall ist, wird eine Fehlermeldung zurückgeliefert.

AngleStart und AngleExtent: Die Parameter AngleStart und AngleExtent legen den Winkelbereich fest, in dem nach dem Modell gesucht wird. Der Winkelbereich wird gegebenenfalls auf den Bereich beschnitten, der bei der Erzeugung des Modells mit create_ncc_model angegeben worden ist.

Außerdem ist zu beachten, dass es in manchen Fällen vorkommen kann, dass Instanzen gefunden werden, deren Rotation geringfügig außerhalb des übergebenen Winkelbereichs liegt. Dies kann dann auftreten, wenn der übergebene Winkelbereich kleiner ist als der Bereich, der bei der Erzeugung des Modells angegeben worden ist.

MinScore: Der Parameter MinScore legt fest, welche Bewertung ein potentieller Match mindestens besitzen muss, damit er als eine Instanz des Modells im Bild angesehen wird. Je größer der Wert von MinScore gewählt werden kann, desto schneller verläuft die Suche. Falls erwartet werden kann, dass das Modell niemals verdeckt wird, kann MinScore auf so hohe Werte wie 0.8 oder sogar 0.9 gesetzt werden. Werden die Matches nicht bis zur untersten Pyramidenebene verfolgt (siehe unten), kann es in manchen Fällen vorkommen, dass Instanzen gefunden werden, deren Score geringfügig unter dem Wert von MinScore liegen.

NumMatches: Mit NumMatches kann angegeben werden, wie viele Instanzen des Modells im Bild höchstens gefunden werden sollen. Falls mehr als NumMatches Instanzen eine Bewertung größer als MinScore

erreichen, werden nur die besten NumMatches Instanzen zurückgeliefert. Falls weniger als NumMatches Instanzen gefunden werden, werden nur diese Instanzen zurückgeliefert, d.h. der Parameter MinScore hat Vorrang vor NumMatches. Sollen alle Modellinstanzen, deren Bewertung MinScore übersteigt, im Bild gefunden werden, muss NumMatches auf *0* gesetzt werden.

Falls NumMatches einen Wert enthält, liefert find_ncc_models die NumMatches besten Instanzen des Modells unabhängig von der Art des Modells zurück. Falls z.B. in ModelIDs zwei Modelle übergeben werden und NumMatches $= 2$ gewählt wird, kann es sein, dass zwei Instanzen des ersten Modells und keine des zweiten Modells, eine Instanz des ersten Modells und eine des zweiten Modells oder keine Instanz des ersten Modells und zwei des zweiten Modells zurückgeliefert werden. Falls hingegen NumMatches mehrere Werte enthält, werden so viele Instanzen des jeweiligen Modells in ModelIDs zurückgeliefert, wie durch das entsprechende Element von NumMatches angegeben. Falls z.B. NumMatches $= [1, 1]$ gewählt wird, wird eine Instanz des ersten Modells und eine des zweiten Modells zurückgeliefert.

MaxOverlap: Falls das Modell Symmetrien aufweist, kann es vorkommen, dass mehrere Instanzen an ähnlichen Positionen im Bild, aber mit verschiedenen Rotationen gefunden werden. Mit dem Parameter MaxOverlap kann bestimmt werden, um welchen Anteil, ausgedrückt als Zahl zwischen 0 und 1, sich zwei Instanzen höchstens überlappen dürfen, damit sie als verschieden angesehen werden, und somit zurückgeliefert werden. Falls sich zwei Instanzen um mehr als MaxOverlap überlappen, wird nur die beste gefundene Instanz zurückgeliefert. Die Berechnung der Überlappung erfolgt anhand der kleinsten umschließenden Rechtecke beliebiger Orientierung der Konturen (siehe smallest_rectangle2). Bei MaxOverlap $= 0$ dürfen sich die gefundenen Instanzen nicht überlappen, bei MaxOverlap $= 1$ werden alle gefundenen Instanzen zurückgeliefert.

Falls MaxOverlap einen Wert enthält, wird die Überlappung für alle gefundenen Instanzen des Modells unabhängig von der Art des Modells berechnet. Es werden also Instanzen verschiedener und gleicher Modelle eliminiert, die sich zu stark überlappen. Falls hingegen mehrere Werte in MaxOverlap übergeben werden, wird die Überlappung nur innerhalb der gefundenen Instanzen des jeweiligen Typs der Modelle in ModelIDs berechnet. Es werden dann nur sich zu stark überlappende Instanzen gleicher Modelle eliminiert. Modelle verschiedenen Typs können sich in diesem Modus vollständig überlappen.

SubPixel: Der Parameter SubPixel gibt an, ob die Extraktion subpixelgenau erfolgen soll. Falls SubPixel auf *'false'* gesetzt wird, wird die Lage des Modells nur pixelgenau bzw. mit der bei create_ncc_model angegebenen Winkelauflösung bestimmt. Falls SubPixel auf *'true'* gesetzt wird, werden sowohl die Position als auch die Rotation subpixelgenau bestimmt. Dabei wird die Lage des Modells anhand der Score-Funktion interpoliert.

NumLevels: Mit NumLevels wird die Anzahl der Pyramidenebenen festgelegt, die bei der Suche verwendet werden soll. Die Anzahl der Ebenen wird gegebenenfalls auf den bei der Erzeugung mit create_ncc_model angegebenen Bereich beschnitten. Falls NumLevels als *0* angegeben wird, wird die mit create_ncc_model angegebene Anzahl verwendet.

In manchen Fällen kann es sein, dass die Anzahl der Pyramidenebenen, die beispielsweise automatisch mit create_ncc_model ermittelt wurde, zu hoch ist. Dann werden eventuell Instanzen, die eine sehr hohe finale Bewertung gehabt hätten, bereits auf der höchsten Pyramidenebene ausgeschlossen und damit nicht gefunden. Anstatt nun MinScore auf einen sehr geringen Wert zu setzen, um alle Matches zu finden, kann der Wert von NumLevels mit get_ncc_model_params ermittelt werden und dann ein etwas geringerer Wert in find_ncc_models genutzt werden. Diese Herangehensweise führt oft zu besseren Ergebnissen hinsichtlich Geschwindigkeit und Robustheit.

Optional kann NumLevels einen zweiten Wert enthalten, der die unterste Pyramidenebene spezifiziert, bis auf welche die Matches verfolgt werden sollen. Ein Wert von *[4,2]* bedeutet also, dass das Matching auf der vierten Pyramidenebene begonnen wird und auf der zweituntersten Pyramidenebene beendet wird (die unterste Pyramidenebene hat den Wert 1). Dieser Mechanismus kann dazu verwendet werden, Laufzeit einzusparen. Allerdings ist in diesem Modus im Allgemeinen die Genauigkeit der gefundenen Lageparameter geringer als im Normalfall, in dem die Matches bis auf die unterste Pyramidenebene verfolgt werden. Falls die unterste zu verwendende Pyramidenebene zu groß gewählt wird, kann es vorkommen, dass die gewünschte Genauigkeit nicht mehr erreicht werden kann, oder dass falsche Instanzen des Modells gefunden werden, weil das Modell auf den oberen Pyramidenstufen nicht eindeutig genug ist, um eine sichere Selektion der korrekten Instanz des Modells zu ermöglichen. In diesem Fall muss ein kleinerer Wert für die unterste zu verwendende Pyramidenebene gewählt werden.

Falls die unterste Pyramidenebene für jedes Modell einzeln spezifiziert werden soll, müssen in NumLevels zweimal die Anzahl von Elementen in ModelIDs angegeben werden. Dabei sind die Anzahl der Pyramidenebenen und die untersten Pyramidenebenen verschränkt anzugeben. Falls z.B. zwei Modelle in

ModelIDs angegeben sind, die oberste Pyramidenebene für das erste Modell 5 und für das zweite Modell 4 sein soll und die unterste Pyramidenebene für das erste Modell 2 und für das zweite 1 sein soll, so ist NumLevels $= [5, 2, 4, 1]$ zu wählen. Falls genau zwei Modelle in ModelIDs angegeben sind, ergibt sich als Spezialfall, dass, falls die unterste Pyramidenebene spezifiziert werden soll, die oberste und unterste Pyramidenebene für beide Modelle explizit spezifiziert werden muss, selbst, wenn sie gleich sind. Ein Tupel der Länge zwei in NumLevels wird in diesem Fall nämlich als Spezifikation der obersten Pyramidenebene für die zwei Modelle interpretiert.

Ausgabeparameter im Detail

Row, Column und Angle: Die Position und Rotation der gefundenen Instanzen der Modelle wird in Row, Column und Angle zurückgeliefert. Die Koordinaten Row und Column sind die Koordinaten des Ursprungs des Modells im Suchbild. Normalerweise ist der Ursprung des Modells der Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des NCC-Modells mit create_ncc_model verwendet wurde. Ein anderer Ursprung kann mit set_ncc_model_origin festgelegt werden.

Beachten Sie, dass die Koordinaten Row und Column nicht exakt mit dem Ursprung des Modells übereinstimmen und daher nicht direkt verwendet werden sollten. Die Werte sind dafür optimiert, die Transformationsmatrix zu erzeugen, mit der die Matching-Ergebnisse für verschiedene Aufgaben verwendet werden können, z.B. um ROIs für andere Bildverarbeitungsschritte einem Objekt nachzuführen. Das bei find_ncc_model angegebene Beispiel zeigt, wie diese Matrix erzeugt wird und wie man damit das Modell an der gefundenen Position im Suchbild visualisiert und die exakten Koordinaten berechnet.

Beachten Sie, dass die Visualisierung aber auch mit der Prozedur dev_display_ncc_matching_results realisiert werden kann.

Score: In Score wird die Bewertung der gefundenen Instanzen zurückgegeben. Die Berechnung von Score ist in find_ncc_model beschrieben.

Model: Der gefundene Modelltyp wird in Model zurückgeliefert. Die Elemente von Model sind ein Index in das Tupel ModelIDs, d.h. sie können Werte von 0 bis $|\texttt{ModelIDs}| - 1$ enthalten. Ein Wert von 0 in einem Element von Model entspricht also einer Instanz des ersten in ModelIDs übergebenen Modells.

Setzen eines Timeout

Mittels des Operators set_ncc_model_param können sie einen *'timeout'* für find_ncc_models angeben. Falls die durch ModelIDs referenzierten Modelle unterschiedliche Werte für *'timeout'* besitzen, wählt find_ncc_models den niedrigsten aus. Wenn find_ncc_models diesen *'timeout'* erreicht endet er ohne Ergebnis und gibt den Fehlercode 9400 (H_ERR_TIMEOUT) zurück.

Darstellung der Resultate

Die Verwendung der Prozedur dev_display_ncc_matching_results wird zur Darstellung der Resultate formbasierten Matchings stark empfohlen.

Weitere Informationen

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Achtung

Es sei bemerkt, dass der intern benötigte Speicher mit der Anzahl der verwendeten Threads anwächst.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild, in dem die Modelle gefunden werden sollen.
- ▷ **ModelIDs** (input_control) ..... ncc_model(-array) ⇝ *handle*
  Handle der Modelle.
- ▷ **AngleStart** (input_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Rotation des Modelle.
  Default: -0.39
  Wertevorschläge: AngleStart ∈ {-3.14, -1.57, -0.79, -0.39, -0.20, 0.0}
- ▷ **AngleExtent** (input_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Ausdehnung des Winkelbereichs.
  Default: 0.79
  Wertevorschläge: AngleExtent ∈ {6.29, 3.14, 1.57, 0.79, 0.39, 0.0}
  Restriktion: AngleExtent >= 0

▷ **MinScore** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Minimale Bewertung der zu findenden Instanzen des Modelle.
Default: 0.8
Wertevorschläge: MinScore ∈ {0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ MinScore ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **NumMatches** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der zu findenden Instanzen des Modelle (oder 0 für alle Treffer).
Default: 1
Wertevorschläge: NumMatches ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}

▷ **MaxOverlap** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Maximale Überlappung der zu findenden Instanzen des Modelle.
Default: 0.5
Wertevorschläge: MaxOverlap ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Wertebereich: 0 ≤ MaxOverlap ≤ 1
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **SubPixel** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Subpixelgenauigkeit.
Default: 'true'
Werteliste: SubPixel ∈ {'false', 'true'}

▷ **NumLevels** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der verwendeten Pyramidenebenen (und unterste zu verwendende Pyramidenebene falls |NumLevels| = 2).
Default: 0
Werteliste: NumLevels ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

▷ **Row** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinate der gefundenen Instanzen des Modelle.

▷ **Column** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinate der gefundenen Instanzen des Modelle.

▷ **Angle** (output_control) ..... angle.rad-array ⇝ *real*
Rotationswinkel der gefundenen Instanzen des Modelle.

▷ **Score** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Bewertung der gefundenen Instanzen des Modelle.

▷ **Model** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Indices der gefundenen Instanzen des Modelle.

Beispiel

```
read_image (Image, 'pcb_focus/pcb_focus_telecentric_061')
gen_rectangle1 (ROI_0, 236, 241, 313, 321)
gen_circle (ROI_1, 281, 653, 41)
reduce_domain (Image, ROI_0, ImageReduced1)
reduce_domain (Image, ROI_1, ImageReduced2)
create_ncc_model (ImageReduced1, 'auto', rad(-45), rad(90), 'auto', \
                  'use_polarity', ModelID1)
create_ncc_model (ImageReduced2, 'auto', rad(-45), rad(90), 'auto', \
                  'use_polarity', ModelID2)
ModelIDs:=[ModelID1, ModelID2]
find_ncc_models (Image, ModelIDs, rad(-45), rad(90), 0.7, [1,1], 0.5, \
                 'true', 0, Row, Column, Angle, Score, Model)
dev_display_ncc_matching_results (ModelIDs, 'red', Row, Column, \
                                  Angle, Model)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert find_ncc_models den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`create_ncc_model`, `read_ncc_model`, `set_ncc_model_origin`

Nachfolger

`clear_ncc_model`

Alternativen

`find_generic_shape_model`

Modul

Matching

`get_ncc_model_origin ( : : ModelID : Row, Column )`

Auslesen des Ursprungs (Referenzpunktes) eines NCC-Modells.

Der Operator `get_ncc_model_origin` gibt den Ursprung (Referenzpunkt) des NCC-Modells `ModelID` zurück. Der Ursprung wird relativ zum Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des NCC-Modells mit `create_ncc_model` verwendet wurde, angegeben. Ein Ursprung von (0,0) heißt also, dass der Schwerpunkt der Region des Modellbildes verwendet wird. Ein Ursprung von (-20,-40) heißt, dass der Ursprung links oberhalb des Schwerpunktes liegt.

Parameter

▷ **`ModelID`** (input_control) ..... ncc_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

▷ **`Row`** (output_control) ..... point.y ⇝ *real*
Zeilenkoordinate des Ursprungs des NCC-Modells.

▷ **`Column`** (output_control) ..... point.x ⇝ *real*
Spaltenkoordinate des Ursprungs des NCC-Modells.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert `get_ncc_model_origin` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_ncc_model`, `read_ncc_model`, `set_ncc_model_origin`

Nachfolger

`find_ncc_model`

Siehe auch

`area_center`

Modul

Matching

get_ncc_model_params (: : ModelID : NumLevels, AngleStart, AngleExtent, AngleStep, Metric)

Auslesen der Parameter eines NCC-Modells.

Der Operator get_ncc_model_params gibt die zur Erzeugung des NCC-Modells ModelID mit create_ncc_model verwendeten Parameter zurück. Dies ist insbesondere hilfreich, um die Parameter NumLevels und AngleStep zu überprüfen, falls diese durch create_ncc_model automatisch bestimmt wurden. Weiterhin kann get_ncc_model_params verwendet werden, um die Parameter zu überprüfen, falls das Modell mit read_ncc_model eingelesen wurde.

Parameter

- ▷ **ModelID** (input_control) ..... ncc_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells.
- ▷ **NumLevels** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl von Pyramidenebenen.
- ▷ **AngleStart** (output_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Kleinste auftretende Rotation des Musters.
- ▷ **AngleExtent** (output_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Ausdehnung des Winkelbereichs.
  Zusicherung: AngleExtent >= 0
- ▷ **AngleStep** (output_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Schrittweite der Winkel (Auflösung).
  Zusicherung: AngleStep >= 0
- ▷ **Metric** (output_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der zum Matchen verwendeten Metrik.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert get_ncc_model_params den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_ncc_model, read_ncc_model

Siehe auch

find_ncc_model

Modul

Matching

get_ncc_model_region (: ModelRegion : ModelID :)

Auslesen der Region mit der das NCC-Modell erstellt wurde.

Der Operator get_ncc_model_region gibt in ModelRegion die Region zurück, die verwendet wurde um das NCC-Modell ModelID zu erzeugen. Diese Region kann z.B. zur Visualisierung der gefundenen Instanzen des Modells verwendet werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Lage von ModelRegion so normalisiert worden ist, dass der Referenzpunkt (siehe set_ncc_model_origin) des Modells an der Pixelposition $(0, 0)$ liegt. D.h., die Region muss lediglich an die gefundene Stelle verschoben werden (und eventuell um diesen Punkt rotiert werden). get_ncc_model_region ignoriert den Wert des Systemparameters *'clip_region'*.

Parameter

▷ **ModelRegion** (output_object) ..... region ⇝ *object*
Modellregion des NCC-Modells.

▷ **ModelID** (input_control) ..... ncc_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert `get_ncc_model_region` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_ncc_model`

Modul

Matching

read_ncc_model (: : FileName : ModelID)

Einlesen eines NCC-Modells von Datei.

`read_ncc_model` liest ein NCC-Modell, das mit `write_ncc_model` geschrieben wurde, aus der Datei `FileName` ein. Die Dateiendung für das NCC-Modell ist in HALCON 'ncm'.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.ncm`

▷ **ModelID** (output_control) ..... ncc_model ⇝ *handle*
Handle des Modells.

Ergebnis

Ist der Dateiname korrekt, dann liefert `read_ncc_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`find_ncc_model`, `find_ncc_models`

Siehe auch

`create_ncc_model`, `clear_ncc_model`

Modul

Matching

serialize_ncc_model (: : ModelID : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines NCC-Modells.

serialize_ncc_model serialisiert die Daten eines NCC-Modells (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von write_ncc_model in eine Datei geschrieben werden. Das NCC-Modell wird in dem Handle ModelID übergeben. Das serialisierte NCC-Modell wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_ncc_model wieder deserialisiert werden.

Parameter

- ▷ **ModelID** (input_control) ..... ncc_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells.
- ▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert serialize_ncc_model den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_ncc_model

Nachfolger

fwrite_serialized_item, send_serialized_item, deserialize_ncc_model

Modul

Matching

set_ncc_model_origin (: : ModelID, Row, Column :)

Setzen des Ursprungs (Referenzpunktes) eines NCC-Modells.

Der Operator set_ncc_model_origin setzt den Ursprung (Referenzpunkt) des NCC-Modells ModelID auf einen neuen Wert. Der Ursprung wird relativ zum Schwerpunkt der Region des Bildes, das zur Erzeugung des NCC-Modells mit create_ncc_model verwendet wurde, angegeben. Ein Ursprung von (0,0) heißt also, dass der Schwerpunkt der Region des Modellbildes verwendet wird. Ein Ursprung von (-20,-40) heißt, dass der Ursprung links oberhalb des Schwerpunktes liegt.

Parameter

- ▷ **ModelID** (input_control) ..... ncc_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells.
- ▷ **Row** (input_control) ..... point.y ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Ursprungs des NCC-Modells.
- ▷ **Column** (input_control) ..... point.x ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Ursprungs des NCC-Modells.

Ergebnis

Ist der Handle des Modells gültig, dann liefert set_ncc_model_origin den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_ncc_model`, `read_ncc_model`

Nachfolger

`find_ncc_model`, `get_ncc_model_origin`, `find_ncc_models`

Siehe auch

`area_center`

Modul

Matching

set_ncc_model_param (: : ModelID, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen ausgewählter Parameter eines NCC-Modells.

Der Operator `set_ncc_model_param` setzt ausgewählte Parameter im NCC-Modell `ModelID`. Die folgenden Parameter können modifiziert werden:

'timeout'

Setzt die maximale Laufzeit der Operatoren die verwendet werden um das NCC-Modell `ModelID` zu finden (mit `find_ncc_model`). Dies ist dann besonders nützlich, wenn eine maximale Zykluszeit sichergestellt werden muss. Der *'timeout'* muss in Millisekunden angegeben werden. Die zeitliche Genauigkeit des Timeouts hängt von vielen Faktoren ab, darunter ist die Größe des Modells, die Geschwindigkeit des Rechners und der *'timer_mode'* der über `set_system` gesetzt wurde. Beachten Sie, dass sich die Laufzeit der Modellsuche bei aktiviertem Timeout um bis zu 10 Prozent erhöht. Um den Timeout zu deaktivieren, können sie entweder einen negativen Wert oder *'false'* angeben.

Parameter

- ▷ **ModelID** (input_control) . . . . . ncc_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Parameternamen.
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'timeout'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / integer / string
  Parameterwerte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_ncc_model_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ModelID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_ncc_model`

Nachfolger

`find_ncc_model`

Modul

Matching

write_ncc_model (: : ModelID, FileName :)

Schreiben eines NCC-Modells auf Datei.

`write_ncc_model` schreibt ein NCC-Modell in die Datei `FileName`. Das Modell kann mit `read_ncc_model` wieder eingelesen werden. Die Dateiendung für das NCC-Modell ist in HALCON 'ncm'.

Parameter

- ▷ **ModelID** (input_control) . . . . . ncc_model ⇝ *handle*
  Handle des Modells.
- ▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
  Name der Datei.
  Dateiendung: `.ncm`

Ergebnis

Ist der Dateiname korrekt (Schreiberlaubnis), dann liefert `write_ncc_model` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_ncc_model`

Modul

Matching

Kapitel 19

Matrix

19.1 Arithmetik

abs_matrix (: : MatrixID : MatrixAbsID)

Berechnet den Absolutbetrag der Elemente einer Matrix.

Der Operator abs_matrix berechnet den Absolutbetrag aller Elemente der Eingabematrix Matrix, die durch das Matrix Handle MatrixID gegeben ist. Es wird eine neue Matrix MatrixAbs mit dem Ergebnis generiert. Der Operator gibt das Matrix Handle MatrixAbsID der Matrix MatrixAbs zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{MatrixAbs}_{ij} \quad = \quad |\texttt{Matrix}_{ij}|.$$

Beispiel:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \quad \rightarrow \quad \texttt{MatrixAbs} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & 2.0 \\ 5.0 & 7.0 & 2.0 \\ 9.0 & 4.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

- ▷ **MatrixID** (input_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix.
- ▷ **MatrixAbsID** (output_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den Absolutbeträgen der Eingabematrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert abs_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Alternativen

abs_matrix_mod

Modul

Foundation

abs_matrix_mod (: : MatrixID :)

Berechnet den Absolutbetrag der Elemente einer Matrix.

Der Operator abs_matrix_mod berechnet den Absolutbetrag aller Elemente der Eingabematrix Matrix, die durch das Matrix Handle MatrixID gegeben ist. Die Eingabematrix wird mit dem Ergebnis überschrieben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\mathtt{Matrix}_{ij} \quad = \quad |\mathtt{Matrix}_{ij}|.$$

Beispiel:

$$\mathtt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \quad \rightarrow \quad \mathtt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & 2.0 \\ 5.0 & 7.0 & 2.0 \\ 9.0 & 4.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert abs_matrix_mod den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MatrixID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Alternativen

abs_matrix

Modul

Foundation

add_matrix (: : MatrixAID, MatrixBID : MatrixSumID)

Addiert zwei Matrizen.

Der Operator add_matrix berechnet die Summe der Eingabematrizen MatrixA und MatrixB, die durch die Matrix Handles MatrixAID und MatrixBID gegeben sind. Beide Eingabematrizen müssen die gleichen Dimensionen besitzen. Es wird eine neue Matrix MatrixSum mit dem Ergebnis generiert. Der Operator gibt das Matrix Handle MatrixSumID der Matrix MatrixSum zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\mathtt{MatrixSum} \quad = \quad \mathtt{MatrixA} \quad + \quad \mathtt{MatrixB}.$$

Beispiel:

$$\texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixB} = \begin{bmatrix} 2.0 & 8.0 & -3.0 \\ -4.0 & -1.0 & 5.0 \\ 2.0 & -4.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{MatrixSum} = \begin{bmatrix} 5.0 & 9.0 & -5.0 \\ -9.0 & 6.0 & 7.0 \\ -7.0 & -8.0 & 8.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

- ▷ **MatrixAID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix A.
- ▷ **MatrixBID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix B.
- ▷ **MatrixSumID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den Summen der Eingabematrizen.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `add_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Alternativen

`add_matrix_mod`

Siehe auch

`sub_matrix`, `sub_matrix_mod`

Modul

Foundation

add_matrix_mod (: : MatrixAID, MatrixBID :)

Addiert zwei Matrizen.

Der Operator `add_matrix_mod` berechnet die Summe der Eingabematrizen `MatrixA` und `MatrixB`, die durch die Matrix Handles `MatrixAID` und `MatrixBID` gegeben sind. Beide Eingabematrizen müssen die gleichen Dimensionen besitzen. Die Eingabematrix `MatrixA` wird mit dem Ergebnis überschrieben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator `get_full_matrix` möglich. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{MatrixA} \quad = \quad \texttt{MatrixA} \quad + \quad \texttt{MatrixB}.$$

Beispiel:

$$\texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixB} = \begin{bmatrix} 2.0 & 8.0 & -3.0 \\ -4.0 & -1.0 & 5.0 \\ 2.0 & -4.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 5.0 & 9.0 & -5.0 \\ -9.0 & 6.0 & 7.0 \\ -7.0 & -8.0 & 8.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixAID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix A.

▷ **MatrixBID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix B.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `add_matrix_mod` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MatrixAID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Alternativen

`add_matrix`

Siehe auch

`sub_matrix`, `sub_matrix_mod`

Modul

Foundation

div_element_matrix (: : MatrixAID, MatrixBID : MatrixDivID)

Dividiert Matrizen elementweise.

Der Operator `div_element_matrix` dividiert die zwei Eingabematrizen `MatrixA` und `MatrixB` Element für Element. Die Matrizen sind durch die Matrix Handles `MatrixAID` und `MatrixBID` gegeben. Beide Eingabematrizen müssen die gleiche Dimension besitzen. Die neu erstellte Matrix `MatrixDiv` enthält das Ergebnis. Der Operator gibt das Matrix Handle `MatrixDivID` der Matrix `MatrixDiv` zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator `get_full_matrix` möglich. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{MatrixDiv}_{ij} \quad = \quad \texttt{MatrixA}_{ij} \quad / \quad \texttt{MatrixB}_{ij}.$$

Beispiel:

$$\texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 4.0 & 8.0 & 0.0 \\ -6.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & 4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixB} = \begin{bmatrix} 2.0 & 8.0 & -3.0 \\ -4.0 & -1.0 & 4.0 \\ -2.0 & -4.0 & 2.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixDiv} = \begin{bmatrix} 2.0 & 1.0 & 0.0 \\ 1.5 & -7.0 & 0.5 \\ 4.5 & -1.0 & 0.5 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixAID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix A.

▷ **MatrixBID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix B.

▷ **MatrixDivID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle mit den dividierten Werten der Eingabematrizen.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `div_element_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Alternativen

`div_element_matrix_mod`

Siehe auch

`mult_element_matrix`, `mult_element_matrix_mod`, `scale_matrix`, `scale_matrix_mod`

Modul

Foundation

div_element_matrix_mod (: : MatrixAID, MatrixBID :)

Dividiert Matrizen elementweise.

Der Operator `div_element_matrix_mod` dividiert die zwei Eingabematrizen `MatrixA` und `MatrixB` Element für Element. Die Matrizen sind durch die Matrix Handles `MatrixAID` und `MatrixBID` gegeben. Beide Eingabematrizen müssen die gleiche Dimension besitzen. Die Eingabematrix `MatrixA` wird mit dem Ergebnis überschrieben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator `get_full_matrix` möglich. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{MatrixA}_{ij} \quad = \quad \texttt{MatrixA}_{ij} \quad / \quad \texttt{MatrixB}_{ij}.$$

Beispiel:

$$\texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 4.0 & 8.0 & 0.0 \\ -6.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & 4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixB} = \begin{bmatrix} 2.0 & 8.0 & -3.0 \\ -4.0 & -1.0 & 4.0 \\ -2.0 & -4.0 & 2.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 2.0 & 1.0 & 0.0 \\ 1.5 & -7.0 & 0.5 \\ 4.5 & -1.0 & 0.5 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixAID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix A.

▷ **MatrixBID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix B.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `div_element_matrix_mod` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MatrixAID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Alternativen

`div_element_matrix`

Siehe auch

`mult_element_matrix`, `mult_element_matrix_mod`, `scale_matrix`, `scale_matrix_mod`

Modul

Foundation

invert_matrix (: : MatrixID, MatrixType, Epsilon : MatrixInvID)

Invertiert eine Matrix.

Der Operator `invert_matrix` berechnet die Inverse der Matrix `Matrix`. Es wird eine neue Matrix `MatrixInv` mit dem Ergebnis generiert und das Matrix Handle `MatrixInvID` dieser Matrix zurückgegeben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator `get_full_matrix` möglich.

Die Inverse wird berechnet, wenn `Epsilon` = 0 ist. Der Matrixtyp wird über `MatrixType` gewählt. Zur Verfügung stehen *'general'* für allgemeine, *'symmetric'* für symmetrische, *'positive_definite'* für symmetrisch positiv definite, *'tridiagonal'* für tridiagonale Matrizen, *'upper_triangular'* für obere, *'permuted_upper_triangular'* für permutierte obere, *'lower_triangular'* für untere und *'permuted_lower_triangular'* für permutierte untere Dreiecksmatrizen.

Beispiel 1:

`MatrixType` = *'general'*, `Epsilon` = *0*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 1.0 & 3.0 & 3.0 \\ 4.0 & 5.0 & 6.0 \\ 5.0 & 5.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixInv} = \begin{bmatrix} -1.25 & 1.50 & -0.75 \\ -0.50 & 2.00 & -1.50 \\ 1.25 & -2.50 & 1.75 \end{bmatrix}$$

Beispiel 2:

MatrixType = *'upper_triangular'*, Epsilon = *0*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 1.0 & 3.0 & 3.0 \\ 0 & 2.0 & 6.0 \\ 0 & 0 & 10.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixInv} = \begin{bmatrix} 1.00 & -1.50 & 0.60 \\ 0 & 0.50 & -0.30 \\ 0 & 0 & 0.10 \end{bmatrix}$$

Beispiel 3:

MatrixType = *'permuted_upper_triangular'*, Epsilon = *0*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 1.0 & 3.0 & 3.0 \\ 0 & 0 & 10.0 \\ 0 & 2.0 & 6.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixInv} = \begin{bmatrix} 1.00 & -1.50 & 0.60 \\ 0 & 0.50 & -0.30 \\ 0 & 0 & 0.10 \end{bmatrix}$$

Die Pseudoinverse wird berechnet, wenn Epsilon > 0 gesetzt ist. Alle Singulärwerte, die während der Berechnung entstehen und kleiner als Epsilon $\times$ dem größten Singulärwert sind, werden auf 0 gesetzt. Für diese Werte wird keine interne Division vorgenommen um einer Division durch 0 vorzubeugen. Als Matrixtyp muss MatrixType = *'general'* gesetzt werden.

Beispiel:

MatrixType = *'general'*, Epsilon = *2.2204e-16*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 & 5.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 & -6.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 & 4.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixInv} = \begin{bmatrix} -0.0021 & -0.0482 & -0.0813 \\ 0.1435 & 0.1137 & -0.0137 \\ -0.0519 & -0.0015 & 0.0028 \\ 0.1518 & 0.0056 & 0.0526 \end{bmatrix}$$

Bemerkung: Die relative Genauigkeit der Gleitkommarepräsentation des genutzten Datentyps (double) ist Epsilon = 2.2204e-16.

Es ist ebenfalls zu beachten, dass in den Beispielen Unterschiede in der Bedeutung der Werte in den Ausgabematrizen zu finden sind: Die Ergebnisse der Elemente sind per Definition ein bestimmter Wert, wenn dieser als ganze Zahl dargestellt ist, z.B. 0 oder 1. Der Wert ist berechnet, wenn er als Gleitpunktzahl dargestellt ist, z.B. 0.0 oder 1.0.

Achtung

Wird MatrixType = *'symmetric'*, *'positive_definite'* oder *'upper_triangular'* gewählt, so muss der obere Dreiecksteil der Eingabematrix Matrix die relevante Information der Matrix beinhalten. Der exakt untere Teil der Matrix wird nicht verwendet. Wird MatrixType = *'lower_triangular'* gewählt, so muss der untere Dreiecksteil der Eingabematrix Matrix die relevante Information der Matrix beinhalten. Der exakt obere Teil der Matrix wird nicht verwendet. Wird MatrixType = *'tridiagonal'* gesetzt, wird nur die Hauptdiagonale und die beiden Nebendiagonalen der Eingabematrix Matrix genutzt. Die anderen Teile der Matrix werden nicht verwendet. Wenn der verwendete Teil der Eingabematrix Matrix nicht vom spezifizierten Typ ist, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Parameter

- ▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix.
- ▷ **MatrixType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Der Matrixtyp der Eingabematrix.
  Default: 'general'
  Werteliste: `MatrixType` ∈ {'general', 'symmetric', 'positive_definite', 'tridiagonal', 'upper_triangular', 'permuted_upper_triangular', 'lower_triangular', 'permuted_lower_triangular'}
- ▷ **Epsilon** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Inversionstyp.
  Default: 0.0
  Wertevorschläge: `Epsilon` ∈ {0.0, 2.2204e-16}
- ▷ **MatrixInvID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit der inversen Matrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `invert_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Alternativen

`invert_matrix_mod`

Siehe auch

`transpose_matrix`, `transpose_matrix_mod`

Literatur

David Poole: „Linear Algebra: A Modern Introduction“; Thomson; Belmont; 2006.

Gene H. Golub, Charles F. van Loan: „Matrix Computations“; The Johns Hopkins University Press; Baltimore and London; 1996.

Modul

Foundation

invert_matrix_mod (: : MatrixID, MatrixType, Epsilon :)

Invertiert eine Matrix.

Der Operator `invert_matrix_mod` berechnet die Inverse der Matrix `Matrix`. Die Eingabematrix wird mit dem Ergebnis überschrieben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator `get_full_matrix` möglich.

Die Inverse wird berechnet, wenn `Epsilon` = 0 ist. Der Matrixtyp wird über `MatrixType` gewählt. Zur Verfügung stehen *'general'* für allgemeine, *'symmetric'* für symmetrische, *'positive_definite'* für symmetrisch positiv definite, *'tridiagonal'* für tridiagonale Matrizen, *'upper_triangular'* für obere, *'permuted_upper_triangular'* für permutierte obere, *'lower_triangular'* für untere und *'permuted_lower_triangular'* für permutierte untere Dreiecksmatrizen.

Beispiel 1:

`MatrixType` = *'general'*, `Epsilon` = *0*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 1.0 & 3.0 & 3.0 \\ 4.0 & 5.0 & 6.0 \\ 5.0 & 5.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} -1.25 & 1.50 & -0.75 \\ -0.50 & 2.00 & -1.50 \\ 1.25 & -2.50 & 1.75 \end{bmatrix}$$

Beispiel 2:

`MatrixType` = *'upper_triangular'*, `Epsilon` = *0*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 1.0 & 3.0 & 3.0 \\ 0 & 2.0 & 6.0 \\ 0 & 0 & 10.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 1.00 & -1.50 & 0.60 \\ 0 & 0.50 & -0.30 \\ 0 & 0 & 0.10 \end{bmatrix}$$

Beispiel 3:

`MatrixType` = *'permuted_upper_triangular'*, `Epsilon` = *0*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 1.0 & 3.0 & 3.0 \\ 0 & 0 & 10.0 \\ 0 & 2.0 & 6.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 1.00 & -1.50 & 0.60 \\ 0 & 0.50 & -0.30 \\ 0 & 0 & 0.10 \end{bmatrix}$$

Die Pseudoinverse wird berechnet, wenn `Epsilon` > 0 gesetzt ist. Alle Singulärwerte, die während der Berechnung entstehen und kleiner als `Epsilon` $\times$ dem größten Singulärwert sind, werden auf 0 gesetzt. Für diese Werte wird keine interne Division vorgenommen um einer Division durch 0 vorzubeugen. Als Matrixtyp muss `MatrixType` = *'general'* gesetzt werden.

Beispiel:

`MatrixType` = *'general'*, `Epsilon` = *2.2204e-16*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 & 5.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 & -6.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 & 4.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} -0.0021 & -0.0482 & -0.0813 \\ 0.1435 & 0.1137 & -0.0137 \\ -0.0519 & -0.0015 & 0.0028 \\ 0.1518 & 0.0056 & 0.0526 \end{bmatrix}$$

Bemerkung: Die relative Genauigkeit der Gleitkommarepräsentation des genutzten Datentyps (double) ist `Epsilon` = 2.2204e-16.

Es ist ebenfalls zu beachten, dass in den Beispielen Unterschiede in der Bedeutung der Werte in den Ausgabematrizen zu finden sind: Die Ergebnisse der Elemente sind per Definition ein bestimmter Wert, wenn dieser als ganze Zahl dargestellt ist, z.B. 0 oder 1. Der Wert ist berechnet, wenn er als Gleitpunktzahl dargestellt ist, z.B. 0.0 oder 1.0.

Achtung

Wird MatrixType = *'symmetric'*, *'positive_definite'* oder *'upper_triangular'* gewählt, so muss der obere Dreiecksteil der Eingabematrix Matrix die relevante Information der Matrix beinhalten. Der exakt untere Teil der Matrix wird nicht verwendet. Wird MatrixType = *'lower_triangular'* gewählt, so muss der untere Dreiecksteil der Eingabematrix Matrix die relevante Information der Matrix beinhalten. Der exakt obere Teil der Matrix wird nicht verwendet. Wird MatrixType = *'tridiagonal'* gesetzt, wird nur die Hauptdiagonale und die beiden Nebendiagonalen der Eingabematrix Matrix genutzt. Die anderen Teile der Matrix werden nicht verwendet. Wenn der verwendete Teil der Eingabematrix Matrix nicht vom spezifizierten Typ ist, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

invert_matrix_mod verändert den Inhalt einer bereits bestehenden Matrix.

Parameter

- ▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix.
- ▷ **MatrixType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Der Matrixtyp der Eingabematrix.
  Default: 'general'
  Werteliste: MatrixType ∈ {'general', 'symmetric', 'positive_definite', 'tridiagonal', 'upper_triangular', 'permuted_upper_triangular', 'lower_triangular', 'permuted_lower_triangular'}
- ▷ **Epsilon** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Inversionstyp.
  Default: 0.0
  Wertevorschläge: Epsilon ∈ {0.0, 2.2204e-16}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert invert_matrix_mod den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MatrixID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Alternativen

invert_matrix

Siehe auch

transpose_matrix, transpose_matrix_mod

Literatur

David Poole: „Linear Algebra: A Modern Introduction“; Thomson; Belmont; 2006.

Gene H. Golub, Charles F. van Loan: „Matrix Computations“; The Johns Hopkins University Press; Baltimore and London; 1996.

Modul

Foundation

mult_element_matrix (: : MatrixAID, MatrixBID : MatrixMultID)

Multipliziert Matrizen elementweise.

Der Operator mult_element_matrix multipliziert die zwei Eingabematrizen MatrixA und MatrixB Element für Element. Die Matrizen sind durch die Matrix Handles MatrixAID und MatrixBID gegeben. Beide Eingabematrizen müssen die gleiche Dimension besitzen. Es wird eine neue Matrix MatrixMult generiert und das Ergebnis in dieser gespeichert. Der Operator gibt das Matrix Handle MatrixMultID der Matrix MatrixMult zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\mathtt{MatrixMult}_{ij} \quad = \quad \mathtt{MatrixA}_{ij} \quad \cdot \quad \mathtt{MatrixB}_{ij}.$$

Beispiel:

$$\mathtt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 4.0 & 8.0 & 0.0 \\ -6.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & 4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \qquad \mathtt{MatrixB} = \begin{bmatrix} 2.0 & 8.0 & -3.0 \\ -4.0 & -1.0 & 4.0 \\ -2.0 & -4.0 & 2.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \mathtt{MatrixMult} = \begin{bmatrix} 8.0 & 64.0 & 0.0 \\ 24.0 & -7.0 & 8.0 \\ 18.0 & -16.0 & 2.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

- ▷ **MatrixAID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix A.
- ▷ **MatrixBID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix B.
- ▷ **MatrixMultID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den multiplizierten Werten der Eingabematrizen.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert mult_element_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Alternativen

mult_element_matrix_mod

Siehe auch

div_element_matrix, div_element_matrix_mod, scale_matrix, scale_matrix_mod

Modul

Foundation

mult_element_matrix_mod (: : MatrixAID, MatrixBID :)

Multipliziert Matrizen elementweise.

Der Operator mult_element_matrix_mod multipliziert die zwei Eingabematrizen MatrixA und MatrixB Element für Element. Die Matrizen sind durch die Matrix Handles MatrixAID und MatrixBID gegeben. Beide Eingabematrizen müssen die gleiche Dimension besitzen. Die Eingabematrix MatrixA wird mit dem Ergebnis überschrieben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\mathtt{MatrixA}_{ij} \quad = \quad \mathtt{MatrixA}_{ij} \quad \cdot \quad \mathtt{MatrixB}_{ij}.$$

Beispiel:

$$\mathtt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 4.0 & 8.0 & 0.0 \\ -6.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & 4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \qquad \mathtt{MatrixB} = \begin{bmatrix} 2.0 & 8.0 & -3.0 \\ -4.0 & -1.0 & 4.0 \\ -2.0 & -4.0 & 2.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \mathtt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 8.0 & 64.0 & 0.0 \\ 24.0 & -7.0 & 8.0 \\ 18.0 & -16.0 & 2.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixAID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix A.

▷ **MatrixBID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix B.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert mult_element_matrix_mod den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MatrixAID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Alternativen

mult_element_matrix

Siehe auch

div_element_matrix, div_element_matrix_mod, scale_matrix, scale_matrix_mod

Modul

Foundation

mult_matrix (: : MatrixAID, MatrixBID, MultType : MatrixMultID)

Multipliziert zwei Matrizen.

Der Operator mult_matrix berechnet das Produkt der Eingabematrizen MatrixA und MatrixB, die durch die Matrix Handles MatrixAID und MatrixBID definiert sind. Es wird eine neue Matrix MatrixMult mit dem Ergebnis generiert. Der Operator gibt das Matrix Handle MatrixMultID der Matrix MatrixMult zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich. Optional können eine oder beide Eingabematrizen für die Multiplikation transponiert werden.

Der Multiplikationstyp kann über MultType gewählt werden:

'AB': Die Matrizen MatrixA und MatrixB werden nicht transponiert. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{MatrixMult} = \texttt{MatrixA} \cdot \texttt{MatrixB}.$$

Die Anzahl der Spalten der Matrix MatrixA muss identisch mit der Anzahl der Zeilen der Matrix MatrixB sein.

Beispiel:

$$\texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 3.0 & -3.0 \\ 2.0 & -5.0 \\ -3.0 & 2.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixB} = \begin{bmatrix} 3.0 & -3.0 & 1.0 & 1.0 \\ 2.0 & -1.0 & -2.0 & -1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{MatrixMult} = \begin{bmatrix} 3.0 & -6.0 & 9.0 & 6.0 \\ -4.0 & -1.0 & 12.0 & 7.0 \\ -5.0 & 7.0 & -7.0 & -5.0 \end{bmatrix}$$

'ATB': Die Matrix MatrixA wird transponiert. Die Matrix MatrixB wird nicht transponiert. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{MatrixMult} = \texttt{MatrixA}^T \cdot \texttt{MatrixB}.$$

Die Anzahl der Zeilen der Matrix MatrixA muss identisch mit der Anzahl der Zeilen der Matrix MatrixB sein.

Beispiel:

$$\texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 3.0 & 2.0 & -3.0 \\ -3.0 & -5.0 & 2.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixB} = \begin{bmatrix} 3.0 & -3.0 & 1.0 & 1.0 \\ 2.0 & -1.0 & -2.0 & -1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{MatrixMult} = \begin{bmatrix} 3.0 & -6.0 & 9.0 & 6.0 \\ -4.0 & -1.0 & 12.0 & 7.0 \\ -5.0 & 7.0 & -7.0 & -5.0 \end{bmatrix}$$

'ABT': Die Matrix MatrixA wird nicht transponiert. Die Matrix MatrixB wird transponiert. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{MatrixMult} = \texttt{MatrixA} \cdot \texttt{MatrixB}^T.$$

Die Anzahl der Spalten der Matrix MatrixA muss identisch mit der Anzahl der Spalten der Matrix MatrixB sein.

Beispiel:

$$\texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 3.0 & -3.0 \\ 2.0 & -5.0 \\ -3.0 & 2.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixB} = \begin{bmatrix} 3.0 & 2.0 \\ -3.0 & -1.0 \\ 1.0 & -2.0 \\ 1.0 & -1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{MatrixMult} = \begin{bmatrix} 3.0 & -6.0 & 9.0 & 6.0 \\ -4.0 & -1.0 & 12.0 & 7.0 \\ -5.0 & 7.0 & -7.0 & -5.0 \end{bmatrix}$$

'ATBT': Die Matrizen `MatrixA` und `MatrixB` werden transponiert. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{MatrixMult} \quad = \quad \texttt{MatrixA}^T \quad \cdot \quad \texttt{MatrixB}^T.$$

Die Anzahl der Zeilen der Matrix `MatrixA` muss identisch mit der Anzahl der Spalten der Matrix `MatrixB` sein.

Beispiel:

$$\texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 3.0 & 2.0 & -3.0 \\ -3.0 & -5.0 & 2.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixB} = \begin{bmatrix} 3.0 & 2.0 \\ -3.0 & -1.0 \\ 1.0 & -2.0 \\ 1.0 & -1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{MatrixMult} = \begin{bmatrix} 3.0 & -6.0 & 9.0 & 6.0 \\ -4.0 & -1.0 & 12.0 & 7.0 \\ -5.0 & 7.0 & -7.0 & -5.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

- ▷ **`MatrixAID`** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix A.
- ▷ **`MatrixBID`** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix B.
- ▷ **`MultType`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Typ der Eingabematrix.
  Default: 'AB'
  Werteliste: `MultType` ∈ {'AB', 'ATB', 'ABT', 'ATBT'}
- ▷ **`MatrixMultID`** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der multiplizierten Matrizen.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `mult_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Alternativen

`mult_matrix_mod`

Siehe auch

`mult_element_matrix`, `mult_element_matrix_mod`, `div_element_matrix`, `div_element_matrix_mod`, `transpose_matrix`, `transpose_matrix_mod`

Literatur

David Poole: „Linear Algebra: A Modern Introduction“; Thomson; Belmont; 2006.

Gene H. Golub, Charles F. van Loan: „Matrix Computations“; The Johns Hopkins University Press; Baltimore and London; 1996.

Modul

Foundation

mult_matrix_mod (: : MatrixAID, MatrixBID, MultType :)

Multipliziert zwei Matrizen.

Der Operator mult_matrix_mod berechnet das Produkt der Eingabematrizen MatrixA und MatrixB, die durch die Matrix Handles MatrixAID und MatrixBID definiert sind. Die Eingabematrix MatrixA wird mit dem Ergebnis überschrieben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich. Optional können eine oder beide Eingabematrizen für die Multiplikation transponiert werden.

Der Multiplikationstyp kann über MultType gewählt werden:

'AB': Die Matrizen MatrixA und MatrixB werden nicht transponiert. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{MatrixA} = \texttt{MatrixA} \cdot \texttt{MatrixB}.$$

Die Anzahl der Spalten der Matrix MatrixA muss identisch mit der Anzahl der Zeilen der Matrix MatrixB sein.

Beispiel:

$$\texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 3.0 & -3.0 \\ 2.0 & -5.0 \\ -3.0 & 2.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixB} = \begin{bmatrix} 3.0 & -3.0 & 1.0 & 1.0 \\ 2.0 & -1.0 & -2.0 & -1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 3.0 & -6.0 & 9.0 & 6.0 \\ -4.0 & -1.0 & 12.0 & 7.0 \\ -5.0 & 7.0 & -7.0 & -5.0 \end{bmatrix}$$

'ATB': Die Matrix MatrixA wird transponiert. Die Matrix MatrixB wird nicht transponiert. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{MatrixA} = \texttt{MatrixA}^T \cdot \texttt{MatrixB}.$$

Die Anzahl der Zeilen der Matrix MatrixA muss identisch mit der Anzahl der Zeilen der Matrix MatrixB sein.

Beispiel:

$$\texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 3.0 & 2.0 & -3.0 \\ -3.0 & -5.0 & 2.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixB} = \begin{bmatrix} 3.0 & -3.0 & 1.0 & 1.0 \\ 2.0 & -1.0 & -2.0 & -1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 3.0 & -6.0 & 9.0 & 6.0 \\ -4.0 & -1.0 & 12.0 & 7.0 \\ -5.0 & 7.0 & -7.0 & -5.0 \end{bmatrix}$$

'ABT': Die Matrix MatrixA wird nicht transponiert. Die Matrix MatrixB wird transponiert. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{MatrixA} = \texttt{MatrixA} \cdot \texttt{MatrixB}^T.$$

Die Anzahl der Spalten der Matrix MatrixA muss identisch mit der Anzahl der Spalten der Matrix MatrixB sein.

Beispiel:

$$\texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 3.0 & -3.0 \\ 2.0 & -5.0 \\ -3.0 & 2.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixB} = \begin{bmatrix} 3.0 & 2.0 \\ -3.0 & -1.0 \\ 1.0 & -2.0 \\ 1.0 & -1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 3.0 & -6.0 & 9.0 & 6.0 \\ -4.0 & -1.0 & 12.0 & 7.0 \\ -5.0 & 7.0 & -7.0 & -5.0 \end{bmatrix}$$

'ATBT': Die Matrizen `MatrixA` und `MatrixB` werden transponiert. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{MatrixA} \quad = \quad \texttt{MatrixA}^T \quad \cdot \quad \texttt{MatrixB}^T.$$

Die Anzahl der Zeilen der Matrix `MatrixA` muss identisch mit der Anzahl der Spalten der Matrix `MatrixB` sein.

Beispiel:

$$\texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 3.0 & 2.0 & -3.0 \\ -3.0 & -5.0 & 2.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixB} = \begin{bmatrix} 3.0 & 2.0 \\ -3.0 & -1.0 \\ 1.0 & -2.0 \\ 1.0 & -1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 3.0 & -6.0 & 9.0 & 6.0 \\ -4.0 & -1.0 & 12.0 & 7.0 \\ -5.0 & 7.0 & -7.0 & -5.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **`MatrixAID`** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix A.

▷ **`MatrixBID`** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix B.

▷ **`MultType`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Typ der Eingabematrix.
Default: 'AB'
Werteliste: `MultType` ∈ {'AB', 'ATB', 'ABT', 'ATBT'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `mult_matrix_mod` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MatrixAID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Alternativen

`mult_matrix`

Siehe auch

`mult_element_matrix`, `mult_element_matrix_mod`, `div_element_matrix`, `div_element_matrix_mod`, `transpose_matrix`, `transpose_matrix_mod`

Literatur

David Poole: „Linear Algebra: A Modern Introduction“; Thomson; Belmont; 2006.

Gene H. Golub, Charles F. van Loan: „Matrix Computations“; The Johns Hopkins University Press; Baltimore and London; 1996.

Modul

Foundation

pow_element_matrix (: : MatrixID, MatrixExpID : MatrixPowID)

Berechnet die Potenz der Elemente einer Matrix.

Der Operator pow_element_matrix berechnet die Potenz aller Elemente der Eingabematrix Matrix mit den Elementen der Eingabematrix MatrixExp. Die Eingabematrizen Matrix und MatrixExp sind durch die Matrix Handles MatrixID und MatrixExpID gegeben. Beide Eingabematrizen müssen die gleichen Dimensionen besitzen. Es wird eine neue Matrix MatrixPow mit dem Ergebnis generiert. Der Operator gibt das Matrix Handle MatrixPowID der Matrix MatrixPow zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{MatrixPow}_{ij} \quad = \quad \texttt{Matrix}_{ij}^{\texttt{MatrixExp}_{ij}}.$$

Beispiel:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & 2.0 \\ 5.0 & 7.0 & 2.0 \\ 9.0 & 4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixExp} = \begin{bmatrix} 1.0 & 2.0 & 2.0 \\ 2.0 & 0.0 & 3.0 \\ 0.5 & 3.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{MatrixPow} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & 4.0 \\ 25.0 & 1.0 & 8.0 \\ 3.0 & 64.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

- ▷ **MatrixID** (input_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix der Basis.
- ▷ **MatrixExpID** (input_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix mit den Exponenten.
- ▷ **MatrixPowID** (output_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den potenzierten Werten der Eingabematrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert pow_element_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Alternativen

pow_element_matrix_mod, pow_scalar_element_matrix, pow_scalar_element_matrix_mod

Siehe auch

sqrt_matrix, sqrt_matrix_mod

Modul

Foundation

pow_element_matrix_mod (: : MatrixID, MatrixExpID :)

Berechnet die Potenz der Elemente einer Matrix.

Der Operator pow_element_matrix_mod berechnet die Potenz aller Elemente der Eingabematrix Matrix mit den Elementen der Eingabematrix MatrixExp. Die Eingabematrizen Matrix und MatrixExp sind durch die Matrix Handles MatrixID und MatrixExpID gegeben. Beide Eingabematrizen müssen die gleichen Dimensionen besitzen. Die Eingabematrix MatrixID wird mit dem Ergebnis überschrieben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{Matrix}_{ij} \quad = \quad \texttt{Matrix}_{ij}^{\texttt{MatrixExp}_{ij}}.$$

Beispiel:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & 2.0 \\ 5.0 & 7.0 & 2.0 \\ 9.0 & 4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixExp} = \begin{bmatrix} 1.0 & 2.0 & 2.0 \\ 2.0 & 0.0 & 3.0 \\ 0.5 & 3.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & 4.0 \\ 25.0 & 1.0 & 8.0 \\ 3.0 & 64.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix der Basis.

▷ **MatrixExpID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix mit den Exponenten.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert pow_element_matrix_mod den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MatrixID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Alternativen

pow_element_matrix, pow_scalar_element_matrix, pow_scalar_element_matrix_mod

Siehe auch

sqrt_matrix, sqrt_matrix_mod

Modul

Foundation

pow_matrix (: : MatrixID, MatrixType, Power : MatrixPowID)

Berechnet die Potenz einer Matrix.

Der Operator pow_matrix berechnet die Potenz der Eingabematrix Matrix mit einem konstanten Wert. Die Eingabematrix Matrix ist durch das Matrix Handle MatrixID gegeben. Die Potenz Power ist durch den Parameter Power gegeben. Es wird eine neue Matrix MatrixPow mit dem Ergebnis generiert. Der Operator gibt das Matrix Handle MatrixPowID der Matrix MatrixPow zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich.

Der Matrixtyp wird über MatrixType gewählt. Zur Verfügung stehen *'general'* für allgemeine, *'symmetric'* für symmetrische, *'positive_definite'* für symmetrisch positiv definite, *'tridiagonal'* für tridiagonale Matrizen, *'upper_triangular'* für obere, *'permuted_upper_triangular'* für permutierte obere, *'lower_triangular'* für untere und *'permuted_lower_triangular'* für permutierte untere Dreiecksmatrizen. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\mathtt{MatrixPow} \quad = \quad \mathtt{Matrix}^{\mathtt{Power}}.$$

Beispiel:

Power = *[2.0]*, MatrixType = *'general'*

$$\mathtt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & 2.0 \\ 5.0 & 7.0 & 2.0 \\ 9.0 & 4.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \mathtt{MatrixPow} = \begin{bmatrix} 32.0 & 18.0 & 10.0 \\ 68.0 & 62.0 & 26.0 \\ 56.0 & 41.0 & 27.0 \end{bmatrix}$$

Achtung

Wird MatrixType = *'symmetric'*, *'positive_definite'* oder *'upper_triangular'* gewählt, so muss der obere Dreiecksteil der Eingabematrix Matrix die relevante Information der Matrix beinhalten. Der exakt untere Teil der Matrix wird nicht verwendet. Wird MatrixType = *'lower_triangular'* gewählt, so muss der untere Dreiecksteil der Eingabematrix Matrix die relevante Information der Matrix beinhalten. Der exakt obere Teil der Matrix wird nicht verwendet. Wenn der verwendete Teil der Eingabematrix Matrix nicht vom spezifizierten Typ ist, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Parameter

- ▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix.
- ▷ **MatrixType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Der Matrixtyp der Eingabematrix.
  Default: 'general'
  Werteliste: MatrixType ∈ {'general', 'symmetric', 'positive_definite', 'upper_triangular', 'permuted_upper_triangular', 'lower_triangular', 'permuted_lower_triangular'}
- ▷ **Power** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Die Potenz.
  Default: 2.0
  Wertevorschläge: Power ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 5.0, 10.0}
- ▷ **MatrixPowID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit der potenzierten Matrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert pow_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Alternativen

pow_matrix_mod, eigenvalues_symmetric_matrix, eigenvalues_general_matrix

Siehe auch

sqrt_matrix, sqrt_matrix_mod

Modul

Foundation

pow_matrix_mod (: : MatrixID, MatrixType, Power :)

Berechnet die Potenz einer Matrix.

Der Operator pow_matrix_mod berechnet die Potenz der Eingabematrix Matrix mit einem konstanten Wert. Die Eingabematrix Matrix ist durch das Matrix Handle MatrixID gegeben. Die Potenz Power ist durch den Parameter Power gegeben. Die Eingabematrix wird mit dem Ergebnis überschrieben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich.

Der Matrixtyp wird über MatrixType gewählt. Zur Verfügung stehen *'general'* für allgemeine, *'symmetric'* für symmetrische, *'positive_definite'* für symmetrisch positiv definite, *'tridiagonal'* für tridiagonale Matrizen, *'upper_triangular'* für obere, *'permuted_upper_triangular'* für permutierte obere, *'lower_triangular'* für untere und *'permuted_lower_triangular'* für permutierte untere Dreiecksmatrizen. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\mathtt{Matrix} \quad = \quad \mathtt{Matrix}^{\mathtt{Power}}.$$

Beispiel:

Power = *[2.0]*, MatrixType = *'general'*

$$\mathtt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & 2.0 \\ 5.0 & 7.0 & 2.0 \\ 9.0 & 4.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \mathtt{Matrix} = \begin{bmatrix} 32.0 & 18.0 & 10.0 \\ 68.0 & 62.0 & 26.0 \\ 56.0 & 41.0 & 27.0 \end{bmatrix}$$

Achtung

Wird MatrixType = *'symmetric'*, *'positive_definite'* oder *'upper_triangular'* gewählt, so muss der obere Dreieckteil der Eingabematrix Matrix die relevante Information der Matrix beinhalten. Der exakt untere Teil der Matrix wird nicht verwendet. Wird MatrixType = *'lower_triangular'* gewählt, so muss der untere Dreieckteil der Eingabematrix Matrix die relevante Information der Matrix beinhalten. Der exakt obere Teil der Matrix wird nicht verwendet. Wenn der verwendete Teil der Eingabematrix Matrix nicht vom spezifizierten Typ ist, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

pow_matrix_mod verändert den Inhalt einer bereits bestehenden Matrix.

Parameter

- ▷ **MatrixID** (input_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix.
- ▷ **MatrixType** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Der Matrixtyp der Eingabematrix.
  Default: 'general'
  Werteliste: MatrixType ∈ {'general', 'symmetric', 'positive_definite', 'upper_triangular', 'permuted_upper_triangular', 'lower_triangular', 'permuted_lower_triangular'}

▷ **Power** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Die Potenz.
Default: 2.0
Wertevorschläge: Power ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 5.0, 10.0}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert pow_matrix_mod den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MatrixID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Alternativen

pow_matrix, eigenvalues_symmetric_matrix, eigenvalues_general_matrix

Siehe auch

sqrt_matrix, sqrt_matrix_mod

Modul

Foundation

pow_scalar_element_matrix (: : MatrixID, Power : MatrixPowID)

Berechnet die Potenz der Elemente einer Matrix.

Der Operator pow_scalar_element_matrix berechnet die Potenz aller Elemente der Eingabematrix Matrix mit einem konstanten Wert. Die Eingabematrix Matrix ist durch das Matrix Handle MatrixID gegeben. Die Potenz Power ist durch den Parameter Power gegeben. Es wird eine neue Matrix MatrixPow mit dem Ergebnis generiert. Der Operator gibt das Matrix Handle MatrixPowID der Matrix MatrixPow zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\mathtt{MatrixPow}_{ij} \quad = \quad \mathtt{Matrix}_{ij}{}^{\mathtt{Power}}.$$

Beispiel:

Power = *[2.0]*

$$\mathtt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & 2.0 \\ 5.0 & 7.0 & 2.0 \\ 9.0 & 4.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \mathtt{MatrixPow} = \begin{bmatrix} 9.0 & 1.0 & 4.0 \\ 25.0 & 49.0 & 4.0 \\ 81.0 & 16.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **Power** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Die Potenz.
Default: 2.0
Wertevorschläge: Power ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 5.0, 10.0}

▷ **MatrixPowID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle mit den potenzierten Werten der Eingabematrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert pow_scalar_element_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Alternativen

pow_scalar_element_matrix_mod, pow_element_matrix, pow_element_matrix_mod

Siehe auch

sqrt_matrix, sqrt_matrix_mod

Modul

Foundation

pow_scalar_element_matrix_mod (: : MatrixID, Power :)

Berechnet die Potenz der Elemente einer Matrix.

Der Operator pow_scalar_element_matrix_mod berechnet die Potenz aller Elemente der Eingabematrix Matrix mit einem konstanten Wert. Die Eingabematrix Matrix ist durch das Matrix Handle MatrixID gegeben. Die Potenz Power ist durch den Parameter Power gegeben. Die Eingabematrix wird mit dem Ergebnis überschrieben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\mathtt{Matrix}_{ij} \quad = \quad \mathtt{Matrix}_{ij}^{\mathtt{Power}}.$$

Beispiel:

Power = *[2.0]*

$$\mathtt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & 2.0 \\ 5.0 & 7.0 & 2.0 \\ 9.0 & 4.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \mathtt{Matrix} = \begin{bmatrix} 9.0 & 1.0 & 4.0 \\ 25.0 & 49.0 & 4.0 \\ 81.0 & 16.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **Power** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Die Potenz.
Default: 2.0
Wertevorschläge: `Power` ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 5.0, 10.0}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `pow_scalar_element_matrix_mod` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MatrixID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Alternativen

`pow_scalar_element_matrix`, `pow_element_matrix`, `pow_element_matrix_mod`

Siehe auch

`sqrt_matrix`, `sqrt_matrix_mod`

Modul

Foundation

scale_matrix (: : MatrixID, Factor : MatrixScaledID)

Skaliert eine Matrix.

Der Operator `scale_matrix` skaliert die Matrix `Matrix` mit einem konstanten Wert. Die Matrix ist durch das Matrix Handle `MatrixID` gegeben. Es wird eine neue Matrix `MatrixScaled` mit dem Ergebnis generiert. Der Operator gibt das Matrix Handle `MatrixScaledID` zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator `get_full_matrix` möglich. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{MatrixScaled}_{ij} = \texttt{Factor} \cdot \texttt{Matrix}_{ij}.$$

Beispiel:

`Factor` = *1.5*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 \\ -2.0 & 6.0 & 2.0 \\ -5.0 & -4.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixScaled} = \begin{bmatrix} 4.5 & 1.5 & -3.0 \\ -3.0 & 9.0 & 3.0 \\ -7.5 & -6.0 & 1.5 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **Factor** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Skalierungsfaktor.
Default: 2.0
Wertevorschläge: Factor ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 5.0, 10.0}

▷ **MatrixScaledID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle mit den skalierten Elementen.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert scale_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Alternativen

scale_matrix_mod

Siehe auch

mult_element_matrix, mult_element_matrix_mod, div_element_matrix, div_element_matrix_mod

Modul

Foundation

scale_matrix_mod (: : MatrixID, Factor :)

Skaliert eine Matrix.

Der Operator scale_matrix_mod skaliert die Matrix Matrix mit einem konstanten Wert. Die Matrix ist durch das Matrix Handle MatrixID gegeben. Die Eingabematrix wird mit dem Ergebnis überschrieben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{Matrix}_{ij} \quad = \quad \texttt{Factor} \quad \cdot \quad \texttt{Matrix}_{ij}.$$

Beispiel:

Factor = *1.5*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 \\ -2.0 & 6.0 & 2.0 \\ -5.0 & -4.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 4.5 & 1.5 & -3.0 \\ -3.0 & 9.0 & 3.0 \\ -7.5 & -6.0 & 1.5 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **Factor** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Skalierungsfaktor.
Default: 2.0
Wertevorschläge: `Factor` ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 5.0, 10.0}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `scale_matrix_mod` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MatrixID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Alternativen

`scale_matrix`

Siehe auch

`mult_element_matrix`, `mult_element_matrix_mod`, `div_element_matrix`, `div_element_matrix_mod`

Modul

Foundation

solve_matrix (: : MatrixLHSID, MatrixLHSType, Epsilon, MatrixRHSID : MatrixResultID)

Berechnet die Lösung eines Gleichungssystems.

Der Operator `solve_matrix` berechnet die Lösung eines linearen Gleichungssystems oder eines linearen Kleinsten-Quadrate Problems. Die Eingabematrizen `MatrixLHS` und `MatrixRHS` sind durch die Matrix Handles `MatrixLHSID` und `MatrixRHSID` gegeben. Die Anzahl der Zeilen der Matrizen `MatrixLHS` und `MatrixRHS` müssen identisch sein. Der Operator gibt das Matrix Handle `MatrixResultID` der Matrix `MatrixResult` zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator `get_full_matrix` möglich.

Für lineare Gleichungssysteme werden die Gleichungen

$$\texttt{MatrixLHS} \cdot \texttt{MatrixResult} = \texttt{MatrixRHS}$$

gelöst. Hierfür muss die Matrix `MatrixLHS` quadratisch und der Parameter `Epsilon` 0 sein. Der Matrixtyp der Matrix `MatrixLHS` kann über den Parameter `MatrixLHSType` gewählt werden. Die folgenden Werte stehen zur Verfügung: *'general'* für allgemeine, *'symmetric'* für symmetrische, *'positive_definite'* für symmetrisch positiv definite und *'tridiagonal'* für tridiagonale Matrizen, *'upper_triangular'* für obere, *'permuted_upper_triangular'* für permutierte obere, *'lower_triangular'* für untere und *'permuted_lower_triangular'* für permutierte untere Dreiecksmatrizen.

Beispiel:

MatrixLHSType = *'positive_definite'*, Epsilon = *0*

$$\texttt{MatrixLHS} = \begin{bmatrix} 6.0 & 5.0 & 3.0 \\ 5.0 & 7.0 & 3.0 \\ 3.0 & 3.0 & 4.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixRHS} = \begin{bmatrix} -1.0 & 6.0 \\ 3.0 & -3.0 \\ 5.0 & 4.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{MatrixResult} = \begin{bmatrix} -2.0 & 3.0 \\ 1.0 & -3.0 \\ 2.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

Für ein lineares Kleinste-Quadrate Problem oder die Wahl Epsilon ungleich 0 muss die Matrix MatrixLHS nicht quadratisch sein. Die Kleinste-Quadrate Lösung wird mittels einer Singulärwertzerlegung der Matrix MatrixLHS durch Minimieren von

$$||\texttt{MatrixRHS} - \texttt{MatrixLHS} \cdot \texttt{MatrixResult}||$$

berechnet. Alle Singulärwerte, die kleiner als Epsilon $\times$ dem größten Singulärwert sind, werden 0 gesetzt. Für diese Werte wird keine interne Division vorgenommen um einer Division durch 0 vorzubeugen. Ebenfalls darf die Matrix MatrixLHS in diesem Fall einen Rangdefekt aufweisen. Als Matrixtyp muss MatrixLHSType = *'general'* gewählt werden.

Beispiel:

MatrixLHSType = *'general'*, Epsilon = *2.2204e-16*

$$\texttt{MatrixLHS} = \begin{bmatrix} 6.0 & 5.0 & 3.0 \\ 3.0 & 7.0 & -3.0 \\ 5.0 & 12.0 & 4.0 \\ 5.0 & 4.0 & 12.0 \\ 4.0 & 6.0 & 8.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixRHS} = \begin{bmatrix} 29.0 \\ 10.0 \\ 35.0 \\ 43.0 \\ 25.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{MatrixResult} = \begin{bmatrix} 3.4914 \\ 0.7114 \\ 1.6213 \end{bmatrix}$$

Bemerkung: Die relative Genauigkeit der Gleitkommarepräsentation des genutzten Datentyps (double) ist Epsilon = 2.2204e-16.

Achtung

Wird MatrixLHSType = *'symmetric'*, *'positive_definite'* oder *'upper_triangular'* gewählt, so muss der obere Dreiecksteil der Eingabematrix MatrixLHS die relevante Information der Matrix beinhalten. Der exakt untere Teil der Matrix wird nicht verwendet. Wird MatrixLHSType = *'lower_triangular'* gewählt, so muss der untere Dreiecksteil der Eingabematrix MatrixLHS die relevante Information der Matrix beinhalten. Der exakt obere Teil der Matrix wird nicht verwendet. Wird MatrixLHSType = *'tridiagonal'* gesetzt, wird nur die Hauptdiagonale und die beiden Nebendiagonalen der Eingabematrix MatrixLHS genutzt. Die anderen Teile der Matrix werden nicht verwendet. Wenn der verwendete Teil der Eingabematrix MatrixLHS nicht vom spezifizierten Typ ist, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Parameter

▷ **MatrixLHSID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix der linken Seite.

▷ **MatrixLHSType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Der Matrixtyp der Eingabematrix der linken Seite.
Default: 'general'
Werteliste: MatrixLHSType ∈ {'general', 'symmetric', 'positive_definite', 'tridiagonal', 'upper_triangular', 'permuted_upper_triangular', 'lower_triangular', 'permuted_lower_triangular'}

▷ **Epsilon** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Lösungstyp und Grenze zum Setzen der Singulärwerte zu 0.
Default: 0.0
Wertevorschläge: Epsilon ∈ {0.0, 2.2204e-16}

▷ **MatrixRHSID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix der rechten Seite.

▷ **MatrixResultID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Neues Matrix Handle mit der Lösung.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert solve_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Literatur

David Poole: „Linear Algebra: A Modern Introduction“; Thomson; Belmont; 2006.

Gene H. Golub, Charles F. van Loan: „Matrix Computations“; The Johns Hopkins University Press; Baltimore and London; 1996.

Modul

Foundation

sqrt_matrix (: : MatrixID : MatrixSqrtID)

Berechnet die Quadratwurzel der Elemente einer Matrix.

Der Operator sqrt_matrix berechnet die Quadratwurzel aller Elemente der Eingabematrix Matrix, die durch das Matrix Handle MatrixID gegeben ist. Es wird eine neue Matrix MatrixSqrt mit dem Ergebnis generiert. Der Operator gibt das Matrix Handle MatrixSqrtID der Matrix MatrixSqrt zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{MatrixSqrt}_{ij} \quad = \quad \sqrt{\texttt{Matrix}_{ij}}.$$

Beispiel:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & 2.0 \\ 5.0 & 7.0 & 2.0 \\ 9.0 & 4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \quad \rightarrow \quad \texttt{MatrixSqrt} = \begin{bmatrix} 1.7321 & 1.0000 & 1.4142 \\ 2.2361 & 2.6458 & 1.4142 \\ 3.0000 & 2.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **MatrixSqrtID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle mit den Beträgen der Quadratwurzel der Eingabematrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert sqrt_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Alternativen

sqrt_matrix_mod

Siehe auch

pow_scalar_element_matrix, pow_scalar_element_matrix_mod

Modul

Foundation

sqrt_matrix_mod (: : MatrixID :)

Berechnet die Quadratwurzel der Elemente einer Matrix.

Der Operator sqrt_matrix_mod berechnet die Quadratwurzel aller Elemente der Eingabematrix Matrix, die durch das Matrix Handle MatrixID gegeben ist. Die Eingabematrix wird mit dem Ergebnis überschrieben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\mathtt{Matrix}_{ij} \quad = \quad \sqrt{\mathtt{Matrix}_{ij}}.$$

Beispiel:

$$\mathtt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & 2.0 \\ 5.0 & 7.0 & 2.0 \\ 9.0 & 4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \quad \rightarrow \quad \mathtt{Matrix} = \begin{bmatrix} 1.7321 & 1.0000 & 1.4142 \\ 2.2361 & 2.6458 & 1.4142 \\ 3.0000 & 2.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert sqrt_matrix_mod den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MatrixID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Alternativen

sqrt_matrix

Modul

Foundation

sub_matrix (: : MatrixAID, MatrixBID : MatrixSubID)

Subtraktion zweier Matrizen.

Der Operator sub_matrix berechnet die Differenz der Eingabematrizen MatrixA und MatrixB, die durch die Matrix Handles MatrixAID und MatrixBID gegeben sind. Beide Eingabematrizen müssen die gleichen Dimensionen besitzen. Es wird eine neue Matrix MatrixSub mit dem Ergebnis generiert. Der Operator gibt das Matrix Handle MatrixSubID der Matrix MatrixSub zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{MatrixSub} \;=\; \texttt{MatrixA} \;-\; \texttt{MatrixB}.$$

Beispiel:

$$\texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixB} = \begin{bmatrix} 2.0 & 8.0 & -3.0 \\ -4.0 & -1.0 & 5.0 \\ 2.0 & -4.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{MatrixSub} = \begin{bmatrix} 1.0 & -7.0 & 1.0 \\ -1.0 & 8.0 & -3.0 \\ -11.0 & 0.0 & -6.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

- ▷ **MatrixAID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix A.
- ▷ **MatrixBID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix B.
- ▷ **MatrixSubID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den Differenzen der Eingabematrizen.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert sub_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Alternativen

sub_matrix_mod

Siehe auch

add_matrix, add_matrix_mod

Modul

Foundation

sub_matrix_mod (: : MatrixAID, MatrixBID :)

Subtraktion zweier Matrizen.

Der Operator sub_matrix_mod berechnet die Differenz der Eingabematrizen MatrixA und MatrixB, die durch die Matrix Handles MatrixAID und MatrixBID gegeben sind. Beide Eingabematrizen müssen die gleichen Dimensionen besitzen. Die Eingabematrix MatrixA wird mit dem Ergebnis überschrieben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{MatrixA} = \texttt{MatrixA} - \texttt{MatrixB}.$$

Beispiel:

$$\texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixB} = \begin{bmatrix} 2.0 & 8.0 & -3.0 \\ -4.0 & -1.0 & 5.0 \\ 2.0 & -4.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 1.0 & -7.0 & 1.0 \\ -1.0 & 8.0 & -3.0 \\ -11.0 & 0.0 & -6.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixAID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix A.

▷ **MatrixBID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix B.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert sub_matrix_mod den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MatrixAID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Alternativen

sub_matrix

Siehe auch

add_matrix, add_matrix_mod

Modul

Foundation

transpose_matrix (: : MatrixID : MatrixTransposedID)

Transponiert eine Matrix.

Der Operator transpose_matrix gibt die Transponierte der Eingabematrix Matrix zurück. Die Eingabematrix ist durch das Matrix Handle MatrixID definiert. Es wird eine neue Matrix MatrixTransposed mit dem Ergebnis generiert und das Matrix Handle MatrixTransposedID dieser Matrix zurückgegeben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich.

Beispiel:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \quad \rightarrow \quad \texttt{MatrixTransposed} = \begin{bmatrix} 3.0 & -5.0 & -9.0 \\ 1.0 & 7.0 & -4.0 \\ -2.0 & 2.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **MatrixTransposedID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle mit der Transponierten der Eingabematrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert transpose_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Alternativen

transpose_matrix_mod

Siehe auch

invert_matrix, invert_matrix_mod

Literatur

David Poole: „Linear Algebra: A Modern Introduction“; Thomson; Belmont; 2006.

Gene H. Golub, Charles F. van Loan: „Matrix Computations“; The Johns Hopkins University Press; Baltimore and London; 1996.

Modul

Foundation

transpose_matrix_mod (: : MatrixID :)

Transponiert eine Matrix.

Der Operator transpose_matrix_mod gibt die Transponierte der Eingabematrix Matrix zurück. Die Eingabematrix ist durch das Matrix Handle MatrixID definiert. Die Eingabematrix wird mit dem Ergebnis überschrieben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich.

Beispiel:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \quad \rightarrow \quad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & -5.0 & -9.0 \\ 1.0 & 7.0 & -4.0 \\ -2.0 & 2.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `transpose_matrix_mod` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MatrixID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Alternativen

`transpose_matrix`

Siehe auch

`invert_matrix`, `invert_matrix_mod`

Literatur

David Poole: „Linear Algebra: A Modern Introduction“; Thomson; Belmont; 2006.

Gene H. Golub, Charles F. van Loan: „Matrix Computations“; The Johns Hopkins University Press; Baltimore and London; 1996.

Modul

Foundation

19.2 Datei

deserialize_matrix (: : SerializedItemHandle : MatrixID)

Deserialisieren einer serialisierten Matrix.

`deserialize_matrix` deserialisiert eine Matrix, welche mit `serialize_matrix` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Die serialisierte Matrix wird in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einer dafür automatisch erzeugten Matrix mit dem Handle `MatrixID` gespeichert. Zugriff auf die Elemente einer Matrix ist z.B. mit dem Operator `get_full_matrix` möglich.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **MatrixID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix handle.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`

Modul

Foundation

read_matrix (: : FileName : MatrixID)

Einlesen eine Matrix von einer Datei.

`read_matrix` liest eine Matrix, die mit `write_matrix` geschrieben wurde, aus der Datei `FileName` ein. Die Dateiendung für die Matrix ist in HALCON 'mtx'. Das Dateiformat kann binär oder ASCII sein. Jede Zeile der Datei enthält eine Zeile der Matrix mit einer Anzahl von Spalten. Die Spalten sind durch Leerzeichen oder Tabulatoren getrennt. Jede Zeile muss dieselbe Anzahl an Spalten beinhalten. Leere Zeilen werden ignoriert.

Die eingelesenen Ergebnisse werden in der generierten Matrix `Matrix` gespeichert. Es wird das Matrix Handle `MatrixID` dieser Matrix zurückgegeben. Zugriff auf die Elemente der Matrizen ist z.B. mit dem Operator `get_full_matrix` möglich.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.mtx`

▷ **MatrixID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle.

Ergebnis

Ist der Dateiname korrekt, dann liefert `read_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`get_full_matrix`

Modul

Foundation

serialize_matrix (: : MatrixID : SerializedItemHandle)

Serialisieren einer Matrix.

serialize_matrix serialisiert die Daten einer Matrix (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von write_matrix in eine Datei geschrieben werden. Die Matrix wird in dem Handle MatrixID übergeben. Die serialisierte Matrix wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_matrix wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) ..... matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert serialize_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

fwrite_serialized_item, send_serialized_item, deserialize_matrix

Modul

Foundation

write_matrix (: : MatrixID, FileFormat, FileName :)

Schreiben einer Matrix auf eine Datei.

write_matrix schreibt eine Matrix in die Datei FileName. Die Matrix kann mit read_matrix wieder eingelesen werden. Die Dateiendung für die Matrix ist in HALCON 'mtx'. Der Dateityp kann über den Parameter FileFormat gewählt werden. Die folgenden Werte stehen zur Verfügung: *'binary'* für ein binäres Dateiformat und *'ascii'* für ein Textformat. Im Textformat enthält jede Zeile der Datei eine Zeile der Matrix. Die Spalten sind durch Leerzeichen getrennt. Der Vorteil bei der Nutzung des binären Dateiformats gegenüber dem Textformat liegt am geringeren Speicherbedarf der Ausgabedatei.

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) ..... matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **FileFormat** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Dateiformat.
Default: 'binary'
Werteliste: FileFormat ∈ {'binary', 'ascii'}

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: .mtx

Ergebnis

Ist der Dateiname korrekt (Schreiberlaubnis), dann liefert `write_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_matrix`

Modul

Foundation

19.3 Eigenwerte

```
eigenvalues_general_matrix ( : : MatrixID,
    ComputeEigenvectors : EigenvaluesRealID,  EigenvaluesImagID,
    EigenvectorsRealID,  EigenvectorsImagID )
```

Berechnet die Eigenwerte und optional die Eigenvektoren einer allgemeinen Matrix.

Der Operator `eigenvalues_general_matrix` berechnet alle Eigenwerte und optional die rechten oder linken Eigenvektoren der quadratischen, allgemeinen Eingangsmatrix `Matrix`. Die Eingangsmatrix ist durch das Matrix Handle `MatrixID` definiert. Die berechneten Eigenvektoren sind auf die Länge 1 normiert.

Der Operator generiert die neuen Matrizen `EigenvaluesReal` und `EigenvaluesImag` mit den Real- und Imaginärteilen der berechneten Eigenwerte. Jede Matrix besteht aus einer Spalte und n Zeilen, wobei n die Anzahl der Zeilen der Eingabematrix `Matrix` ist. Im Gegensatz zu dem Operator `eigenvalues_symmetric_matrix` ist die Reihenfolge der Eigenwerte nicht definiert. Der Operator gibt die Matrix Handles `EigenvaluesRealID` und `EigenvaluesImagID` zurück. Die Real- und Imaginärteile der berechneten Eigenvektoren werden, falls gewünscht, in den neuen Matrizen `EigenvectorsReal` und `EigenvectorsImag` gespeichert. In diesem Fall werden gültige Matrix Handles `EigenvectorsRealID` und `EigenvectorsImagID` zurückgegeben. Zugriff auf die Elemente der Matrizen ist z.B. mit dem Operator `get_full_matrix` möglich.

Der Berechnungstyp der Eigenvektoren kann über den Parameter `ComputeEigenvectors` gewählt werden. Keine Eigenvektoren werden berechnet, wenn `ComputeEigenvectors` = *'none'* eingestellt ist. Sollen die linken Eigenvektoren ausgegeben werden, so ist *'left'* zu wählen. Sind die rechten Eigenvektoren gewünscht, muss *'right'* gewählt werden.

Beispiel:

`ComputeEigenvectors` = *'right'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 6.0 & 4.0 & -8.0 \\ 5.0 & 7.0 & 3.0 \\ 4.0 & -1.0 & 4.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{EigenvaluesReal} = \begin{bmatrix} 3.3110 \\ 3.3110 \\ 10.3781 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{EigenvaluesImag} = \begin{bmatrix} 5.4143 \\ -5.4143 \\ 0.0 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{EigenvectorsReal} = \begin{bmatrix} 0.6353 & 0.6353 & 0.4813 \\ -0.4764 & -0.4764 & 0.8605 \\ -0.0246 & -0.0246 & 0.1669 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{EigenvectorsImag} = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ -0.2485 & 0.2485 & 0.0 \\ -0.5542 & 0.5542 & 0.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

- ▷ **MatrixID** (input_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix.
- ▷ **ComputeEigenvectors** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Berechnung der Eigenvektoren.
  Default: 'none'
  Werteliste: `ComputeEigenvectors` ∈ {'none', 'left', 'right'}
- ▷ **EigenvaluesRealID** (output_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den Realteilen der Eigenwerte.
- ▷ **EigenvaluesImagID** (output_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den Imaginärteilen der Eigenwerte.
- ▷ **EigenvectorsRealID** (output_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den Realteilen der Eigenvektoren.
- ▷ **EigenvectorsImagID** (output_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den Imaginärteilen der Eigenvektoren.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `eigenvalues_general_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`, `get_diagonal_matrix`

Siehe auch

`eigenvalues_symmetric_matrix`, `generalized_eigenvalues_symmetric_matrix`, `generalized_eigenvalues_general_matrix`

Literatur

David Poole: „Linear Algebra: A Modern Introduction“; Thomson; Belmont; 2006.

Gene H. Golub, Charles F. van Loan: „Matrix Computations“; The Johns Hopkins University Press; Baltimore and London; 1996.

Modul

Foundation

eigenvalues_symmetric_matrix (: : MatrixID,
ComputeEigenvectors : EigenvaluesID, EigenvectorsID)

Berechnet die Eigenwerte und optional die Eigenvektoren einer symmetrischen Matrix.

Der Operator `eigenvalues_symmetric_matrix` berechnet alle Eigenwerte und optional die Eigenvektoren der symmetrischen Matrix `Matrix`, die durch das Matrix Handle `MatrixID` gegeben ist. Es wird eine neue Matrix `Eigenvalues` mit den Eigenwerten in aufsteigender Reihenfolge und optional eine neue Matrix `Eigenvectors` mit den Eigenvektoren generiert. Der Operator gibt die Matrix Handle `EigenvaluesID` und `EigenvectorsID` der Matrizen `Eigenvalues` und `Eigenvectors` zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrizen ist z.B. mit dem Operator `get_full_matrix` möglich.

Die Berechnung der Eigenvektoren kann über `ComputeEigenvectors` = *'true'* oder `ComputeEigenvectors` = *'false'* ausgewählt werden.

Beispiel:

`ComputeEigenvectors` = *'true'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 6.0 & 5.0 & 3.0 \\ 5.0 & 7.0 & 3.0 \\ 3.0 & 3.0 & 4.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{Eigenvalues} = \begin{bmatrix} 1.4195 \\ 2.1507 \\ 13.4298 \end{bmatrix} \qquad \texttt{Eigenvectors} = \begin{bmatrix} 0.7842 & 0.0626 & 0.6174 \\ -0.5667 & 0.4776 & 0.6714 \\ -0.2529 & -0.8763 & 0.4100 \end{bmatrix}$$

Achtung

Der obere Dreiecksteil der Eingabematrix `Matrix` muss die relevante Information der Matrix beinhalten. Der exakt untere Teil der Matrix wird nicht verwendet. Wenn der verwendete Teil der Eingabematrix `Matrix` nicht vom spezifizierten Typ ist, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Parameter

- ▷ **`MatrixID`** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix.
- ▷ **`ComputeEigenvectors`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Berechnung der Eigenvektoren.
  Default: 'false'
  Werteliste: `ComputeEigenvectors` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **`EigenvaluesID`** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den Eigenwerten.
- ▷ **`EigenvectorsID`** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den Eigenvektoren.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `eigenvalues_symmetric_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Alternativen

`eigenvalues_general_matrix`

Siehe auch

`generalized_eigenvalues_symmetric_matrix`,
`generalized_eigenvalues_general_matrix`

Literatur

David Poole: „Linear Algebra: A Modern Introduction“; Thomson; Belmont; 2006.

Gene H. Golub, Charles F. van Loan: „Matrix Computations“; The Johns Hopkins University Press; Baltimore and London; 1996.

Modul

Foundation

generalized_eigenvalues_general_matrix (: : MatrixAID, MatrixBID, ComputeEigenvectors : EigenvaluesRealID, EigenvaluesImagID, EigenvectorsRealID, EigenvectorsImagID)

Berechnet die generalisierten Eigenwerte und optional die generalisierten Eigenvektoren allgemeiner Matrizen.

Der Operator generalized_eigenvalues_general_matrix berechnet alle generalisierten Eigenwerte und optional die rechten oder linken generalisierten Eigenvektoren der quadratischen, allgemeinen Eingangsmatrizen MatrixA und MatrixB. Beide Eingabematrizen müssen die gleichen Dimensionen besitzen. Die Eingangsmatrizen sind durch die Matrix Handle MatrixAID und MatrixBID definiert. Die berechneten Eigenvektoren sind auf die Länge 1 normiert.

Der Operator generiert die neuen Matrizen EigenvaluesReal und EigenvaluesImag mit den Real- und Imaginärteilen der berechneten Eigenwerte. Jede Matrix besteht aus einer Spalte und n Zeilen, wobei n die Anzahl der Zeilen oder Spalten der Eingabematrizen ist. Im Gegensatz zu dem Operator generalized_eigenvalues_symmetric_matrix ist die Reihenfolge der generalisierten Eigenwerte nicht definiert. Der Operator gibt die Matrix Handles EigenvaluesRealID und EigenvaluesImagID zurück. Die Real- und Imaginärteile der zugehörigen Eigenvektoren werden, falls gewünscht, in den neuen Matrizen EigenvectorsReal und EigenvectorsImag gespeichert. In diesem Fall enthält die j-te Spalte der Matrizen der Eigenvektoren den zugehörigen Eigenvektor zum j-ten Eigenwert. Zusätzlich werden die gültigen Matrix Handles EigenvectorsRealID und EigenvectorsImagID zurückgegeben. Zugriff auf die Elemente der Matrizen ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix oder get_sub_matrix möglich.

Der Berechnungstyp der Eigenvektoren kann über den Parameter ComputeEigenvectors gewählt werden. Wenn ComputeEigenvectors = *'none'* eingestellt ist, werden keine Eigenvektoren berechnet, und der Operator wird schneller. In diesen Fall sind die Matrix Handles EigenvectorsRealID und EigenvectorsImagID ungültig. Sollen die rechten generalisierten Eigenvektoren ausgegeben werden, so ist *'right'* zu wählen. Die Formel für die Berechnung lautet

$$\texttt{MatrixA} \cdot x_j = \lambda_j \cdot \texttt{MatrixB} \cdot x_j,$$

wobei λ_j den j-ten (komplexen) Eigenwert und x_j den zugehörigen (komplexen) Eigenvektor darstellt.

Sind die linken generalisierten Eigenvektoren gewünscht, muss *'left'* gewählt werden. Die Formel für die Berechnung lautet

$$x^H{}_j \ \texttt{MatrixA} \cdot = x^H{}_j \cdot \lambda_j \cdot \texttt{MatrixB},$$

wobei $x^H{}_j$ die Konjugiert-Transponierte von x_j darstellt.

Beispiel:

ComputeEigenvectors = *'right'*

$$\texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 6.0 & 4.0 & -8.0 \\ 5.0 & 7.0 & 3.0 \\ 4.0 & -1.0 & 4.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixB} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & 2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 \\ 9.0 & 4.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{EigenvaluesReal} = \begin{bmatrix} 0.5363 \\ 0.5363 \\ -6.1616 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{EigenvaluesImag} = \begin{bmatrix} 0.4208 \\ -0.4208 \\ 0.0 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{EigenvectorsReal} = \begin{bmatrix} 0.3500 & 0.3500 & 0.0410 \\ -0.9565 & -0.9565 & 0.3267 \\ -0.2757 & -0.2757 & -1.0000 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{EigenvectorsImag} = \begin{bmatrix} -0.4644 & 0.4644 & 0.0 \\ 0.0435 & -0.0435 & 0.0 \\ -0.1869 & 0.1869 & 0.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

- ▷ **MatrixAID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix A.
- ▷ **MatrixBID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix B.
- ▷ **ComputeEigenvectors** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Berechnung der Eigenvektoren.
  Default: 'none'
  Werteliste: `ComputeEigenvectors` ∈ {'none', 'left', 'right'}
- ▷ **EigenvaluesRealID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den Realteilen der Eigenwerte.
- ▷ **EigenvaluesImagID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den Imaginärteilen der Eigenwerte.
- ▷ **EigenvectorsRealID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den Realteilen der Eigenvektoren.
- ▷ **EigenvectorsImagID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den Imaginärteilen der Eigenvektoren.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `generalized_eigenvalues_general_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`, `get_diagonal_matrix`

Siehe auch

`generalized_eigenvalues_symmetric_matrix`, `eigenvalues_symmetric_matrix`, `eigenvalues_general_matrix`

Literatur

David Poole: „Linear Algebra: A Modern Introduction“; Thomson; Belmont; 2006.

Gene H. Golub, Charles F. van Loan: „Matrix Computations“; The Johns Hopkins University Press; Baltimore and London; 1996.

Modul

Foundation

generalized_eigenvalues_symmetric_matrix (: : MatrixAID, MatrixBID, ComputeEigenvectors : EigenvaluesID, EigenvectorsID)

Berechnet die generalisierten Eigenwerte und optional die generalisierten Eigenvektoren symmetrischer Eingabematrizen.

Der Operator `generalized_eigenvalues_symmetric_matrix` berechnet alle generalisierten Eigenwerte und optional die generalisierten Eigenvektoren der symmetrischen Matrix `MatrixA` und der symmetrisch positiv definiten `MatrixB`. Die Eingangsmatrizen sind durch die Matrix Handle `MatrixAID` und `MatrixBID` definiert. Beide Eingabematrizen müssen die gleichen Dimensionen besitzen. Es wird eine neue Matrix `Eigenvalues` mit den generalisierten Eigenwerten in aufsteigender Reihenfolge und optional eine neue Matrix `Eigenvectors` mit den generalisierten Eigenvektoren generiert. Jede j-te Spalte der Matrix `Eigenvectors` enthält den zugehörigen Eigenvektor zum j-ten Eigenwert. Der Operator gibt die Matrix Handle `EigenvaluesID` und `EigenvectorsID` der Matrizen `Eigenvalues` und `Eigenvectors` zurück. Zugriff

auf die Elemente der Matrizen ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix oder get_sub_matrix möglich.

Die Berechnung der generalisierten Eigenvektoren kann über ComputeEigenvectors = *'true'* ausgewählt werden. Die Formel für die Berechnung lautet

$$\texttt{MatrixA} \cdot x_j = \lambda_j \cdot \texttt{MatrixB} \cdot x_j,$$

wobei λ_j den j-ten Eigenwert und x_j den zugehörigen Eigenvektor darstellt.

Keine generalisierten Eigenvektoren werden berechnet, wenn ComputeEigenvectors = *'false'* eingestellt ist. In diesem Fall ist das Matrix Handle EigenvectorsID ungültig.

Beispiel:

ComputeEigenvectors = *'true'*

$$\texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 4.0 & -3.0 & 2.0 \\ -3.0 & 1.0 & 4.0 \\ 2.0 & 4.0 & 8.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixB} = \begin{bmatrix} 6.0 & 5.0 & 3.0 \\ 5.0 & 7.0 & 3.0 \\ 3.0 & 3.0 & 4.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{Eigenvalues} = \begin{bmatrix} -0.4463 \\ 1.8747 \\ 4.5472 \end{bmatrix} \qquad \texttt{Eigenvectors} = \begin{bmatrix} -0.1579 & 0.1851 & -0.6358 \\ -0.3377 & -0.2568 & 0.4311 \\ 0.2382 & 0.5065 & 0.3185 \end{bmatrix}$$

Achtung

Die oberen Dreiecksteile der Eingabematrizen MatrixA und MatrixB müssen die relevante Information der Matrizen beinhalten. Die exakt unteren Teile der Matrizen werden nicht verwendet. Wenn die verwendeten Teile der Eingabematrizen MatrixA oder MatrixB nicht vom spezifizierten Typ sind, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Parameter

- ▷ **MatrixAID** (input_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der symmetrischen Eingabematrix A.
- ▷ **MatrixBID** (input_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der symmetrisch positiv definiten Eingabematrix B.
- ▷ **ComputeEigenvectors** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Berechnung der Eigenvektoren.
  Default: 'false'
  Werteliste: ComputeEigenvectors ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **EigenvaluesID** (output_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den Eigenwerten.
- ▷ **EigenvectorsID** (output_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den Eigenvektoren.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert generalized_eigenvalues_symmetric_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Alternativen

generalized_eigenvalues_general_matrix

Siehe auch

eigenvalues_symmetric_matrix, eigenvalues_general_matrix

Literatur

David Poole: „Linear Algebra: A Modern Introduction“; Thomson; Belmont; 2006.

Gene H. Golub, Charles F. van Loan: „Matrix Computations“; The Johns Hopkins University Press; Baltimore and London; 1996.

Modul

Foundation

19.4 Generierung

clear_matrix (: : MatrixID :)

Löscht die Matrix aus dem Speicher.

Der Operator clear_matrix entfernt die übergebene Matrix Matrix aus dem Speicher, die durch das Matrix Handle MatrixID gegeben ist. Nach dem Aufruf kann die Matrix Matrix nicht mehr genutzt werden. Das Matrix Handle MatrixID wird ungültig.

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) ..... matrix(-array) ⇝ *handle*
Matrix Handle.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert clear_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MatrixID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_matrix

Modul

Foundation

copy_matrix (: : MatrixID : MatrixCopyID)

Kopiert eine Matrix.

Der Operator copy_matrix erstellt die neue Matrix MatrixCopy und kopiert alle Elemente der Eingabematrix Matrix in die neue Matrix. Die Eingabematrix ist durch das Matrix Handle MatrixID definiert. Der Operator gibt das Matrix Handle MatrixCopyID der Matrix MatrixCopy zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich. Mit diesem Operator kann eine Matrix gesichert werden, bevor die Matrix von den Operatoren set_value_matrix, set_full_matrix, set_sub_matrix oder set_diagonal_matrix verändert wird.

Beispiel:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \quad \rightarrow \quad \texttt{MatrixCopy} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **MatrixCopyID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der kopierten Matrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `copy_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Alternativen

`repeat_matrix`

Modul

Foundation

create_matrix (: : Rows, Columns, Value : MatrixID)

Legt eine Matrix an.

Der Operator `create_matrix` legt eine neue Matrix `Matrix` mit `Rows` Zeilen und `Columns` Spalten an und gibt das Matrix Handle `MatrixID` zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator `get_full_matrix` möglich. Der Parameter `Value` ist ein String oder ein Tupel von Gleitpunkt- oder ganzen Zahlen. Ganze Zahlen werden automatisch in Gleitpunktzahlen konvertiert.

Wenn `Value` den Wert *'identity'* enthält, muss `Rows` und `Columns` gleich sein und eine Einheitsmatrix wird generiert.

Beispiel:

`Rows` = *3*, `Columns` = *3*, `Value` = *'identity'*

$$\rightarrow \quad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Wenn der Parameter `Value` einen einzelnen Wert beinhaltet, werden alle Elemente der Matrix auf diesen Wert gesetzt.

Beispiel:

`Rows` = *3*, `Columns` = *3*, `Value` = *7*

$$\rightarrow \quad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 7.0 & 7.0 & 7.0 \\ 7.0 & 7.0 & 7.0 \\ 7.0 & 7.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

Wenn Value aus so vielen Werten wie die Hauptdiagonale besteht, werden alle Hauptdiagonalelemente mit den Werten des Parameters Value besetzt (d.h., die Anzahl der Elemente in Value ist identisch).

Beispiel:

Rows = *3*, Columns = *4*, Value = *[3,7,1]*

$$\rightarrow \quad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7.0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.0 & 0 \end{bmatrix}$$

Ebenfalls ist es möglich, alle Elemente mit unterschiedlichen Werten zu besetzen. In diesem Fall müssen in dem Parameter Value alle Werte zeilenweise vorliegen, d.h. Zeile für Zeile gespeichert sein. Außerdem muss die Anzahl der in Value übergebenen Werte mit der Anzahl aller Elemente der Matrix, d.h. Rows × Columns, identisch sein.

Beispiel:

Rows = *3*, Columns = *3*, Value = *[3,1,-2,-5,7,2,-9,-4,1]*

$$\rightarrow \quad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

Es ist zu beachten, dass in den Beispielen Unterschiede in der Bedeutung der Werte in den Ausgabematrizen zu finden sind: Wenn ein Wert als ganze Zahl dargestellt ist, z.B. 0 oder 1, ist der Wert dieses Elements per Definition dieser bestimmte Wert. Wenn der Wert als Gleitpunktzahl dargestellt ist, z.B. 0.0 oder 1.0, ist der Wert von dem Operator berechnet worden.

Parameter

- ▷ **Rows** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Zeilen der Matrix.
  Default: 3
  Wertevorschläge: Rows ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 30, 50, 100}
  Restriktion: Rows >= 1
- ▷ **Columns** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Spalten der Matrix.
  Default: 3
  Wertevorschläge: Columns ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 30, 50, 100}
  Restriktion: Columns >= 1
- ▷ **Value** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Werte mit denen die Elemente der Matrix initialisiert werden.
  Default: 0
  Wertevorschläge: Value ∈ {0, 1, 'identity'}
- ▷ **MatrixID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

set_full_matrix, clear_matrix

Modul

Foundation

repeat_matrix (: : MatrixID, Rows, Columns : MatrixRepeatedID)

Wiederhole eine Matrix.

Der Operator repeat_matrix erstellt die neue Matrix MatrixRepeated und kopiert alle Elemente der Eingabematrix Matrix n mal in die neue Matrix, wobei n = Rows · Columns. Die neue Matrix hat als Dimensionen Rows × Zeilen der Eingabematrix Matrix und Columns × Spalten der Eingabematrix Matrix. Die Eingabematrix ist durch das Matrix Handle MatrixID definiert. Der Operator gibt das Matrix Handle MatrixRepeatedID der Matrix MatrixRepeated zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich.

Beispiel:

Rows = *2*, Columns = *3*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & -1.0 & -2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixRepeated} = \begin{bmatrix} 3.0 & -1.0 & -2.0 & 3.0 & -1.0 & -2.0 & 3.0 & -1.0 & -2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 & -5.0 & 7.0 & 2.0 & -5.0 & 7.0 & 2.0 \\ 3.0 & -1.0 & -2.0 & 3.0 & -1.0 & -2.0 & 3.0 & -1.0 & -2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 & -5.0 & 7.0 & 2.0 & -5.0 & 7.0 & 2.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) ..... matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **Rows** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Kopien der Matrix in Zeilenrichtung.
Default: 2
Wertevorschläge: Rows ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20}
Restriktion: Rows >= 1

▷ **Columns** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Kopien der Matrix in Spaltenrichtung.
Default: 2
Wertevorschläge: Columns ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20}
Restriktion: Columns >= 1

▷ **MatrixRepeatedID** (output_control) ..... matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der mehrfach kopierten Matrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert repeat_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Siehe auch

copy_matrix

Modul

Foundation

19.5 Merkmale

determinant_matrix (: : MatrixID, MatrixType : Value)

Berechnet die Determinante einer Matrix.

Der Operator determinant_matrix berechnet die Determinante der Eingabematrix Matrix, die durch das Matrix Handle MatrixID gegeben ist. Der Typ der Eingabematrix Matrix kann über den Parameter MatrixType gewählt werden. Die folgenden Werte stehen zur Verfügung: *'general'* für allgemeine, *'symmetric'* für symmetrische, *'positive_definite'* für symmetrisch positiv definite und *'tridiagonal'* für tridiagonale Matrizen, *'upper_triangular'* für obere, *'permuted_upper_triangular'* für permutierte obere, *'lower_triangular'* für untere und *'permuted_lower_triangular'* für permutierte untere Dreiecksmatrizen. Die Formel für die Berechnung lautet:

$$\texttt{Value} \quad = \quad \det \texttt{Matrix}.$$

Beispiel:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & 2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \quad \rightarrow \quad \texttt{Value} = -134.0$$

Achtung

Wird MatrixType = *'symmetric'*, *'positive_definite'* oder *'upper_triangular'* gewählt, so muss der obere Dreieckteil der Eingabematrix Matrix die relevante Information der Matrix beinhalten. Der exakt untere Teil der Matrix wird nicht verwendet. Wird MatrixType = *'lower_triangular'* gewählt, so muss der untere Dreieckteil der Eingabematrix Matrix die relevante Information der Matrix beinhalten. Der exakt obere Teil der Matrix wird nicht verwendet. Wird MatrixType = *'tridiagonal'* gesetzt, wird nur die Hauptdiagonale und die beiden Nebendiagonalen der Eingabematrix Matrix genutzt. Die anderen Teile der Matrix werden nicht verwendet. Wenn der verwendete Teil der Eingabematrix Matrix nicht vom spezifizierten Typ ist, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Parameter

- ▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix.
- ▷ **MatrixType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Der Matrixtyp der Eingabematrix.
  Default: 'general'
  Werteliste: MatrixType ∈ {'general', 'symmetric', 'positive_definite', 'tridiagonal', 'upper_triangular', 'permuted_upper_triangular', 'lower_triangular', 'permuted_lower_triangular'}
- ▷ **Value** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Determinante der Eingabematrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert determinant_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Literatur

David Poole: „Linear Algebra: A Modern Introduction“; Thomson; Belmont; 2006.

Gene H. Golub, Charles F. van Loan: „Matrix Computations“; The Johns Hopkins University Press; Baltimore and London; 1996.

Modul

Foundation

get_size_matrix (: : MatrixID : Rows, Columns)

Liefert die Größe einer Matrix.

Der Operator get_size_matrix gibt the Anzahl der Zeilen Rows und der Spalten Columns der Eingabematrix Matrix zurück. Die Eingabematrix Matrix wird durch das Matrix Handle MatrixID definiert.

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) ..... matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **Rows** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Zeilen der Matrix.

▷ **Columns** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Spalten der Matrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_size_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

clear_matrix

Modul

Foundation

max_matrix (: : MatrixID, MaxType : MatrixMaxID)

Gibt den elementweisen Maximalwert der Matrix zurück.

Der Operator max_matrix gibt den Maximalwert der Elemente der Eingabematrix Matrix zurück. Die Eingabematrix ist durch das Matrix Handle MatrixID definiert. Es wird eine neue Matrix MatrixMax mit dem Ergebnis generiert und das Matrix Handle MatrixMaxID dieser Matrix zurückgegeben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich.

Die Art der Maximalwertbildung der Matrix kann mittels des Parameters MaxType gewählt werden:

'columns': Die Maximalwertbildung erfolgt für jede Spalte der Matrix Matrix einzeln. Die Ergebnismatrix MatrixMax hat eine Zeile und die gleiche Anzahl an Spalten wie die Eingabematrix.

Beispiel:

MaxType = *'columns'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 8.0 & 4.0 & -3.0 \\ -6.0 & 2.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixMax} = \begin{bmatrix} 8.0 & 4.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

'rows': Die Maximalwertbildung erfolgt für jede Zeile der Matrix Matrix einzeln. Die Ergebnismatrix MatrixMax hat die gleiche Anzahl an Zeilen wie die Eingabematrix und eine Spalte.

Beispiel:

MaxType = *'rows'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 8.0 & 4.0 & -3.0 \\ -6.0 & 2.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixMax} = \begin{bmatrix} 8.0 \\ 7.0 \end{bmatrix}$$

'full': Die Maximalwertbildung erfolgt über alle Elemente der Matrix `Matrix`. Die Ergebnismatrix `MatrixMax` hat eine Zeile und eine Spalte.

Beispiel:

`MaxType` = *'full'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 8.0 & 4.0 & -3.0 \\ -6.0 & 2.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixMax} = \begin{bmatrix} 8.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

- ▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix.
- ▷ **MaxType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Art der Maximalwertbildung.
  Default: 'columns'
  Werteliste: `MaxType` ∈ {'columns', 'rows', 'full'}
- ▷ **MatrixMaxID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den Maximalwerten der Eingabematrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `max_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Siehe auch

`min_matrix`

Modul

Foundation

mean_matrix (: : MatrixID, MeanType : MatrixMeanID)

Gibt den elementweisen Mittelwert einer Matrix zurück.

Der Operator `mean_matrix` gibt den Mittelwert der Elemente der Eingabematrix `Matrix` zurück. Die Eingabematrix ist durch das Matrix Handle `MatrixID` definiert. Es wird eine neue Matrix `MatrixMean` mit dem Ergebnis generiert und das Matrix Handle `MatrixMeanID` dieser Matrix zurückgegeben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator `get_full_matrix` möglich.

Die Art der Mittelwertbildung der Matrix kann mittels des Parameters `MeanType` gewählt werden:

'columns': Die Mittelwertbildung erfolgt für jede Spalte der Matrix `Matrix` einzeln. Die Ergebnismatrix `MatrixMean` hat eine Zeile und die gleiche Anzahl an Spalten wie die Eingabematrix.

Beispiel:

`MeanType` = *'columns'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 8.0 & 4.0 & -3.0 \\ -6.0 & 2.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixMean} = \begin{bmatrix} 1.0 & 3.0 & 2.0 \end{bmatrix}$$

'rows': Die Mittelwertbildung erfolgt für jede Zeile der Matrix `Matrix` einzeln. Die Ergebnismatrix `MatrixMean` hat die gleiche Anzahl an Zeilen wie die Eingabematrix und eine Spalte.

Beispiel:

`MeanType` = *'rows'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 8.0 & 4.0 & -3.0 \\ -6.0 & 2.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixMean} = \begin{bmatrix} 3.0 \\ 1.0 \end{bmatrix}$$

'full': Die Mittelwertbildung erfolgt über alle Elemente der Matrix `Matrix`. Die Ergebnismatrix `MatrixMean` hat eine Zeile und eine Spalte.

Beispiel:

`MeanType` = *'full'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 8.0 & 4.0 & -3.0 \\ -6.0 & 2.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixMean} = \begin{bmatrix} 2.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **`MatrixID`** (input_control) ..... matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **`MeanType`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art der Mittelwertwertbildung.
Default: 'columns'
Werteliste: `MeanType` ∈ {'columns', 'rows', 'full'}

▷ **`MatrixMeanID`** (output_control) ..... matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle mit den Mittelwerten der Eingabematrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `mean_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Siehe auch

`norm_matrix`, `sum_matrix`

Modul

Foundation

min_matrix (: : MatrixID, MinType : MatrixMinID)

Gibt das elementweise Minimum einer Matrix zurück.

Der Operator min_matrix gibt das Minimum der Elemente der Eingabematrix Matrix zurück. Die Eingabematrix ist durch das Matrix Handle MatrixID definiert. Es wird eine neue Matrix MatrixMin mit dem Ergebnis generiert und das Matrix Handle MatrixMinID dieser Matrix zurückgegeben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich.

Die Art der Minimalwertbildung der Matrix kann mittels des Parameters MinType gewählt werden:

'columns': Die Minimalwertbildung erfolgt für jede Spalte der Matrix Matrix einzeln. Die Ergebnismatrix MatrixMin hat eine Zeile und die gleiche Anzahl an Spalten wie die Eingabematrix.

Beispiel:

MinType = *'columns'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 8.0 & 4.0 & -3.0 \\ -6.0 & 2.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixMin} = \begin{bmatrix} -6.0 & 2.0 & -3.0 \end{bmatrix}$$

'rows': Die Minimalwertbildung erfolgt für jede Zeile der Matrix Matrix einzeln. Die Ergebnismatrix MatrixMin hat die gleiche Anzahl an Zeilen wie die Eingabematrix und eine Spalte.

Beispiel:

MinType = *'rows'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 8.0 & 4.0 & -3.0 \\ -6.0 & 2.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

'full': Die Minimalwertbildung erfolgt über alle Elemente der Matrix Matrix. Die Ergebnismatrix MatrixMin hat eine Zeile und eine Spalte.

Beispiel:

MinType = *'full'*

$$\texttt{MatrixA} = \begin{bmatrix} 8.0 & 4.0 & -3.0 \\ -6.0 & 2.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixMin} = \begin{bmatrix} -6.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

- ▷ **MatrixID** (input_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix.
- ▷ **MinType** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der Minimalwertwertbildung.
  Default: 'columns'
  Werteliste: MinType ∈ {'columns', 'rows', 'full'}
- ▷ **MatrixMinID** (output_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den Minimalwerten der Eingabematrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert min_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Siehe auch

`max_matrix`

Modul

Foundation

norm_matrix (: : MatrixID, NormType : Value)

Normiert eine Matrix.

Der Operator `norm_matrix` berechnet die Norm der Elemente der Matrix `Matrix`, die durch das Matrix Handle `MatrixID` gegeben ist. Der Rückgabewert ist eine Gleitpunktzahl.

Der Typ der Normierung der Matrix kann über den Parameter `NormType` gewählt werden:

'frobenius-norm': Die Frobenius-Norm wird berechnet. Die Formel für die Berechnung des Rückgabewerts lautet:

$$\texttt{Value} = \sqrt{\sum_{i=0}^{m-1}\sum_{j=0}^{n-1}\texttt{Matrix}_{ij}{}^2}$$

mit m = Anzahl der Zeilen und n = Anzahl der Spalten der Matrix `Matrix`.
Beispiel:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 \\ 4.0 & -3.0 \\ -7.0 & 4.0 \end{bmatrix} \quad \rightarrow \quad \texttt{Value} = 10.0$$

'infinity-norm': Die infinity Norm wird berechnet. Das Ergebnis ist der größte Wert der Summe der absoluten Werte der Elemente der Zeilen. Die Formel für die Berechnung des Rückgabewerts lautet:

$$\texttt{Value} = \max_{i=0,m-1}\sum_{j=0}^{n-1}|\texttt{Matrix}_{ij}|$$

mit m = Anzahl der Zeilen und n = Anzahl der Spalten der Matrix `Matrix`.
Beispiel:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 \\ 4.0 & -3.0 \\ -7.0 & 4.0 \end{bmatrix} \quad \rightarrow \quad \texttt{Value} = 11.0$$

'1-norm': Die 1-Norm wird berechnet. Das Ergebnis ist der größte Wert der Summe der absoluten Werte der Elemente der Spalten. Die Formel für die Berechnung des Rückgabewerts lautet:

$$\texttt{Value} = \max_{j=0,n-1}\sum_{i=0}^{m-1}|\texttt{Matrix}_{ij}|$$

mit m = Anzahl der Zeilen und n = Anzahl der Spalten der Matrix `Matrix`.
Beispiel:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 \\ 4.0 & -3.0 \\ -7.0 & 4.0 \end{bmatrix} \quad \rightarrow \quad \texttt{Value} = 14.0$$

'2-norm': Die 2-norm wird berechnet. Das Ergebnis ist der größte Singulärwert der `Matrix`. Die Formel für die Berechnung des Rückgabewerts lautet:

$$\texttt{Value} \quad = \quad \max\left(\text{singular values}\left(\texttt{Matrix}\right)\right)$$

Beispiel:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 \\ 4.0 & -3.0 \\ -7.0 & 4.0 \end{bmatrix} \quad \rightarrow \quad \texttt{Value} = 9.7006$$

Parameter

▷ **`MatrixID`** (input_control) ..... matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **`NormType`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Typ der Norm.
Default: '2-norm'
Werteliste: `NormType` ∈ {'2-norm', '1-norm', 'infinity-norm', 'frobenius-norm'}

▷ **`Value`** (output_control) ..... real ⇝ *real*
Norm der Eingabematrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `norm_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_matrix`

Siehe auch

`sum_matrix`, `mean_matrix`

Literatur

David Poole: „Linear Algebra: A Modern Introduction"; Thomson; Belmont; 2006.

Gene H. Golub, Charles F. van Loan: „Matrix Computations"; The Johns Hopkins University Press; Baltimore and London; 1996.

Modul

Foundation

`sum_matrix` (: : `MatrixID`, `SumType` : `MatrixSumID`)

Gibt elementweise die Summen der Matrix zurück.

Der Operator `sum_matrix` berechnet die Summe der Elemente der Eingabematrix `Matrix`. Die Eingabematrix ist durch das Matrix Handle `MatrixID` definiert. Es wird eine neue Matrix `MatrixSum` mit dem Ergebnis generiert und das Matrix Handle `MatrixSumID` dieser Matrix zurückgegeben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator `get_full_matrix` möglich.

Die Art der Summierung der Matrix kann mittels des Parameters `SumType` gewählt werden:

'columns': Die Summierung erfolgt für jede Spalte der Matrix `Matrix` einzeln. Die Ergebnismatrix `MatrixSum` hat eine Zeile und die gleiche Anzahl an Spalten wie die Eingabematrix.

Beispiel:

`SumType` = *'columns'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 8.0 & 4.0 & -3.0 \\ -6.0 & 2.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixSum} = \begin{bmatrix} 2.0 & 6.0 & 4.0 \end{bmatrix}$$

'rows': Die Summierung erfolgt für jede Zeile der Matrix `Matrix` einzeln. Die Ergebnismatrix `MatrixSum` hat die gleiche Anzahl an Zeilen wie die Eingabematrix und eine Spalte.

Beispiel:

`SumType` = *'rows'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 8.0 & 4.0 & -3.0 \\ -6.0 & 2.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixSum} = \begin{bmatrix} 9.0 \\ 3.0 \end{bmatrix}$$

'full': Die Summierung erfolgt über alle Elemente der Matrix `Matrix`. Die Ergebnismatrix `MatrixSum` hat eine Zeile und eine Spalte.

Beispiel:

`SumType` = *'full'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 8.0 & 4.0 & -3.0 \\ -6.0 & 2.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixSum} = \begin{bmatrix} 12.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **`MatrixID`** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **`SumType`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Summierung.
Default: 'columns'
Werteliste: `SumType` ∈ {'columns', 'rows', 'full'}

▷ **`MatrixSumID`** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle mit den Summen der Eingabematrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `sum_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Siehe auch

`norm_matrix`

Modul

Foundation

19.6 Zerlegung

decompose_matrix (: : MatrixID, MatrixType : Matrix1ID, Matrix2ID)

Zerlegt eine Matrix.

Der Operator decompose_matrix zerlegt die quadratische Eingabematrix Matrix, die durch das Matrix Handle MatrixID gegeben ist. Die Ergebnisse werden in zwei generierten Matrizen Matrix1 und Matrix2 gespeichert und deren Matrix Handles Matrix1ID und Matrix2ID werden zurückgegeben. Zugriff auf die Elemente der Matrizen ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich.

Der Typ der Eingabematrix Matrix kann über den Parameter MatrixType gewählt werden. Die folgenden Werte stehen zur Verfügung: *'general'* für allgemeine, *'symmetric'* für symmetrische, *'positive_definite'* für symmetrisch positiv definite und *'tridiagonal'* für tridiagonale Matrizen.

Wenn MatrixType = *'general'* oder *'tridiagonal'* gewählt ist, wird eine LU Zerlegung (Lower/Upper) der Form

$$\mathtt{Matrix} \quad = \quad \mathtt{Matrix1} \quad \cdot \quad \mathtt{Matrix2}.$$

vorgenommen. Die Ausgabematrix Matrix1 ist eine untere Dreiecksmatrix mit Einheitsdiagonalelementen, deren Zeilen vertauscht sind. Die Ausgabematrix Matrix2 ist eine obere Dreiecksmatrix.

Beispiel für die Zerlegung einer allgemeinen Matrix:

$$\mathtt{Matrix} = \begin{bmatrix} 5.0 & -3.0 & 1.0 \\ 0.0 & 2.0 & -1.0 \\ -5.0 & -1.0 & 5.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \mathtt{Matrix1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0.0 & -0.5 & 1 \\ -1.0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \qquad \mathtt{Matrix2} = \begin{bmatrix} 5.0 & -3.0 & 1.0 \\ 0 & -4.0 & 6.0 \\ 0 & 0 & 2.0 \end{bmatrix}$$

Beispiel für die Zerlegung einer tridiagonalen Matrix:

$$\mathtt{Matrix} = \begin{bmatrix} -8.0 & -8.0 & 0.0 & 0.0 \\ -8.0 & 6.0 & -4.0 & 0.0 \\ 0.0 & 7.0 & -2.0 & 7.0 \\ 0.0 & 0.0 & 5.0 & -3.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \mathtt{Matrix1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1.0 & 1 & 0 & 0 \\ 0.0 & 0.5 & 0.0 & 1 \\ 0.0 & 0.0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \qquad \mathtt{Matrix2} = \begin{bmatrix} -8.0 & -8.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0 & 14.0 & -4.0 & 0.0 \\ 0 & 0 & 5.0 & -3.0 \\ 0 & 0 & 0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

Ist MatrixType = *'symmetric'* gesetzt, wird eine UDU^T Zerlegung (Upper/Diagonal/Upper) verwendet. Sie hat die Form

$$\mathtt{Matrix} \quad = \quad \mathtt{Matrix1} \quad \cdot \quad \mathtt{Matrix2} \quad \cdot \quad \mathtt{Matrix1}^T.$$

Hierbei ist die Ausgabematrix Matrix1 eine obere Dreiecksmatrix, deren Zeilen vertauscht sind. Die Ausgabematrix Matrix2 ist eine symmetrische Blockdiagonalmatrix mit 1×1 und 2×2 Blöcken auf der Hauptdiagonalen.

Beispiel für die Zerlegung einer symmetrischen Matrix:

$$\mathtt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & -2.0 & 7.0 & -1.0 \\ -2.0 & -2.0 & 4.0 & 0.0 \\ 7.0 & 4.0 & 8.0 & 1.0 \\ -1.0 & 0.0 & 1.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{Matrix1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0.0 \\ 0 & 1 & 0.0 & 2.0 \\ 1 & -1.0 & -1.0 & -10.0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \texttt{Matrix2} = \begin{bmatrix} 27.0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2.0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3.0 & -1.0 \\ 0 & 0 & -1.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

Eine Cholesky Zerlegung wird berechnet, wenn `MatrixType` = *'positive_definite'* gesetzt ist. Die Zerlegung hat die Form

$$\texttt{Matrix} \quad = \quad \texttt{Matrix1} \quad \cdot \quad \texttt{Matrix2}.$$

wobei die Ausgabematrix `Matrix1` eine untere Dreiecksmatrix und Ausgabematrix `Matrix2` eine obere Dreiecksmatrix ist. Außerdem ist die Matrix `Matrix2` die Transponierte der Matrix `Matrix1`.

Beispiel für die Zerlegung einer positiv definiten Matrix:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 9.0 & 12.0 & -6.0 \\ 12.0 & 17.0 & -7.0 \\ -6.0 & -7.0 & 14.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{Matrix1} = \begin{bmatrix} 3.0 & 0 & 0 \\ 4.0 & 1.0 & 0 \\ -2.0 & 1.0 & 3.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{Matrix2} = \begin{bmatrix} 3.0 & 4.0 & -2.0 \\ 0 & 1.0 & 1.0 \\ 0 & 0 & 3.0 \end{bmatrix}$$

Es ist zu beachten, dass in den Beispielen Unterschiede in der Bedeutung der Werte in den Ausgabematrizen zu finden sind: Wenn ein Wert als ganze Zahl dargestellt ist, z.B. 0 oder 1, ist der Wert dieses Elements per Definition dieser bestimmte Wert. Wenn der Wert als Gleitpunktzahl dargestellt ist, z.B. 0.0 oder 1.0, ist der Wert von dem Operator berechnet worden.

Achtung

Wird `MatrixType` = *'symmetric'* oder *'positive_definite'* gewählt, so muss der obere Dreiecksteil der Eingabematrix `Matrix` die relevante Information der Matrix beinhalten. Der exakt untere Teil der Matrix wird nicht verwendet. Wird `MatrixType` = *'tridiagonal'* gesetzt, wird nur die Hauptdiagonale und die beiden Nebendiagonalen der Eingabematrix `Matrix` genutzt. Die anderen Teile der Matrix werden nicht verwendet. Wenn der verwendete Teil der Eingabematrix `Matrix` nicht vom spezifizierten Typ ist, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Parameter

- ▷ **`MatrixID`** (input_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix.
- ▷ **`MatrixType`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Matrixtyp der Eingabematrix.
  Default: 'general'
  Werteliste: `MatrixType` ∈ {'general', 'symmetric', 'positive_definite', 'tridiagonal'}
- ▷ **`Matrix1ID`** (output_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit der Ausgabematrix 1.
- ▷ **`Matrix2ID`** (output_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit der Ausgabematrix 2.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `decompose_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Alternativen

orthogonal_decompose_matrix, solve_matrix

Literatur

David Poole: „Linear Algebra: A Modern Introduction“; Thomson; Belmont; 2006.

Gene H. Golub, Charles F. van Loan: „Matrix Computations“; The Johns Hopkins University Press; Baltimore and London; 1996.

Modul

Foundation

orthogonal_decompose_matrix (: : MatrixID, DecompositionType, OutputMatricesType, ComputeOrthogonal : MatrixOrthogonalID, MatrixTriangularID)

Führt eine orthogonale Zerlegung einer Matrix durch.

Der Operator orthogonal_decompose_matrix zerlegt die Matrix Matrix, die durch das Matrix Handle MatrixID gegeben ist. Es werden die Matrizen MatrixOrthogonal und MatrixTriangular generiert und die Ergebnisse in diesen gespeichert. Der Operator gibt die Matrix Handles MatrixOrthogonalID und MatrixTriangularID dieser zwei Matrizen zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrizen ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich.

Alle Ergebnisse der Zerlegung werden in den Matrizen MatrixOrthogonal und MatrixTriangular gespeichert, wenn der Parameter OutputMatricesType = *'full'* ist. Ist OutputMatricesType = *'reduced'*, wird nur ein Teil der Ergebniselemente in den Matrizen MatrixOrthogonal und MatrixTriangular gespeichert. Die Dimension dieser Matrizen ist kleiner als für OutputMatricesType = *'full'*.

Beide Ausgabematrizen werden mit dem Parameter ComputeOrthogonal = *'true'* berechnet. Für ComputeOrthogonal = *'false'* wird nur die Matrix MatrixTriangular berechnet. Die Laufzeit ist daher kürzer.

Der Zerlegungstyp der Matrix wird über den Parameter DecompositionType gewählt. Für DecompositionType = *'qr'* wird eine QR Zerlegung (Quadratic/Right) oder für DecompositionType = *'ql'* wird eine QL Zerlegung (Quadratic/Left) berechnet. Die Zerlegung wird beschrieben als

$$\mathtt{Matrix} = \mathtt{MatrixOrthogonal} \cdot \mathtt{MatrixTriangular}.$$

Beispiel:

DecompositionType = *'qr'*, OutputMatricesType = *'full'*

$$\mathtt{Matrix} = \begin{bmatrix} 6.0 & -3.0 & 4.0 \\ 5.0 & 5.0 & -2.0 \\ -3.0 & 12.0 & 5.0 \\ 3.0 & 4.0 & 7.0 \\ 7.0 & 5.0 & 3.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \mathtt{MatrixOrthogonal} = \begin{bmatrix} -0.5303 & 0.2613 & -0.4277 & -0.5566 & -0.3972 \\ -0.4419 & -0.2920 & -0.6383 & 0.1727 & -0.5312 \\ 0.2652 & -0.8443 & -0.2059 & -0.3961 & -0.1326 \\ -0.2652 & -0.2432 & -0.6008 & 0.7000 & -0.1400 \\ -0.6187 & -0.2729 & 0.0799 & -0.1160 & 0.7231 \end{bmatrix}$$

$$\mathtt{MatrixTriangular} = \begin{bmatrix} -11.3137 & -1.5910 & -3.6239 \\ 0 & -14.7129 & -5.1135 \\ 0 & 0 & -7.9824 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Beispiel:

DecompositionType = *'qr'*, OutputMatricesType = *'reduced'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 6.0 & -3.0 & 4.0 \\ 5.0 & 5.0 & -2.0 \\ -3.0 & 12.0 & 5.0 \\ 3.0 & 4.0 & 7.0 \\ 7.0 & 5.0 & 3.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixOrthogonal} = \begin{bmatrix} -0.5303 & 0.2613 & -0.4277 \\ -0.4419 & -0.2920 & -0.6383 \\ 0.2652 & -0.8443 & -0.2059 \\ -0.2652 & -0.2432 & -0.6008 \\ -0.6187 & -0.2729 & 0.0799 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{MatrixTriangular} = \begin{bmatrix} -11.3137 & -1.5910 & -3.6239 \\ 0 & -14.7129 & -5.1135 \\ 0 & 0 & -7.9824 \end{bmatrix}$$

Beispiel:

DecompositionType = *'ql'*, OutputMatricesType = *'full'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 6.0 & -3.0 & 4.0 \\ 5.0 & 5.0 & -2.0 \\ -3.0 & 12.0 & 5.0 \\ 3.0 & 4.0 & 7.0 \\ 7.0 & 5.0 & 3.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixOrthogonal} = \begin{bmatrix} 0.6806 & 0.0657 & 0.3659 & -0.4932 & -0.3941 \\ 0.1161 & 0.5464 & 0.6091 & 0.5274 & 0.1971 \\ 0.4093 & -0.0832 & -0.4046 & 0.6474 & -0.4927 \\ -0.5362 & 0.4713 & 0.0072 & -0.1208 & -0.6897 \\ -0.2611 & -0.6842 & 0.5757 & 0.2119 & -0.2956 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{MatrixTriangular} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 10.5059 & 0 & 0 \\ -1.1429 & 12.4620 & 0 \\ -4.0399 & -7.9812 & -10.1489 \end{bmatrix}$$

Beispiel:

DecompositionType = *'ql'*, OutputMatricesType = *'reduced'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 6.0 & -3.0 & 4.0 \\ 5.0 & 5.0 & -2.0 \\ -3.0 & 12.0 & 5.0 \\ 3.0 & 4.0 & 7.0 \\ 7.0 & 5.0 & 3.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixOrthogonal} = \begin{bmatrix} 0.3659 & -0.4932 & -0.3941 \\ 0.6091 & 0.5274 & 0.1971 \\ -0.4046 & 0.6474 & -0.4927 \\ 0.0072 & -0.1208 & -0.6897 \\ 0.5757 & 0.2119 & -0.2956 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{MatrixTriangular} = \begin{bmatrix} 10.5059 & 0 & 0 \\ -1.1429 & 12.4620 & 0 \\ -4.0399 & -7.9812 & -10.1489 \end{bmatrix}$$

Für DecompositionType = *'rq'* wird eine RQ Zerlegung (Right/Quadratic) oder für DecompositionType = *'lq'* wird eine LQ Zerlegung (Left/Quadratic) berechnet. Die Zerlegung wird beschrieben als

$$\texttt{Matrix} \;=\; \texttt{MatrixTriangular} \cdot \texttt{MatrixOrthogonal}.$$

Beispiel:

DecompositionType = *'rq'*, OutputMatricesType = *'full'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 6.0 & 5.0 & -3.0 & 3.0 & 7.0 \\ -3.0 & 5.0 & 12.0 & 4.0 & 5.0 \\ 4.0 & -2.0 & 5.0 & 7.0 & 3.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixOrthogonal} = \begin{bmatrix} 0.6806 & 0.1161 & 0.4093 & -0.5362 & -0.2611 \\ 0.0657 & 0.5464 & -0.0832 & 0.4713 & -0.6842 \\ 0.3659 & 0.6091 & -0.4046 & 0.0072 & 0.5757 \\ -0.4932 & 0.5274 & 0.6474 & -0.1208 & 0.2119 \\ -0.3941 & 0.1971 & -0.4927 & -0.6897 & -0.2956 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{MatrixTriangular} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 10.5059 & -1.1429 & -4.0399 \\ 0 & 0 & 0 & 12.4620 & -7.9812 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -10.1489 \end{bmatrix}$$

Beispiel:

DecompositionType = *'rq'*, OutputMatricesType = *'reduced'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 6.0 & 5.0 & -3.0 & 3.0 & 7.0 \\ -3.0 & 5.0 & 12.0 & 4.0 & 5.0 \\ 4.0 & -2.0 & 5.0 & 7.0 & 3.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixOrthogonal} = \begin{bmatrix} 0.3659 & 0.6091 & -0.4046 & 0.0072 & 0.5757 \\ -0.4932 & 0.5274 & 0.6474 & -0.1208 & 0.2119 \\ -0.3941 & 0.1971 & -0.4927 & -0.6897 & -0.2956 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{MatrixTriangular} = \begin{bmatrix} 10.5059 & -1.1429 & -4.0399 \\ 0 & 12.4620 & -7.9812 \\ 0 & 0 & -10.1489 \end{bmatrix}$$

Beispiel:

DecompositionType = *'lq'*, OutputMatricesType = *'full'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 6.0 & 5.0 & -3.0 & 3.0 & 7.0 \\ -3.0 & 5.0 & 12.0 & 4.0 & 5.0 \\ 4.0 & -2.0 & 5.0 & 7.0 & 3.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixOrthogonal} = \begin{bmatrix} -0.5303 & -0.4419 & 0.2652 & -0.2652 & -0.6187 \\ 0.2613 & -0.2920 & -0.8443 & -0.2432 & -0.2729 \\ -0.4277 & 0.6383 & -0.2059 & -0.6008 & 0.0799 \\ -0.5566 & 0.1727 & -0.3961 & 0.7000 & -0.1160 \\ -0.3972 & -0.5312 & -0.1326 & -0.1400 & 0.7231 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{MatrixTriangular} = \begin{bmatrix} -11.3137 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1.5910 & -14.7129 & 0 & 0 & 0 \\ -3.6239 & -5.1135 & -7.9824 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Beispiel:

DecompositionType = *'lq'*, OutputMatricesType = *'reduced'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 6.0 & 5.0 & -3.0 & 3.0 & 7.0 \\ -3.0 & 5.0 & 12.0 & 4.0 & 5.0 \\ 4.0 & -2.0 & 5.0 & 7.0 & 3.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixOrthogonal} = \begin{bmatrix} -0.5303 & -0.4419 & 0.2652 & -0.2652 & -0.6187 \\ 0.2613 & -0.2920 & -0.8443 & -0.2432 & -0.2729 \\ -0.4277 & 0.6383 & -0.2059 & -0.6008 & 0.0799 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{MatrixTriangular} = \begin{bmatrix} -11.3137 & 0 & 0 \\ -1.5910 & -14.7129 & 0 \\ -3.6239 & -5.1135 & -7.9824 \end{bmatrix}$$

Es ist zu beachten, dass in den Beispielen Unterschiede in der Bedeutung der Werte in den Ausgabematrizen zu finden sind: Die Ergebnisse der Elemente sind per Definition ein bestimmter Wert, wenn dieser als ganze Zahl dargestellt ist, z.B. 0 oder 1. Der Wert ist berechnet, wenn er als Gleitpunktzahl dargestellt ist, z.B. 0.0 oder 1.0.

Parameter

- ▷ **MatrixID** (input_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix.
- ▷ **DecompositionType** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Zerlegungsmethode.
  Default: 'qr'
  Werteliste: `DecompositionType` ∈ {'qr', 'rq', 'ql', 'lq'}
- ▷ **OutputMatricesType** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Typ der Ausgabematrizen.
  Default: 'full'
  Werteliste: `OutputMatricesType` ∈ {'full', 'reduced'}
- ▷ **ComputeOrthogonal** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Berechnung der orthogonalen Matrix.
  Default: 'true'
  Werteliste: `ComputeOrthogonal` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **MatrixOrthogonalID** (output_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit dem orthogonalen Teil der zerlegten Eingabematrix.
- ▷ **MatrixTriangularID** (output_control) ..... matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit dem triangulären Teil der zerlegten Eingabematrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `orthogonal_decompose_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Siehe auch

`decompose_matrix`, `solve_matrix`

Literatur

David Poole: „Linear Algebra: A Modern Introduction“; Thomson; Belmont; 2006.

Gene H. Golub, Charles F. van Loan: „Matrix Computations“; The Johns Hopkins University Press; Baltimore and London; 1996.

Modul

Foundation

svd_matrix (: : MatrixID, SVDType, ComputeSingularVectors : MatrixUID, MatrixSID, MatrixVID)

Berechnet die Singulärwertzerlegung einer Matrix.

Der Operator svd_matrix berechnet die volle oder reduzierte Singulärwertzerlegung (SVD) der Matrix Matrix, die durch das Matrix Handle MatrixID gegeben ist. Der Operator gibt das Matrix Handle MatrixSID der Matrix MatrixS mit den Singulärwerten in absteigender Reihenfolge zurück. Optional werden die Matrizen MatrixU mit den linken und MatrixV mit den rechten Singulärvektoren ebenfalls berechnet und deren Matrix Handles MatrixUID und MatrixVID zurückgegeben. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich. Die SVD hat die Form

$$\mathtt{Matrix} = \mathtt{MatrixU} \cdot \mathtt{MatrixS} \cdot \mathtt{MatrixV}^T.$$

Ist SVDType = *'full'* gesetzt, wird eine volle SVD berechnet.

Beispiel:

SVDType = *'full'*, ComputeSingularVectors = *'both'*

$$\mathtt{Matrix} = \begin{bmatrix} 6.0 & -5.0 \\ 10.0 & 4.0 \\ -3.0 & 5.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \mathtt{MatrixU} = \begin{bmatrix} -0.5228 & 0.5691 & 0.6346 \\ -0.8070 & -0.5702 & -0.1535 \\ 0.2745 & -0.5924 & 0.7574 \end{bmatrix}$$

$$\mathtt{MatrixS} = \begin{bmatrix} 12.0547 & 0 \\ 0 & 8.1046 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathtt{MatrixV} = \begin{bmatrix} -0.9980 & -0.0629 \\ 0.0629 & -0.9980 \end{bmatrix}$$

Ist SVDType = *'reduced'* gesetzt, wird eine reduzierte SVD berechnet.

Beispiel:

SVDType = *'reduced'*, ComputeSingularVectors = *'both'*

$$\mathtt{Matrix} = \begin{bmatrix} 6.0 & -5.0 \\ 10.0 & 4.0 \\ -3.0 & 5.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \mathtt{MatrixU} = \begin{bmatrix} -0.5228 & 0.5691 \\ -0.8070 & -0.5702 \\ 0.2745 & -0.5924 \end{bmatrix}$$

$$\mathtt{MatrixS} = \begin{bmatrix} 12.0547 & 0 \\ 0 & 8.1046 \end{bmatrix}$$

$$\mathtt{MatrixV} = \begin{bmatrix} -0.9980 & -0.0629 \\ 0.0629 & -0.9980 \end{bmatrix}$$

Die Matrix MatrixU mit den linken Singulärvektoren wird berechnet, wenn ComputeSingularVectors = *'left'* gesetzt ist. Die Matrix MatrixV mit den rechten Singulärvektoren wird berechnet, wenn ComputeSingularVectors = *'right'* gesetzt ist. Die Matrizen mit den linken und rechten Singulärvektoren werden berechnet, wenn ComputeSingularVectors = *'both'* gesetzt ist.

Wenn ComputeSingularVectors = *'none'* gesetzt ist, werden keine Matrizen mit den Singulärvektoren berechnet. Die Matrix MatrixS ist eine Matrix mit n Zeilen und einer Spalte, wobei n = min(Anzahl der Zeilen der Eingabematrix Matrix, Anzahl der Spalten der Eingabematrix Matrix).

Beispiel:

SVDType = *'reduced'* oder *'full'*, ComputeSingularVectors = *'none'*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 6.0 & -5.0 \\ 10.0 & 4.0 \\ -3.0 & 5.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{MatrixS} = \begin{bmatrix} 12.0547 \\ 8.1046 \end{bmatrix}$$

Es ist zu beachten, dass in den Beispielen Unterschiede in der Bedeutung der Werte in den Ausgabematrizen zu finden sind: Wenn ein Wert als ganze Zahl dargestellt ist, z.B. 0 oder 1, ist der Wert dieses Elements per Definition dieser bestimmte Wert. Wenn der Wert als Gleitpunktzahl dargestellt ist, z.B. 0.0 oder 1.0, ist der Wert von dem Operator berechnet worden.

Parameter

- ▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix.
- ▷ **SVDType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Berechnungstyp.
  Default: 'full'
  Werteliste: SVDType ∈ {'full', 'reduced'}
- ▷ **ComputeSingularVectors** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Berechnung der Singulärwerte.
  Default: 'both'
  Werteliste: ComputeSingularVectors ∈ {'none', 'left', 'right', 'both'}
- ▷ **MatrixUID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den linken Singulärvektoren.
- ▷ **MatrixSID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den Singulärwerten.
- ▷ **MatrixVID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle mit den rechten Singulärvektoren.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert svd_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Literatur

David Poole: „Linear Algebra: A Modern Introduction“; Thomson; Belmont; 2006.

Gene H. Golub, Charles F. van Loan: „Matrix Computations“; The Johns Hopkins University Press; Baltimore and London; 1996.

Modul

Foundation

19.7 Zugriff

get_diagonal_matrix (: : MatrixID, Diagonal : VectorID)

Gibt die Diagonalelemente einer Matrix zurück.

Der Operator get_diagonal_matrix generiert eine neue Matrix Vector und kopiert die Diagonalelemente der Matrix Matrix in diese neue Matrix. Gegeben ist die Matrix Matrix durch das Matrix Handle MatrixID. Die Matrix Vector hat eine Spalte und n Zeilen mit n = Anzahl der Diagonalelemente. Der Operator gibt das Matrix Handle VectorID der Matrix Vector zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator get_full_matrix möglich.

Wenn Diagonal = 0, wird in den Vector die Hauptdiagonale der Matrix kopiert.

Beispiel:

Diagonal = *0*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \texttt{Vector} = \begin{bmatrix} 3.0 \\ 7.0 \\ 1.0 \end{bmatrix}$$

Die obere Diagonal-te Nebendiagonale der Eingabematrix Matrix wird kopiert, wenn Diagonal eine positive Zahl ist.

Beispiel:

Diagonal = *2*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 & 1.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 & 6.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 & -1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{Vector} = \begin{bmatrix} -2.0 \\ 6.0 \end{bmatrix}$$

Die untere Diagonal-te Nebendiagonale der Eingabematrix Matrix wird kopiert, wenn Diagonal eine negative Zahl ist.

Beispiel:

Diagonal = *-1*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 & 1.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 & 6.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 & -1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{Vector} = \begin{bmatrix} -5.0 \\ -4.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **Diagonal** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Nummer der gewünschten Diagonale.
Default: 0
Wertevorschläge: Diagonal ∈ {-20, -10, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}

▷ **VectorID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle mit den Diagonalelementen.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_diagonal_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Siehe auch

set_diagonal_matrix

Modul

Foundation

get_full_matrix (: : MatrixID : Values)

Gibt alle Werte einer Matrix zurück.

Der Operator get_full_matrix gibt die Werte aller Elemente der Matrix, die durch das Matrix Handle MatrixID gegeben ist, zurück. Der Ausgabeparameter Values ist ein Tupel von Gleitpunktzahlen und beinhaltet alle Werte zeilenweise, d.h. Zeile für Zeile.

Beispiel:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 \end{bmatrix} \quad \rightarrow \quad \texttt{Values} = [3.0, 1.0, -2.0, -5.0, 7.0, 2.0, -9.0, -4.0, 1.0]$$

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **Values** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Werte der Matrixelemente.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_full_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`clear_matrix`

Siehe auch

`set_full_matrix`

Modul

Foundation

get_sub_matrix (: : MatrixID, Row, Column, RowsSub, ColumnsSub : MatrixSubID)

Gibt einen Teil einer Matrix zurück.

Der Operator `get_sub_matrix` generiert eine neue Matrix `MatrixSub` und kopiert in diese einen Teil der Eingabematrix `Matrix`, die durch das Matrix Handle `MatrixID` gegeben ist. Der Teil der Matrix `Matrix` wird durch die obere linke Ecke (`Row`,`Column`) und die Dimension der Teilmatrix (`RowsSub`,`ColumnsSub`) festgelegt. Der Operator gibt das Matrix Handle `MatrixSubID` der Matrix `MatrixSub` zurück. Zugriff auf die Elemente der Matrix ist z.B. mit dem Operator `get_full_matrix` möglich.

Beispiel:

`Row` = *0*, `Column` = *1*, `RowsSub` = *3*, `ColumnsSub` = *2*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 & 1.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 & 6.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 & -1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{MatrixSub} = \begin{bmatrix} 1.0 & -2.0 \\ 7.0 & 2.0 \\ -4.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

Achtung

Es müssen die Bedingungen $0 \leq$ `Row` $<$ Größe der Matrix `Matrix` in Zeilenrichtung, `Row` $+$ `RowsSub` $\leq$ Größe der Matrix `Matrix` in Zeilenrichtung, $0 \leq$ `Column` $<$ Größe der Matrix `Matrix` in Spaltenrichtung und `Column` $+$ `ColumnsSub` $\leq$ Größe der Matrix `Matrix` in Spaltenrichtung erfüllt sein.

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **Row** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Obere Zeilenposition der Teilmatrix in der Eingabematrix.
Default: 0
Wertevorschläge: `Row` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 30, 50, 100}
Restriktion: Row >= 0

▷ **Column** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Linke Spaltenposition der Teilmatrix in der Eingabematrix.
Default: 0
Wertevorschläge: `Column` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 30, 50, 100}
Restriktion: Column >= 0

▷ **RowsSub** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Zeilen der Teilmatrix.
Default: 1
Wertevorschläge: `RowsSub` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 30, 50, 100}
Restriktion: RowsSub >= 1

▷ **ColumnsSub** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Spalten der Teilmatrix.
Default: 1
Wertevorschläge: ColumnsSub ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 30, 50, 100}
Restriktion: ColumnsSub >= 1

▷ **MatrixSubID** (output_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Teilmatrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_sub_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

get_full_matrix, get_value_matrix

Siehe auch

set_sub_matrix

Modul

Foundation

get_value_matrix (: : MatrixID, Row, Column : Value)

Gibt eines oder mehrere Elemente einer Matrix zurück.

Der Operator get_value_matrix gibt die Werte eines oder mehrerer Elemente der Matrix Matrix in einem Tupel von Gleitpunktzahlen zurück. Die Matrix Matrix ist durch das Matrix Handle MatrixID gegeben. Die Zeilenkoordinaten der Elemente der Matrix Matrix sind im Tupel Row und die Spaltenkoordinaten im Tupel Column festgelegt.

Beispiel:

Row = *[0,2,1]*, Column = *[1,0,3]*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 & 1.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 & 6.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 & -1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{Value} = [1.0, -9.0, 6.0]$$

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **Row** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Zeilennummern der zurückzugebenden Elemente der Matrix.
Default: 0
Wertevorschläge: Row ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 30, 50, 100}
Restriktion: Row >= 0

▷ **Column** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Spaltennummern der zurückzugebenden Elemente der Matrix.
Default: 0
Wertevorschläge: Column ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 30, 50, 100}
Restriktion: Column >= 0

▷ **Value** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Werte der angegebenen Matrixelemente.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_value_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

clear_matrix

Siehe auch

set_value_matrix

Modul

Foundation

set_diagonal_matrix (: : MatrixID, VectorID, Diagonal :)

Setzt die Diagonalelemente einer Matrix.

Der Operator set_diagonal_matrix *überschreibt* die Diagonalelemente der Matrix Matrix mit den Elementen der Matrix Vector. Die Matrizen sind durch ihre Matrix Handles MatrixID und VectorID gegeben. Die Matrix Vector muss eine Spalte und eine Zeile, n Spalten und eine Zeile oder eine Spalte und n Zeilen haben. n ist die Anzahl der Elemente, die in der Matrix Matrix gesetzt werden (siehe unten). Wenn die Matrix Vector eine Spalte und eine Zeile hat, d.h. die Matrix nur einen Wert hat, so wird jedes Diagonalelement der Matrix Matrix mit diesem Wert überschrieben. Andernfalls wird die Diagonale mit den Elementen der Matrix Vector überschrieben.

Wenn Diagonal = 0, wird die Hauptdiagonale der Matrix Matrix überschrieben. Die Anzahl n = min(Anzahl der Zeilen der Matrix Matrix, Anzahl der Spalten der Matrix Matrix).

Beispiel 1:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{Vector} = \begin{bmatrix} 3.0 & 7.0 & 1.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{Diagonal} = 0$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 7.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

Beispiel 2:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{Vector} = \begin{bmatrix} 3.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{Diagonal} = 0$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 3.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 3.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

Die obere Diagonal-te Nebendiagonale der Matrix wird überschrieben, wenn Diagonal eine positive Zahl beinhaltet. Für das Beispiel 1 ist die Anzahl n = min(Anzahl der Zeilen der Matrix Matrix, Parameter Diagonal). Für das Beispiel 2 ist die Anzahl n = min(Anzahl der Zeilen der Matrix Matrix, Anzahl der Spalten der Matrix Matrix).

Beispiel 1:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{Vector} = \begin{bmatrix} -2.0 & 6.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{Diagonal} = 2$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 & -2.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 6.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

Beispiel 2:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{Vector} = \begin{bmatrix} -2.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{Diagonal} = 2$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 & -2.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & -2.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

Die untere Diagonal-te Nebendiagonale der Matrix wird überschrieben, wenn Diagonal eine negative Zahl beinhaltet. Für das Beispiel 1 ist die Anzahl n = min(Anzahl der Spalten der Matrix Matrix, Parameter Diagonal). Für das Beispiel 2 ist die Anzahl n = min(Anzahl der Zeilen der Matrix Matrix, Anzahl der Spalten der Matrix Matrix).

Beispiel 1:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{Vector} = \begin{bmatrix} -5.0 & -4.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{Diagonal} = -1$$

$$\rightarrow \quad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ -5.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & -4.0 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

Beispiel 2:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{Vector} = \begin{bmatrix} -5.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{Diagonal} = -1$$

$$\rightarrow \quad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ -5.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & -5.0 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

- ▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix.
- ▷ **VectorID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle, welches die Diagonalelemente enthält, die gesetzt werden sollen.
- ▷ **Diagonal** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Position der Diagonale.
  Default: 0
  Wertevorschläge: `Diagonal` ∈ {-20, -10, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_diagonal_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MatrixID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Siehe auch

`get_diagonal_matrix`

Modul

Foundation

set_full_matrix (: : MatrixID, Values :)

Setzt alle Werte einer Matrix.

Der Operator set_full_matrix *setzt* alle Werte der Eingangsmatrix Matrix, die durch das Matrix Handle MatrixID gegeben ist. Der Parameter Values ist hierbei ein Tupel von Gleitpunkt- bzw. ganzen Zahlen, welches die Werte enthält, die den Elementen der Matrix Matrix zugewiesen werden. Ganzen Zahlen werden automatisch in Gleitpunktzahlen konvertiert. In dem Parameter Values müssen alle Werte zeilenweise vorliegen, d.h. Zeile für Zeile gespeichert sein. Außerdem muss die Anzahl der in Values übergebenen Werte 1 oder mit der Anzahl aller Elemente der Matrix identisch sein.

Bemerkung: Mit dem Operator create_matrix kann das gleiche Ergebnis erzielt werden. Der Vorteil bei der Nutzung des Operators set_full_matrix liegt darin, dass eine nicht länger benötigte Matrix wiederverwendet werden kann. Dadurch verkürzt sich die Laufzeit der Operation.

Beispiel 1:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{Values} = [3, 1, -2, -5, 7, 2, -9, -4, 1]$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

Beispiel 2:

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{Values} = [7]$$

$$\rightarrow \qquad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 7.0 & 7.0 & 7.0 \\ 7.0 & 7.0 & 7.0 \\ 7.0 & 7.0 & 7.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **Values** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
Zu setzende Werte der Matrixelemente.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert set_full_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MatrixID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_matrix

Nachfolger

clear_matrix

Siehe auch

get_full_matrix

Modul

Foundation

set_sub_matrix (: : MatrixID, MatrixSubID, Row, Column :)

Setzt eine Teilmatrix in einer Matrix.

Der Operator set_sub_matrix *überschreibt* einen Teil der Matrix Matrix mit der Matrix MatrixSub. Die Eingabematrizen sind durch die Matrix Handles MatrixID und MatrixSubID gegeben. Die Parameter Row und Column legen die Position der oberen linken Ecke der Teilmatrix MatrixSub in der Matrix Matrix fest.

Beispiel:

Row = *0*, Column = *1*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 0.0 & 9.0 & 1.0 \\ -5.0 & 3.0 & 1.0 & 6.0 \\ -9.0 & 0.0 & 1.0 & -1.0 \end{bmatrix} \qquad \texttt{MatrixSub} = \begin{bmatrix} 1.0 & -2.0 \\ 7.0 & 2.0 \\ -4.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 & 1.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 & 6.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 & -1.0 \end{bmatrix}$$

Achtung

Es müssen die Bedingungen $0 \leq$ Row $<$ Größe der Matrix Matrix in Zeilenrichtung, Row $+$ Größe der Matrix MatrixSub in Zeilenrichtung $\leq$ Größe der Matrix Matrix in Zeilenrichtung, $0 \leq$ Column $<$ Größe der in Spaltenrichtung und Column $+$ Größe der Matrix MatrixSub in Spaltenrichtung $\leq$ Größe der Matrix Matrix in Spaltenrichtung erfüllt sein.

Parameter

▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabematrix.

▷ **MatrixSubID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
Matrix Handle der Eingabeteilmatrix.

▷ **Row** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Obere Zeilenposition der Teilmatrix in der Matrix.
Default: 0
Wertevorschläge: Row ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 30, 50, 100}
Restriktion: Row >= 0

▷ **Column** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Linke Spaltenposition der Teilmatrix in der Matrix.
Default: 0
Wertevorschläge: Column ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 30, 50, 100}
Restriktion: Column >= 0

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert set_sub_matrix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MatrixID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`get_full_matrix`, `get_value_matrix`

Siehe auch

`get_sub_matrix`

Modul

Foundation

set_value_matrix (: : MatrixID, Row, Column, Value :)

Setzt eines oder mehrere Elemente einer Matrix.

Der Operator `set_value_matrix` *setzt* die Werte der Elemente der Eingangsmatrix `Matrix` an den Positionen (`Row`,`Column`). Die Werte sind in dem Tupel `Value` gegeben und können Gleitpunkt- bzw. ganze Zahlen sein. Ganze Zahlen werden automatisch in Gleitpunktzahlen konvertiert. Die Anzahl der Werte in `Value` muss mit der Anzahl der Elemente von `Row` und `Column` übereinstimmen. Außerdem muss die Bedingung $0 \leq$ `Row` $<$ Größe der `Matrix` in Zeilenrichtung und $0 \leq$ `Column` $<$ Größe der `Matrix` in Spaltenrichtung erfüllt sein. Die Matrix `Matrix` ist durch das Matrix Handle `MatrixID` definiert.

Beispiel:

`Row` = *[0,2,1]*, `Column` = *[1,0,3]*, `Value` = *[1,-9,6]*

$$\texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 0.0 & -2.0 & 1.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 & -2.0 \\ 8.0 & -4.0 & 1.0 & -1.0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow \quad \texttt{Matrix} = \begin{bmatrix} 3.0 & 1.0 & -2.0 & 1.0 \\ -5.0 & 7.0 & 2.0 & 6.0 \\ -9.0 & -4.0 & 1.0 & -1.0 \end{bmatrix}$$

Parameter

- ▷ **MatrixID** (input_control) . . . . . matrix ⇝ *handle*
  Matrix Handle der Eingabematrix.
- ▷ **Row** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Zeilennummern der zu modifizierenden Elemente der Matrix.
  Default: 0
  Wertevorschläge: `Row` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 30, 50, 100}
  Restriktion: Row >= 0
- ▷ **Column** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Spaltennummern der zu modifizierenden Elemente der Matrix.
  Default: 0
  Wertevorschläge: `Column` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 30, 50, 100}
  Restriktion: Column >= 0
- ▷ **Value** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Zu setzende Werte an den angegebenen Matrix Elementen.
  Default: 0
  Wertevorschläge: `Value` ∈ {0, 1, -1}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_value_matrix` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MatrixID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_matrix`

Nachfolger

`clear_matrix`

Siehe auch

`get_value_matrix`

Modul

Foundation

Kapitel 20

Morphologie

20.1 Grauwerte

Dieses Kapitel beschreibt Operatoren der Grauwertmorphologie.

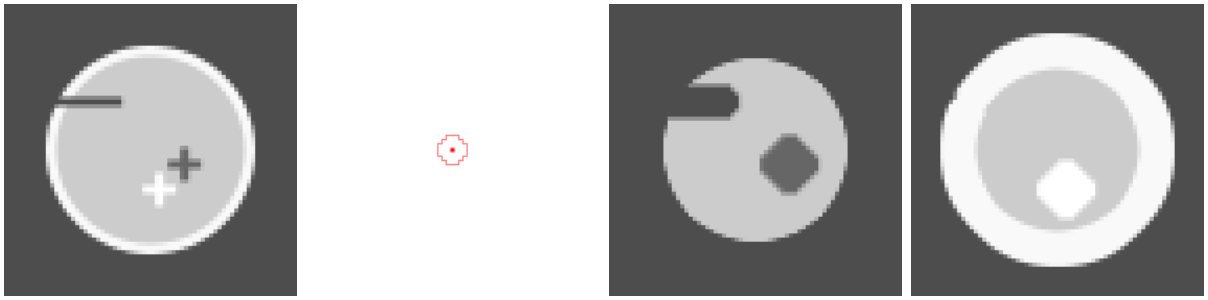
Konzept der Grauwertmorphologie

Grauwertmorphologie stellt eine Reihe an Operatoren zur Verfügung, welche nicht-lineare Bildtransformationen ermöglichen, indem sie die Pixelwerte der Eingabebilder in Abhängigkeit ihrer Nachbarschaft verändern. Morphologische Operatoren können beispielsweise dazu verwendet werden bestimmte Bildmerkmale zu betonen oder abzuschwächen.

Im Gegensatz zu den Operatoren im Kapitel Morphologie / Region sind morphologische Grauwertoperatoren nicht auf Binärbilder beschränkt. Daher kann die Grauwertmorphologie als eine Generalisierung der Regionenmorphologie bezeichnet werden. Die morphologischen Operatoren werden in den folgenden Abschnitten näher erläutert.

Dilatation und Erosion von Grauwertbildern

Wird eine Dilatation oder Erosion durchgeführt, so wird jedem Pixel des Eingangsbildes ein Wert zugeordnet, der aus den Grauwerten der benachbarten Pixel abgeleitet wird. Welche Bildpunkte zur Nachbarschaft zählen wird durch die Form und Fläche des verwendeten Strukturelements definiert. Der Referenzpunkt des Strukturelements liegt dabei auf dem aktuell betrachteten Pixel. Bei einer Dilatation wird jedem Pixel der maximale, bei einer Erosion der minimale Grauwert seiner Nachbarschaft zugeordnet. Folglich werden helle Bereiche des Eingangsbildes durch eine Dilatation vergrößert, während eine Erosion dunklere Bildbereiche betont.



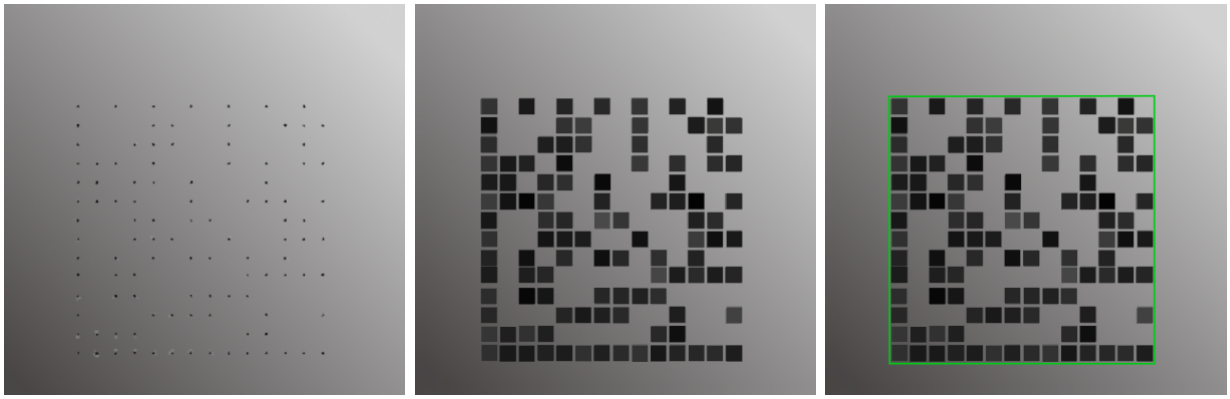
(1) (2) (3) (4)

(1) Eingangsbild, (2) Strukturelement mit Referenzpunkt im Zentrum, (3) Ergebnis einer Erosion, (4) Ergebnis einer Dilatation.

Folgende Operatoren können zur Dilatation oder Erosion eines Bildes genutzt werden:

Morphologischer Operator		Strukturelement
gray_dilation	gray_erosion	beliebig
gray_dilation_rect	gray_erosion_rect	Rechteck
gray_dilation_shape	gray_erosion_shape	Raute/Rechteck/Oktagon

Morphologische Grauwertoperatoren sind häufig Teil der Bildvorverarbeitung und werden genutzt, um die Extraktion von Informationen zu erleichtern oder erst zu ermöglichen. Im folgenden Beispiel wird ein Fall aufgezeigt, in dem eine Grauwert- Erosion notwendig ist um einen Datacode automatisch einlesbar zu machen. Die Code-Module im Eingangsbild weisen zu große Abstände zueinander auf, um für das zur Entschlüsselung gewählte Datenmodell verwendet werden zu können. Daher müssen die lokalen Minima im Bild in geeigneter Form vergrößert werden. Dazu wird eine Grauwert-Erosion mit einem quadratischen Strukturelement durchgeführt. Wie stark die Abstände zwischen den Modulen verringert werden müssen hängt von dem mit `create_data_code_2d_model` erstellten Datenmodell ab, in dem die maximal zulässige Lücke zwischen den Code-Elementen definiert ist.

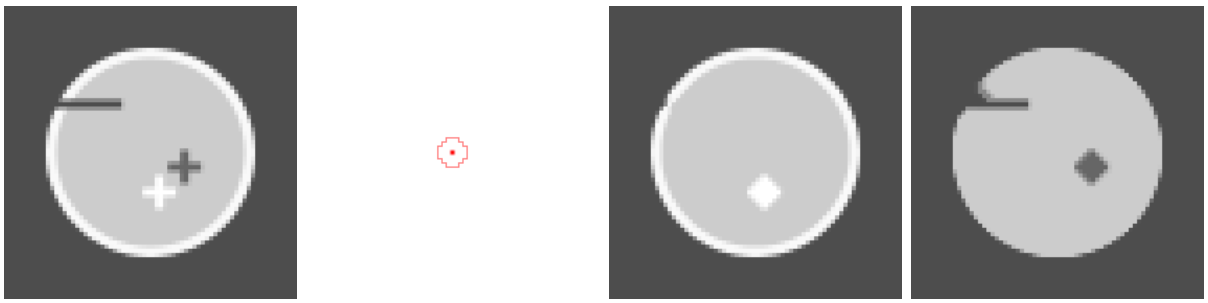


(1) (2) (3)

(1) Eingangsbild des Datacodes, (2) Erosion mit quadratischem Strukturelement, (3) Entschlüsselung des Datacodes mit Hilfe des erzeugten Datenmodells. Die Bilder stammen aus dem Beispielprogramm `2d_data_codes_minimize_module_gaps.hdev`.

Opening und Closing

Bei einem Grauwert-Opening bzw. Grauwert-Closing handelt es sich jeweils um eine Kombination der oben erläuterten Operatoren. Als Opening bezeichnet man dabei die aufeinanderfolgende Durchführung einer Erosion und einer Dilatation, während das Bild bei einem Closing zunächst dilatiert und danach erodiert wird. Wie auf den Beispielbildern zu erkennen ist, werden Bildbereiche, die im Vergleich zu ihrer Nachbarschaft dunkler sind, durch `gray_closing` reduziert oder sogar entfernt, während `gray_opening` hellere Bereiche reduziert. Zudem können durch die Verwendung des passenden Strukturelements Formen erhalten bleiben während ungewollte Artefakte entfernt werden.



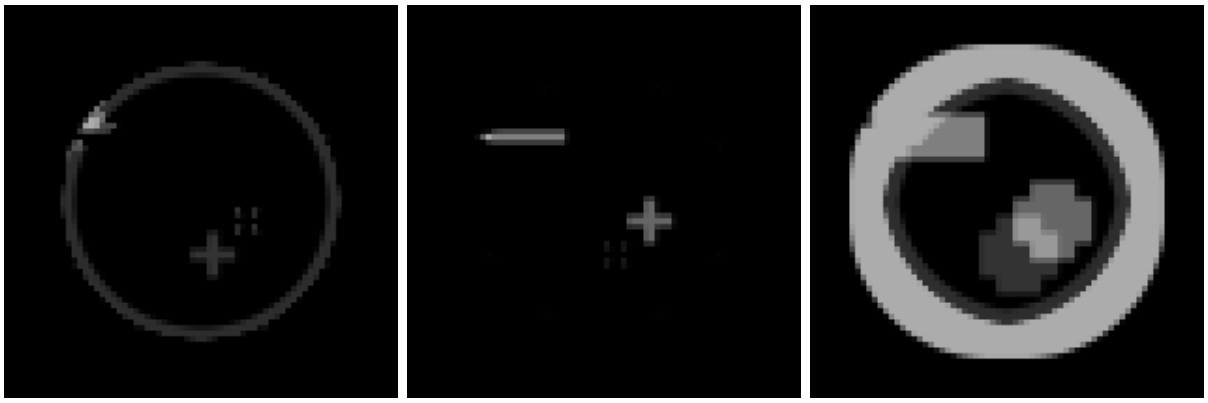
(1) (2) (3) (4)

(1) Eingangsbild, (2) Strukturelement mit Referenzpunkt im Zentrum, (3) Closing des Eingangsbildes, (4) Opening des Eingangsbildes.

Weitere Operatoren

Um die Bildbereiche, die von einem Opening bzw. Closing betroffen sind, genauer zu betrachten, kann `gray_tophat` bzw. `gray_bothat` genutzt werden. Diese Operatoren bilden die Differenz zwischen dem Originalbild und dem durch ein Opening bzw. Closing transformierten Bild. Außerdem können Bildmerkmale, die dem Strukturelement ähneln, detektiert werden.

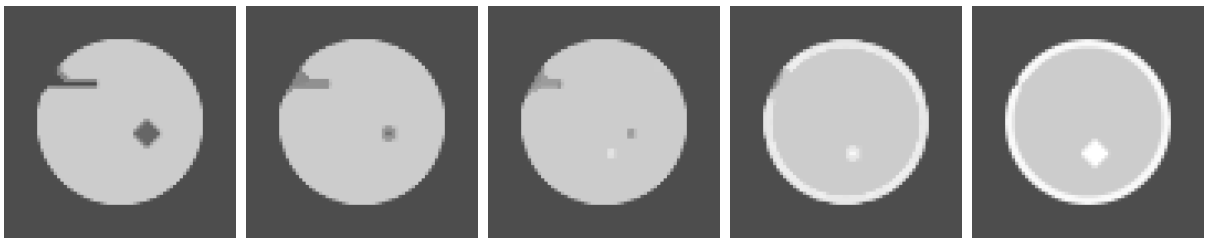
Der Operator `gray_range_rect` ermöglicht es feine Strukturen auf gleichmäßigen Oberflächen ausfindig zu machen, indem er die lokale Variation der Grauwerte visualisiert.



(1) (2) (3)

(1) Ergebnis der Top-Hat-Transformation, (2) Ergebnis der Bottom-Hat-Transformation, (3) Lokale Grauwert-Variation.

Mit Hilfe des dual_rank-Operators kann eine abgeschwächte Form eines Openings oder Closings ausgeführt werden. Die Steuerung dieser Transformation erfolgt über den Parameter ModePercent.



(1) (2) (3) (4) (5)

Dual Rank Operator: (1) ModePercent = 0 (entspricht Opening), (2) ModePercent = 25, (3) ModePercent = 50 (entspricht Median), (4) ModePercent = 75, (5) ModePercent = 100 (entspricht Closing).

Glossar

Im Folgenden werden die wichtigsten Begriffe, die im Zusammenhang mit Grauwertmorphologie verwendet werden, beschrieben.

nicht-linearer Operator Operator, der die Struktur des Eingangsbildes nicht notwendigerweise erhält.

Strukturelement Region, die zum Abtasten des Eingangsbildes verwendet wird.

```
dual_rank ( Image : ImageRank : MaskType, Radius, ModePercent,
    Margin : )
```

Opening, Median und Closing mit Kreis- oder Rechteckmaske.

dual_rank führt eine nichtlineare Transformation der Grauwerte aller Eingabebilder (Image) durch. Als strukturierende Elemente können Kreise oder Quadrate verwendet werden. dual_rank ist die Hintereinanderschaltung von zwei Aufrufen von rank_image. Bei dem ersten Aufruf wird der Ranggrauwert mit dem angegeben Rang (ModePercent) berechnet. Das Ergebnis dieser Berechnung ist die Eingabe zu einem erneuten Aufruf von rank_image, wobei diesmal der Rangwert 100−ModePercent verwendet wird.

Es kann bei der Filterung zwischen verschiedenen Randbehandlungen (Margin) gewählt werden:

Grauwert Bildpunkte außerhalb der Bildränder werden als konstant (mit dem angegebenen Grauwert) angenommen.

'continued' Fortsetzung der Randpunkte.

'cyclic' Zyklische Fortsetzung der Bildränder.

'mirrored' Spiegelung der Bildpunkte an den Bildrändern.

Die Berechnung einer Rangfilterung erfolgt nach folgendem Schema: Die angegebene Maske wird so über das zu filterndes Bild geschoben, dass der Schwerpunkt der Maske alle Bildpunkte einmal berührt. Für jeden solchen Bildpunkt werden alle Nachbarpunkte, die von der Maske überdeckt werden, bzgl. ihrer Grauwerte aufsteigend sortiert. Jede solche sortierte Sequenz von Grauwerten enthält somit genau so viele Grauwerte, wie die Maske Bildpunkte hat. Aus diesen Sequenzen wird das n-größte Element (= `ModePercent`, Rangwert von 0...100 in Prozent) ausgewählt und als Ergebnisgrauwert bei dem jeweiligen Ausgabebild eingetragen.

Hat `ModePercent` den Wert 0, so erhält man ein Grauwert-Opening (`gray_opening`). Setzt man `ModePercent` auf 50, so erhält man den bekannten Medianfilter (`median_image`), zweimal hintereinander angewandt. Bei dem Wert 100 berechnet `dual_rank` das Grauwert-Closing (`gray_closing`). Mit den übrigen Parametern kann fließend zwischen zwischen diesen Operationen „überblendet“ werden.

Das Konzept der Glättungsfilter ist in der Einleitung zum Kapitel Filter / Glättung beschrieben.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Zu filterndes Bild.
- ▷ **`ImageRank`** (output_object) ..... multichannel-image(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Gefiltertes Bild.
- ▷ **`MaskType`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Form der Maske.
  Default: ’circle’
  Werteliste: `MaskType` ∈ {’circle’, ’square’}
- ▷ **`Radius`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Radius der Filtermaske.
  Default: 1
  Wertevorschläge: `Radius` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 15, 19, 25, 31, 39, 47, 59}
  Wertebereich: 1 ≤ `Radius` ≤ 101
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 2
- ▷ **`ModePercent`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Modus des Filters: Bei 0 erhält man ein Grauwert-Opening, bei 50 einen Median und bei 100 ein Grauwert-Closing.
  Default: 10
  Wertevorschläge: `ModePercent` ∈ {0, 2, 5, 10, 15, 20, 40, 50, 60, 80, 85, 90, 95, 98, 100}
  Wertebereich: 0 ≤ `ModePercent` ≤ 100
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 2
- ▷ **`Margin`** (input_control) ..... string ⇝ *string* / integer / real
  Randbehandlung.
  Default: ’mirrored’
  Wertevorschläge: `Margin` ∈ {’mirrored’, ’cyclic’, ’continued’, 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 255}

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
dual_rank(Image,ImageOpening,'circle',10,10,'mirrored')
dev_display(ImageOpening)
```

Komplexität

Pro Bildpunkt: O($\sqrt{F} * 10$) mit F = Fläche des strukturierenden Elementes.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `dual_rank` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`read_image`

Nachfolger

`threshold`, `dyn_threshold`, `sub_image`, `regiongrowing`

Alternativen

`rank_image`, `gray_closing`, `gray_opening`, `median_image`

Siehe auch

`gen_circle`, `gen_rectangle1`, `gray_erosion_rect`, `gray_dilation_rect`, `sigma_image`

Literatur

W. Eckstein, O. Munkelt „Extracting Objects from Digital Terrain Model“ Remote Sensing and Reconstruction for Threedimensional Objects and Scenes, SPIE Symposium on Optical Science, Engeneering, and Instrumentation, July 1995, San Diego

Modul

Foundation

gen_disc_se (: SE : Type, Width, Height, Smax :)

Erzeugen eines ellipsoidförmigen strukturierenden Elements für die Grauwertmorphologie.

`gen_disc_se` erzeugt ein ellipsoidförmiges strukturierendes Element (`SE`) für die Grauwertmorphologie von Bildern. Der Parameter `Type` gibt den Bildtyp des strukturierenden Elements an. Dieser muss dem Typ des Bildes entsprechen, das in nachfolgenden Operatoraufrufen mit diesem strukturierenden Element bearbeitet werden soll. Die Parameter `Width` und `Height` geben die Größe der beiden Achsen der Ellipse an. Der Wert `Smax` gibt den maximalen Grauwert an, den das strukturierende Element annimmt. Zur Erzeugung von strukturierenden Elementen siehe `read_gray_se`. Das strukturierende Element kann mit Hilfe des Operators `write_image` gespeichert werden. Dafür muss jedoch ein Bildformat verwendet werden, das Alpha-Kanäle unterstützt, also ’tiff’, ’jp2’ oder ’png’. Diese Dateien können dann wieder mit dem Operator `read_image` eingelesen werden.

Parameter

▷ **SE** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Erzeugtes strukturierendes Element.

▷ **Type** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Pixeltyp.
Default: ’byte’
Werteliste: `Type` ∈ {’byte’, ’uint2’, ’real’}

▷ **Width** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Breite des erzeugten strukturierenden Elements.
Default: 5
Wertevorschläge: `Width` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20}
Wertebereich: 0 ≤ `Width` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Height** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Höhe des erzeugten strukturierenden Elements.
Default: 5
Wertevorschläge: `Height` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20}
Wertebereich: 0 ≤ `Height` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Smax** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Maximaler Grauwert des erzeugten strukturierenden Elements.
Default: 0
Wertevorschläge: `Smax` ∈ {0, 1, 2, 5, 10, 20, 30, 40}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_disc_se` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`gray_erosion`, `gray_dilation`, `gray_opening`, `gray_closing`, `gray_tophat`, `gray_bothat`, `write_image`

Alternativen

`read_gray_se`, `read_image`

Siehe auch

`paint_region`, `paint_gray`, `crop_part`

Modul

Foundation

gray_bothat (Image, SE : ImageBotHat : :)

Ausführen einer Bottom-Hat-Transformation auf Bildern.

`gray_bothat` führt eine Bottom-Hat-Transformation auf dem Bild `Image` mit dem strukturierenden Element `SE` durch. Der Bildtyp des strukturierenden Elements `SE` muss zu dem Bildtyp des Eingabebildes `Image` passen. Die Bottom-Hat-Transformation eines Bildes i mit einem strukturierenden Element s ist definiert als

$$\mathit{bothat}(i, s) = (i \bullet s) - i,$$

d.h. die Differenz des Closings des Bildes mit s und des Bildes (siehe `gray_closing`). Zur Erzeugung von strukturierenden Elementen siehe `read_gray_se`.

Die Bottom-Hat-Transformation wird besonders schnell für flache strukturierende Elemente durchgeführt, d.h. strukturierende Elemente mit konstantem Grauwert innerhalb der definierenden Region.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Eingabebild.

▷ **SE** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Strukturierendes Element.

▷ **ImageBotHat** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Bottom Hat.

Ergebnis

`gray_bothat` liefert genau dann den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), wenn das strukturierende Element keine leere Region ist. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

read_gray_se, gen_disc_se, read_image

Nachfolger

threshold

Alternativen

gray_closing

Siehe auch

gray_tophat, top_hat, gray_erosion_rect, sub_image

Modul

Foundation

gray_closing (Image, SE : ImageClosing : :)

Ausführen eines Grauwert-Closings auf Bildern.

gray_closing führt ein Grauwert-Closing auf dem Bild Image mit dem strukturierenden Element SE durch. Der Bildtyp des strukturierenden Elements SE muss zu dem Bildtyp des Eingabebildes Image passen. Das Grauwert-Closing eines Bildes i mit einem strukturierenden Element s ist definiert als

$$i \bullet s = (i \oplus s) \ominus \check{s} \ ,$$

d.h. eine Dilatation des Bildes mit s gefolgt von einer Erosion mit dem transponierten strukturierenden Element (siehe gray_dilation und gray_erosion). Zur Erzeugung von strukturierenden Elementen siehe read_gray_se.

Das Grauwert-Closing wird besonders schnell für flache strukturierende Elemente durchgeführt, d.h. strukturierende Elemente mit konstantem Grauwert innerhalb der definierenden Region.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **SE** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Strukturierendes Element.
- ▷ **ImageClosing** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ergebnisbild.

Ergebnis

gray_closing liefert genau dann den Wert 2 (H_MSG_TRUE), wenn das strukturierende Element keine leere Region ist. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

read_gray_se, gen_disc_se, read_image

Alternativen

dual_rank, gray_closing_rect, gray_closing_shape

Siehe auch

closing, gray_dilation, gray_erosion

Modul

Foundation

gray_closing_rect (Image : ImageClosing : MaskHeight, MaskWidth :)

Grauwert-Closing mit einer rechteckigen Filtermaske.

gray_closing_rect führt ein Grauwert-Closing auf dem Bild Image mit Hilfe einer rechteckigen Filtermaske (MaskHeight, MaskWidth) durch. Das Ergebnis wird in ImageClosing zurückgeliefert. Die Steuerparameter MaskHeight,MaskWidth werden, wenn sie einen geraden Wert haben, auf den nächstgrößeren ungeraden Wert transformiert. An den Bildrändern wird eine Spiegelung der Randpunkte durchgeführt.

Das Grauwert-Closing eines Bildes i mit dem rechteckigen strukturierenden Element s ist definiert als

$$i \bullet s = (i \oplus s) \ominus s \ ,$$

d.h. eine Dilatation des Bildes mit s gefolgt von einer Erosion mit s (siehe gray_dilation_rect und gray_erosion_rect).

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / uint2 / int2 / int4 / real

Eingabebild.

▷ **ImageClosing** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / uint2 / int2 / int4 / real

Ergebnisbild.

▷ **MaskHeight** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*

Höhe der Filtermaske.
Default: 11
Wertevorschläge: MaskHeight ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
Wertebereich: 3 ≤ MaskHeight ≤ 511
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: odd(MaskHeight) && MaskHeight < height(Image) * 2

▷ **MaskWidth** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*

Breite der Filtermaske.
Default: 11
Wertevorschläge: MaskWidth ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
Wertebereich: 3 ≤ MaskWidth ≤ 511
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: odd(MaskWidth) && MaskWidth < width(Image) * 2

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gray_closing_rect den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

gray_closing, gray_closing_shape

Siehe auch

closing_rectangle1, gray_dilation_rect, gray_erosion_rect

Modul

Foundation

gray_closing_shape (Image : ImageClosing : MaskHeight, MaskWidth, MaskShape :)

Grauwert-Closing mit einer ausgewählten Maske.

gray_closing_shape führt ein Grauwert-Closing auf dem Bild Image mit einem strukturierenden Element der Form MaskShape mit der vertikalen Ausdehnung MaskHeight und der horizontalen Ausdehnung MaskWidth durch. Die Offsetwerte der Maske sind auf 0 festgelegt. Das Ergebnis wird in ImageClosing zurückgeliefert.

Die Steuerparameter MaskHeight und MaskWidth werden, wenn sie vom Typ Integer sind und einen geraden Wert haben, auf den nächstgrößeren ungeraden Wert transformiert. Ist dagegen mindestens einer der beiden Parameter vom Typ Float, dann wird das Eingabebild Image zunächst mit der jeweils nächstgrößeren und nächstkleineren ungeraden Maskengröße gefiltert und das Ergebnisbild ImageClosing aus den beiden Zwischenergebnissen interpoliert. Es ist daher zu beachten, dass gray_closing_shape für Maskengrößen von z.B. *4* und *4.0* unterschiedliche Ergebnisse liefert!

Im Falle der Maskenformen 'rhombus' und 'octagon' für Steuerparameter MaskShape müssen die Werte für MaskHeight und MaskWidth gleich groß sein. Der Parameterwert 'octagon' für MaskShape beschreibt eine gleichseitige, achteckige Maske, welche sich als Näherung von kreisförmigen Maskenstrukturen eignet. An den Bildrändern wird eine Spiegelung der Randpunkte durchgeführt.

Das Grauwert-Closing eines Bildes i mit einem strukturierenden Element s ist definiert als

$$i \bullet s = (i \oplus s) \ominus s \ ,$$

d.h. eine Dilatation des Bildes mit s gefolgt von einer Erosion mit s (siehe gray_dilation_shape und gray_erosion_shape).

Achtung

Es ist zu beachten, dass gray_closing_shape für Maskengrößen des Typs Float spürbar mehr Rechenzeit benötigt als für Maskengrößen des Typs Integer. Dies gilt insbesondere für rechteckige Masken mit unterschiedlicher Breite und Höhe!

gray_closing_shape kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Wird eine Maskengröße des Typs Float verwendet, kann das Ergebnis geringfügig von dem der CPU abweichen, da die Interpolation auf dem OpenCL-Gerät in einfacher Genauigkeit durchgeführt wird.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
Bilder, für deren Grauwerte die Minima berechnet werden sollen.

▷ **ImageClosing** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
Bilder, die die Minima enthalten.

▷ **MaskHeight** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *real* / integer
Höhe der Filtermaske.
Default: 11
Wertevorschläge: `MaskHeight` ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
Wertebereich: 1.0 ≤ `MaskHeight` ≤ 511.0

▷ **MaskWidth** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *real* / integer
Breite der Filtermaske.
Default: 11
Wertevorschläge: `MaskWidth` ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
Wertebereich: 1.0 ≤ `MaskWidth` ≤ 511.0

▷ **MaskShape** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Form der Maske.
Default: 'octagon'
Werteliste: `MaskShape` ∈ {'rectangle', 'rhombus', 'octagon'}

Ergebnis

`gray_closing_shape` liefert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, wenn alle Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

`gray_closing`

Siehe auch

`gray_dilation_shape`, `gray_erosion_shape`, `closing`

Modul

Foundation

gray_dilation (Image, SE : ImageDilation : :)

Ausführen einer Grauwert-Dilatation auf Bildern.

`gray_dilation` führt eine Grauwertdilatation auf dem Bild `Image` mit dem strukturierenden Element `SE` durch. Der Bildtyp des strukturierenden Elements `SE` muss zu dem Bildtyp des Eingabebildes `Image` passen. Die Grauwertdilatation eines Bildes i mit einem strukturierenden Element s an der Pixel-Position x ist definiert durch:

$$(i \oplus s)(x) = \max\{f(x - z) + s(z) | z \in S\}$$

Hierbei ist S der Definitionsbereich des strukturierenden Elements s, d.h. dessen Region (siehe `read_gray_se`).

Die Grauwertdilatation wird besonders schnell für flache strukturierende Elemente durchgeführt, d.h. strukturierende Elemente mit konstantem Grauwert innerhalb der definierenden Region.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Eingabebild.

▷ **SE** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Strukturierendes Element.

▷ **ImageDilation** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Ergebnisbild.

Ergebnis

`gray_dilation` liefert genau dann den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), wenn das strukturierende Element keine leere Region ist. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`read_gray_se`, `gen_disc_se`, `read_image`

Nachfolger

`sub_image`, `gray_erosion`

Alternativen

`gray_dilation_rect`, `gray_dilation_shape`

Siehe auch

`gray_opening`, `gray_closing`, `dilation1`, `gray_skeleton`

Modul

Foundation

gray_dilation_rect (Image : ImageMax : MaskHeight, MaskWidth :)

Maximum der Grauwerte in einem Rechteck.

`gray_dilation_rect` transformiert die Grauwerte der Eingabebilder aus `Image` mit Hilfe einer Filtermaske (`MaskHeight`, `MaskWidth`), in der das Maximum der Grauwerte berechnet wird. Das Ergebnis wird in `ImageMax` zurückgeliefert. Die Steuerparameter `MaskHeight`,`MaskWidth` werden, wenn sie einen geraden Wert haben, auf den nächstgrößeren ungeraden Wert transformiert. An den Bildrändern wird eine Spiegelung der Randpunkte durchgeführt.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / uint2 / int2 / int4 / real

Bilder, für deren Grauwerte die Maxima berechnet werden sollen.

▷ **ImageMax** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / uint2 / int2 / int4 / real

Bilder, die die Maxima enthalten.

▷ **MaskHeight** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*

Höhe der Filtermaske.
Default: 11
Wertevorschläge: `MaskHeight` ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
Wertebereich: 3 ≤ `MaskHeight` ≤ 511
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: odd(MaskHeight) && MaskHeight < height(Image) * 2

▷ **MaskWidth** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Breite der Filtermaske.
Default: 11
Wertevorschläge: MaskWidth ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
Wertebereich: 3 ≤ MaskWidth ≤ 511
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: odd(MaskWidth) && MaskWidth < width(Image) * 2

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gray_dilation_rect den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Siehe auch

gray_skeleton

Modul

Foundation

gray_dilation_shape (Image : ImageMax : MaskHeight, MaskWidth, MaskShape :)

Maximum der Grauwerte in einer ausgewählten Maske.

gray_dilation_shape transformiert die Grauwerte der Eingabebilder aus Image mit Hilfe einer Filtermaske der Größe MaskHeight und MaskWidth der Form MaskShape, in der das Maximum der Grauwerte berechnet wird. Das Ergebnis wird in ImageMax zurückgeliefert.

Die Steuerparameter MaskHeight und MaskWidth werden, wenn sie vom Typ Integer sind und einen geraden Wert haben, auf den nächstgrößeren ungeraden Wert transformiert. Ist dagegen mindestens einer der beiden Parameter vom Typ Float, dann wird das Eingabebild Image zunächst mit der jeweils nächstgrößeren und nächstkleineren ungeraden Maskengröße gefiltert und das Ergebnisbild ImageMax aus den beiden Zwischenergebnissen interpoliert. Es ist daher zu beachten, dass gray_dilation_shape für Maskengrößen von z.B. *4* und *4.0* unterschiedliche Ergebnisse liefert!

Im Falle der Maskenformen 'rhombus' und 'octagon' für Steuerparameter MaskShape müssen die Werte für MaskHeight und MaskWidth gleich groß sein. An den Bildrändern wird eine Spiegelung der Randpunkte durchgeführt.

Achtung

Es ist zu beachten, dass gray_dilation_shape für Maskengrößen des Typs Float spürbar mehr Rechenzeit benötigt als für Maskengrößen des Typs Integer. Dies gilt insbesondere für rechteckige Masken mit unterschiedlicher Breite und Höhe!

gray_dilation_shape kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Wird eine Maskengröße des Typs Float verwendet, kann das Ergebnis geringfügig von dem der CPU abweichen, da die Interpolation auf dem OpenCL-Gerät in einfacher Genauigkeit durchgeführt wird.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
Bilder, für deren Grauwerte die Maxima berechnet werden sollen.

▷ **ImageMax** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
Bilder, die die Maxima enthalten.

▷ **MaskHeight** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *real* / integer
Höhe der Filtermaske.
Default: 11
Wertevorschläge: `MaskHeight` ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
Wertebereich: 1.0 ≤ MaskHeight

▷ **MaskWidth** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *real* / integer
Breite der Filtermaske.
Default: 11
Wertevorschläge: `MaskWidth` ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
Wertebereich: 1.0 ≤ MaskWidth

▷ **MaskShape** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Form der Maske.
Default: 'octagon'
Werteliste: `MaskShape` ∈ {'rectangle', 'rhombus', 'octagon'}

Ergebnis

`gray_dilation_shape` liefert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, wenn alle Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

`gray_dilation`, `gray_dilation_rect`

Siehe auch

`gray_opening_shape`, `gray_closing_shape`, `gray_skeleton`

Modul

Foundation

gray_erosion (Image, SE : ImageErosion : :)

Ausführen einer Grauwert-Erosion auf Bildern.

`gray_erosion` führt eine Grauwerterosion auf dem Bild `Image` mit dem strukturierenden Element `SE` durch. Der Bildtyp des strukturierenden Elements `SE` muss zu dem Bildtyp des Eingabebildes `Image` passen. Die Grauwerterosion eines Bildes i mit einem strukturierenden Element s an der Pixel-Position x ist definiert durch:

$$(i \ominus s)(x) = \min\{f(x+z) - s(z) | z \in S\}$$

Hierbei ist S der Definitionsbereich des strukturierenden Elements s, d.h. dessen Region (siehe `read_gray_se`).

Die Grauwerterosion wird besonders schnell für flache strukturierende Elemente durchgeführt, d.h. strukturierende Elemente mit konstantem Grauwert innerhalb der definierenden Region.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Eingabebild.

▷ **SE** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Strukturierendes Element.

▷ **ImageErosion** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Ergebnisbild.

Ergebnis

`gray_erosion` liefert genau dann den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), wenn das strukturierende Element keine leere Region ist. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`read_gray_se`, `gen_disc_se`, `read_image`

Nachfolger

`gray_dilation`, `sub_image`

Alternativen

`gray_erosion_rect`, `gray_erosion_shape`

Siehe auch

`gray_opening`, `gray_closing`, `erosion1`, `gray_skeleton`

Modul

Foundation

gray_erosion_rect (Image : ImageMin : MaskHeight, MaskWidth :)

Minimum der Grauwerte in einem Rechteck.

`gray_erosion_rect` transformiert die Grauwerte der Eingabebilder aus `Image` mit Hilfe einer Filtermaske (`MaskHeight`, `MaskWidth`), in der das Minimum der Grauwerte berechnet wird. Das Ergebnis wird im Parameter `ImageMin` übergeben. Die Steuerparameter `MaskHeight`, `MaskWidth` werden, wenn sie einen geraden Wert haben, in den nächstgrößeren ungeraden Wert transformiert. An den Bildrändern wird eine Spiegelung der Randpunkte durchgeführt.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / uint2 / int2 / int4 / real
Bilder, für deren Grauwerte die Minima berechnet werden sollen.

▷ **ImageMin** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / uint2 / int2 / int4 / real
Bilder, die die Minima enthalten.

▷ **MaskHeight** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Höhe der Filtermaske.
Default: 11
Wertevorschläge: MaskHeight ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
Wertebereich: 3 ≤ MaskHeight ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: odd(MaskHeight) && MaskHeight < height(Image) * 2

▷ **MaskWidth** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Breite der Filtermaske.
Default: 11
Wertevorschläge: MaskWidth ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
Wertebereich: 3 ≤ MaskWidth ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: odd(MaskWidth) && MaskWidth < width(Image) * 2

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gray_erosion_rect den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Siehe auch

gray_dilation_rect

Modul

Foundation

gray_erosion_shape (Image : ImageMin : MaskHeight, MaskWidth, MaskShape :)

Minimum der Grauwerte in einer ausgewählten Maske.

gray_erosion_shape transformiert die Grauwerte der Eingabebilder aus Image mit Hilfe einer Filtermaske der Größe MaskHeight und MaskWidth der Form MaskShape, in der das Minimum der Grauwerte berechnet wird. Das Ergebnis wird in ImageMin zurückgeliefert.

Die Steuerparameter MaskHeight und MaskWidth werden, wenn sie vom Typ Integer sind und einen geraden Wert haben, auf den nächstgrößeren ungeraden Wert transformiert. Ist dagegen mindestens einer der beiden Parameter vom Typ Float, dann wird das Eingabebild Image zunächst mit der jeweils nächstgrößeren und nächstkleineren ungeraden Maskengröße gefiltert und das Ergebnisbild ImageMin aus den beiden Zwischenergebnissen interpoliert. Es ist daher zu beachten, dass gray_erosion_shape für Maskengrößen von z.B. *4* und *4.0* unterschiedliche Ergebnisse liefert!

Im Falle der Maskenformen 'rhombus' und 'octagon' für Steuerparameter MaskShape müssen die Werte für MaskHeight und MaskWidth gleich groß sein. Der Parameterwert 'octagon' für MaskShape beschreibt eine gleichseitige, achteckige Maske, welche sich als Näherung von kreisförmigen Maskenstrukturen eignet. An den Bildrändern wird eine Spiegelung der Randpunkte durchgeführt.

Achtung

Es ist zu beachten, dass gray_erosion_shape für Maskengrößen des Typs Float spürbar mehr Rechenzeit benötigt als für Maskengrößen des Typs Integer. Dies gilt insbesondere für rechteckige Masken mit unterschiedlicher Breite und Höhe!

gray_erosion_shape kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Wird eine Maskengröße des Typs Float verwendet, kann das Ergebnis geringfügig von dem der CPU abweichen, da die Interpolation auf dem OpenCL-Gerät in einfacher Genauigkeit durchgeführt wird.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Bilder, für deren Grauwerte die Minima berechnet werden sollen.
- ▷ **ImageMin** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Bilder, die die Minima enthalten.
- ▷ **MaskHeight** (input_control) ..... extent.y ⇝ *real* / integer
  Höhe der Filtermaske.
  Default: 11
  Wertevorschläge: MaskHeight ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
  Wertebereich: 1.0 ≤ MaskHeight
- ▷ **MaskWidth** (input_control) ..... extent.x ⇝ *real* / integer
  Breite der Filtermaske.
  Default: 11
  Wertevorschläge: MaskWidth ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
  Wertebereich: 1.0 ≤ MaskWidth
- ▷ **MaskShape** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Form der Maske.
  Default: 'octagon'
  Werteliste: MaskShape ∈ {'rectangle', 'rhombus', 'octagon'}

Ergebnis

gray_erosion_shape liefert 2 (H_MSG_TRUE) zurück, wenn alle Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

gray_erosion, gray_erosion_rect

Siehe auch

gray_opening_shape, gray_closing_shape, gray_skeleton

Modul

Foundation

gray_opening (Image, SE : ImageOpening : :)

Ausführen eines Grauwert-Openings auf Bildern.

gray_opening führt ein Grauwert-Opening auf dem Bild Image mit dem strukturierenden Element SE durch. Der Bildtyp des strukturierenden Elements SE muss zu dem Bildtyp des Eingabebildes Image passen. Das Grauwert-Opening eines Bildes i mit einem strukturierenden Element s ist definiert als

$$i \circ s = (i \ominus s) \oplus \check{s} \ ,$$

d.h. eine Erosion des Bildes mit s gefolgt von einer Dilatation mit dem transponierten strukturierenden Element (siehe gray_erosion und gray_dilation). Zur Erzeugung von strukturierenden Elementen siehe read_gray_se.

Das Grauwert-Opening wird besonders schnell für flache strukturierende Elemente durchgeführt, d.h. strukturierende Elemente mit konstantem Grauwert innerhalb der definierenden Region.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **SE** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Strukturierendes Element.
- ▷ **ImageOpening** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ergebnisbild.

Ergebnis

gray_opening liefert genau dann den Wert 2 (H_MSG_TRUE), wenn das strukturierende Element keine leere Region ist. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

read_gray_se, gen_disc_se, read_image

Alternativen

dual_rank, gray_opening_rect, gray_opening_shape

Siehe auch

opening, gray_dilation, gray_erosion

Modul

Foundation

gray_opening_rect (Image : ImageOpening : MaskHeight, MaskWidth :)

Grauwert-Opening mit einer rechteckigen Filtermaske.

gray_opening_rect führt ein Grauwert-Opening auf dem Bild Image mit Hilfe einer rechteckigen Filtermaske (MaskHeight, MaskWidth) durch. Das Ergebnis wird in ImageOpening zurückgeliefert. Die Steuerparameter MaskHeight,MaskWidth werden, wenn sie einen geraden Wert haben, auf den nächstgrößeren ungeraden Wert transformiert. An den Bildrändern wird eine Spiegelung der Randpunkte durchgeführt.

Das Grauwert-Opening eines Bildes i mit dem rechteckigen strukturierenden Element s ist definiert als

$$i \circ s = (i \ominus s) \oplus s \ ,$$

d.h. eine Erosion des Bildes mit s gefolgt von einer Dilatation mit s (siehe gray_erosion_rect und gray_dilation_rect).

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / uint2 / int2 / int4 / real
Eingabebild.

▷ **ImageOpening** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / uint2 / int2 / int4 / real
Ergebnisbild.

▷ **MaskHeight** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
Höhe der Filtermaske.
Default: 11
Wertevorschläge: MaskHeight ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
Wertebereich: 3 ≤ MaskHeight ≤ 511
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: odd(MaskHeight) && MaskHeight < height(Image) * 2

▷ **MaskWidth** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
Breite der Filtermaske.
Default: 11
Wertevorschläge: MaskWidth ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
Wertebereich: 3 ≤ MaskWidth ≤ 511
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: odd(MaskWidth) && MaskWidth < width(Image) * 2

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, liefert gray_opening_rect den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

gray_opening, gray_opening_shape

Siehe auch

opening_rectangle1, gray_dilation_rect, gray_erosion_rect

Modul

Foundation

gray_opening_shape (Image : ImageOpening : MaskHeight, MaskWidth, MaskShape :)

Grauwert-Opening mit einer ausgewählten Filtermaske.

gray_opening_shape führt ein Grauwert-Opening auf dem Bild Image mit einem strukturierenden Element der Form MaskShapemit der vertikalen Ausdehnung MaskHeight und der horizontalen Ausdehnung MaskWidth durch. Die Offsetwerte der Maske sind auf 0 festgelegt. Das Ergebnis wird in ImageOpening zurückgeliefert.

Die Steuerparameter MaskHeight und MaskWidth werden, wenn sie vom Typ Integer sind und einen geraden Wert haben, auf den nächstgrößeren ungeraden Wert transformiert. Ist dagegen mindestens einer der beiden

Parameter vom Typ Float, dann wird das Eingabebild `Image` zunächst mit der jeweils nächstgrößeren und nächstkleineren ungeraden Maskengröße gefiltert und das Ergebnisbild `ImageOpening` aus den beiden Zwischenergebnissen interpoliert. Es ist daher zu beachten, dass `gray_opening_shape` für Maskengrößen von z.B. *4* und *4.0* unterschiedliche Ergebnisse liefert!

Im Falle der Maskenformen 'rhombus' und 'octagon' für Steuerparameter `MaskShape` müssen die Werte für `MaskHeight` und `MaskWidth` gleich groß sein. Der Parameterwert 'octagon' für `MaskShape` beschreibt eine gleichseitige, achteckige Maske, welche sich als Näherung von kreisförmigen Maskenstrukturen eignet. An den Bildrändern wird eine Spiegelung der Randpunkte durchgeführt.

Das Grauwert-Opening eines Bildes i mit einem strukturierenden Element s ist definiert als

$$i \circ s = (i \ominus s) \oplus s \ ,$$

d.h. eine Dilatation des Bildes mit s gefolgt von einer Erosion mit s (siehe `gray_dilation_shape` und `gray_erosion_shape`).

Achtung

Es ist zu beachten, dass `gray_opening_shape` für Maskengrößen des Typs Float spürbar mehr Rechenzeit benötigt als für Maskengrößen des Typs Integer. Dies gilt insbesondere für rechteckige Masken mit unterschiedlicher Breite und Höhe!

`gray_opening_shape` kann auf OpenCL-Geräten ausgeführt werden. Wird eine Maskengröße des Typs Float verwendet, kann das Ergebnis geringfügig von dem der CPU abweichen, da die Interpolation auf dem OpenCL-Gerät in einfacher Genauigkeit durchgeführt wird.

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Bilder, für deren Grauwerte die Minima berechnet werden sollen.
- ▷ **`ImageOpening`** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Bilder, die die Minima enthalten.
- ▷ **`MaskHeight`** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *real* / integer
  Höhe der Filtermaske.
  Default: 11
  Wertevorschläge: `MaskHeight` ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
  Wertebereich: 1.0 ≤ `MaskHeight` ≤ 511.0
- ▷ **`MaskWidth`** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *real* / integer
  Breite der Filtermaske.
  Default: 11
  Wertevorschläge: `MaskWidth` ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
  Wertebereich: 1.0 ≤ `MaskWidth` ≤ 511.0
- ▷ **`MaskShape`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Form der Maske.
  Default: 'octagon'
  Werteliste: `MaskShape` ∈ {'rectangle', 'rhombus', 'octagon'}

Ergebnis

`gray_opening_shape` liefert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, wenn alle Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

gray_opening

Siehe auch

gray_dilation_shape, gray_erosion_shape, opening

Modul

Foundation

gray_range_rect (Image : ImageResult : MaskHeight, MaskWidth :)

Maximale Amplitude der Grauwerte in einem Rechteck.

gray_range_rect transformiert die Grauwerte der Eingabebilder aus Image mit Hilfe einer Filtermaske (MaskHeight, MaskWidth), in der die Spanne $(\max - \min)$ der Grauwerte berechnet wird. Das Ergebnis wird in die Ausgabebilder ImageResult eingetragen. Die Steuerparameter MaskHeight, MaskWidth werden, wenn sie einen geraden Wert haben, in den nächstkleineren ungeraden Wert transformiert. An den Bildrändern wird eine Spiegelung der Randpunkte durchgeführt.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / cyclic / uint2 / int2 / int4 / real
Bilder, für deren Grauwerte die Amplitude berechnet werden sollen.

▷ **ImageResult** (output_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / cyclic / uint2 / int2 / int4 / real
Bilder, die das Ergebnis enthalten.

▷ **MaskHeight** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Höhe der Filtermaske.
Default: 11
Wertevorschläge: MaskHeight ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
Wertebereich: 3 ≤ MaskHeight ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: odd(MaskHeight) && MaskHeight < height(Image) * 2

▷ **MaskWidth** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Breite der Filtermaske.
Default: 11
Wertevorschläge: MaskWidth ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15}
Wertebereich: 3 ≤ MaskWidth ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: odd(MaskWidth) && MaskWidth < width(Image) * 2

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gray_range_rect den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt OpenCL Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

gray_dilation_rect, gray_erosion_rect, sub_image

Modul

Foundation

gray_tophat (Image, SE : ImageTopHat : :)

Ausführen einer Top-Hat-Transformation auf Bildern.

gray_tophat führt eine Top-Hat-Transformation auf dem Bild Image mit dem strukturierenden Element SE durch. Der Bildtyp des strukturierenden Elements SE muss zu dem Bildtyp des Eingabebildes Image passen. Die Top-Hat-Transformation eines Bildes i mit einem strukturierenden Element s ist definiert als

$$\mathit{tophat}(i, s) = i - (i \circ s),$$

d.h. die Differenz des Bildes und seines Openings mit s (siehe gray_opening). Zur Erzeugung von strukturierenden Elementen siehe read_gray_se und gen_disc_se.

Die Top-Hat-Transformation wird besonders schnell für flache strukturierende Elemente durchgeführt, d.h. strukturierende Elemente mit konstantem Grauwert innerhalb der definierenden Region.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **SE** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Strukturierendes Element.
- ▷ **ImageTopHat** (output_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ergebnisbild.

Ergebnis

gray_tophat liefert genau dann den Wert 2 (H_MSG_TRUE), wenn das strukturierende Element keine leere Region ist. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Kanalebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

read_gray_se, gen_disc_se, read_image

Nachfolger

threshold

Alternativen

gray_opening

Siehe auch

gray_bothat, top_hat, gray_erosion_rect, sub_image

Modul

Foundation

read_gray_se (: SE : FileName :)

Laden von strukturierenden Elementen für die Grauwertmorphologie.

read_gray_se lädt ein strukturierendes Element für die Grauwertmorphologie von einer Datei ein. Die Dateinamen für strukturierende Elemente müssen mit '.gse' (für grayscale structuring element) enden. Dieses Suffix wird von read_gray_se automatisch an den übergebenen Dateinamen angehängt, darf also nicht mit übergeben werden. Die Daten müssen im ASCII-Format vorliegen und wie folgt aufgebaut sein: Die erste Zeile gibt den Datentyp des strukturierenden Elements an. Dieser muss byte, uint2 oder real (ohne umschließende Anführungszeichen) sein und muss dem Typ des Bildes entsprechen das in nachfolgenden Operatoraufrufen mit diesem strukturierenden Element bearbeitet werden soll. Die nachfolgenden zwei Zahlen der Datei geben die Breite und Höhe des strukturierenden Elements an. Diese stellen ein Rechteck dar, das das strukturierende Element vollständig umschließt. Beide Werte müssen größer als 0 sein. Danach folgt die Anzahl der Sehnen der zu definierenden Region und die Sehnen selbst: eine Sehne besteht dabei aus Zeile der Sehne (L), Spaltenbeginn der Sehne (CB) und Spaltenende der Sehne (CE), jeweils durch Leerzeichen getrennt. Danach folgen Zahlen, deren Anzahl durch Breite und Höhe des strukturierenden Elements festgelegt wurden, die durch Leerzeichen getrennt sein müssen und als entsprechende Grauwerte für die Morphologie interpretiert werden. Zahlen, die nicht Teil der Region des strukturierenden Elements sein werden (weil für diese Punkte keine Sehne definiert wurde), dürfen nicht weggelassen werden. Sie werden jedoch im resultierenden strukturierenden Element ignoriert. Die Darstellung von strukturierenden Elementen erfolgt als Bild des o.a. Bildtyps. Es können auch gewöhnliche Bilder als strukturierende Elemente verwendet werden. Die Region des Bildes definiert dabei die Form des strukturierenden Elements. Dabei sollte allerdings darauf geachtet werden, dass die Bildabmessungen nicht zu groß sind, da die Laufzeit proportional zur Fläche des Bildes multipliziert mit der Fläche des strukturierenden Elements ist. Flache strukturierende Elemente (d.h. Elemente mit konstanten Grauwerten) werden jedoch in nachfolgenden Operatoren besonders schnell ausgeführt. Der Koordinatenursprung des strukturierenden Elements liegt bei der Hälfte der definierten Breite bzw. Höhe. Bei geraden Abmessungen wird der Ursprung in Richtung linke obere Ecke abgerundet. Das strukturierende Element kann mit Hilfe des Operators write_image gespeichert werden. Dafür muss jedoch ein Bildformat verwendet werden das Alpha-Kanäle unterstützt, also 'tiff', 'jp2' oder 'png'. Diese Dateien können dann wieder mit dem Operator read_image eingelesen werden.

Parameter

▷ **SE** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Erzeugtes strukturierendes Element.

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Name der einzulesenden Datei.
Dateiendung: .gse

Beispiel

```
* Load a byte structuring element of width 3 and height 3 that
* consists of 3 chords at lines 0 (from x=1 to x=1), 1 (from x=0
* to x=2) and 2 (from x=1 to x=1). The (used) grayvalues are
* 0, 0, 1, 0, 0 .
* contents of file 'isod4.gse':
* byte
*  3 3
*
* 3
* 0 1 1
* 1 0 2
* 2 1 1
*
*  -1  0 -1
*   0  1  0
*  -1  0 -1
read_gray_se (SE, environment('HALCONROOT')+'/filter/isod4')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert read_gray_se den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

gray_erosion, gray_dilation, gray_opening, gray_closing, gray_tophat, gray_bothat, write_image

Alternativen

gen_disc_se, read_image, change_domain

Siehe auch

paint_region, paint_gray, crop_part

Modul

Foundation

20.2 Region

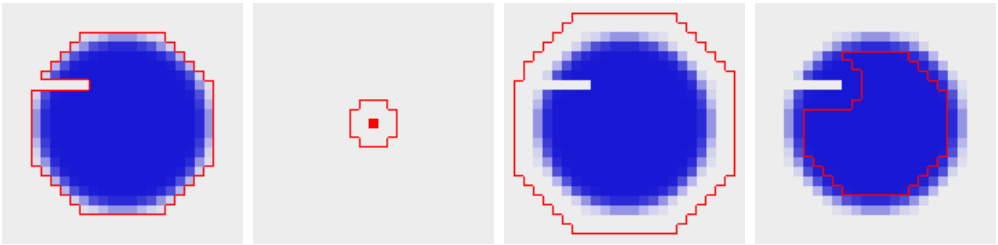
Dieses Kapitel beschreibt Operatoren der Regionenmorphologie.

Konzept der Regionenmorphologie

Die Regionenmorphologie bietet eine Reihe von morphologischen Operatoren, mit denen die Form einer Region verändert oder beschrieben werden kann. Morphologische Operatoren können beispielsweise verwendet werden, um benachbarte Regionen zu verschmelzen oder zu trennen. Eine weitere Anwendung ist das Glätten der Ränder einer Region. Im Folgenden werfen wir einen genaueren Blick auf die morphologischen Operatoren.

Dilatation und Erosion

Zum Dilatieren oder Erodieren einer Eingaberegion wird ein strukturierendes Element auf die Eingaberegion angewendet. Dieses strukturierende Element tastet das Bild zeilenweise ab. Während der Dilatation wird der Referenzpunkt des strukturierenden Elementes zu der resultierenden Region hinzugefügt, sobald das strukturierende Element und die Eingaberegion mindestens einen Pixel gemeinsam haben. Erosion verkleinert die Fläche der Eingaberegion, da der Referenzpunkt des strukturierenden Elementes nur zu der resultierenden Region hinzugefügt wird, wenn das strukturierende Element vollständig innerhalb der Eingaberegion liegt. Infolgedessen kann Erosion alternativ verwendet werden, um Objekte zu finden.



(1) (2) (3) (4)

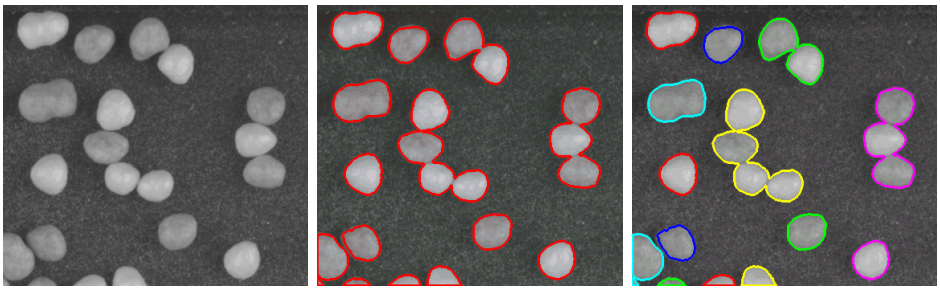
(1) Bild mit Eingaberegion, (2) strukturierendes Element mit Referenzpunkt im Ursprung der Region, (3) Ergebnis der Dilatation, (4) Ergebnis der Erosion.

Diese Operatoren können zum Dilatieren oder Erodieren einer Region verwendet werden:

Morphologische Operatoren		Strukturierendes Element	Referenzpunkt
dilation1	erosion1	beliebig	Ursprung
minkowski_add1	minkowski_sub1	beliebig, transponiert	Ursprung
dilation2	erosion2	beliebig	beliebig
minkowski_add2	minkowski_sub2	beliebig, transponiert	beliebig
dilation_circle	erosion_circle	kreisförmig	Ursprung
dilation_rectangle1	erosion_rectangle1	rechteckig	Ursprung

Die Minkowski-Addition und die Dilatation sind identisch, wenn das strukturierende Element symmetrisch ist. Das Gleiche gilt für die Minkowski-Subtraktion und die Erosion. Mit Erosion lassen sich miteinander verschmolzene Objekte separieren. Im Folgenden werden die dazu notwendigen Schritte kurz beschrieben.

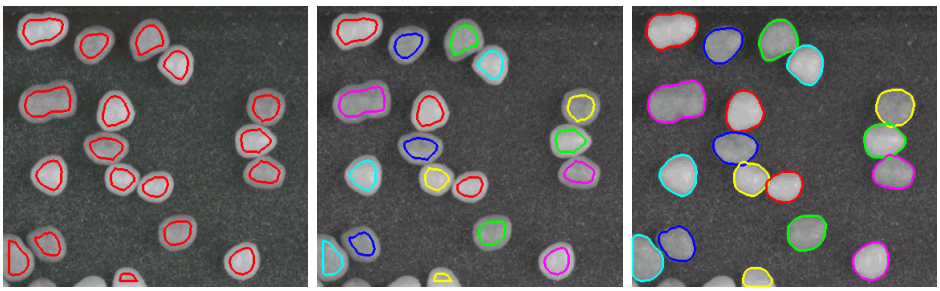
Zuerst müssen die Objekte des Bildes segmentiert werden, zum Beispiel durch die Verwendung des Operators `threshold`. Als Nächstes wird der Operator `connection` verwendet, um mehrere Regionen anstelle einer einzigen Region zu erhalten. Wie folgendes Bild (3) zeigt, ist das Ergebnis unbefriedigend, da mehrere Regionen miteinander verschmolzen sind.



(1) (2) (3)

(1) Bild mit kugelförmigen Objekten, (2) segmentierte Regionen, (3) zusammenhängende Regionen.

Dieses Problem kann mit Erosion gelöst werden. Wie oben erwähnt, reduziert eine Erosion die Fläche der Eingaberegion. Folglich werden die Regionen zerlegt wie gewünscht, wenn der Operator `connection` nach der Erosion angewendet wird. Zuletzt werden die zerlegten Regionen dilatiert, um in etwa die ursprüngliche Form der Regionen zu erhalten.

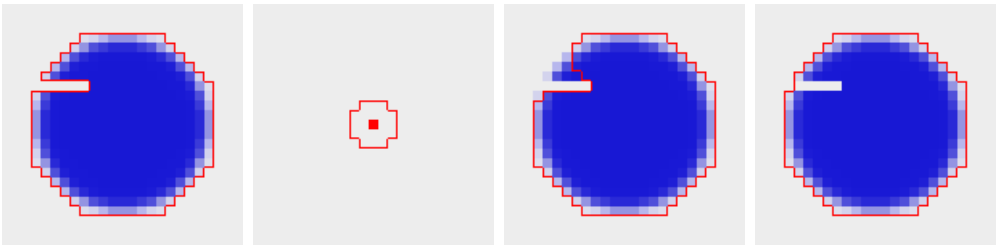


(1) (2) (3)

(1) Segmentierte Regionen nach Anwendung der Erosion, (2) zusammenhängende Regionen, (3) zusammenhängende Regionen nach der Dilatation.

Opening und Closing

Beide Operationen erzeugen die resultierende Region durch Kombination von Dilatations- und Erosions-Operationen. Opening führt eine Erosion, gefolgt von einer Dilatation, aus. Opening ist nützlich, um kleine unerwünschte Strukturen zu entfernen. Closing ist das Gegenteil von Opening, d.h. die Erosion wird nach der Dilatation ausgeführt. Der Closing-Operator ist in der Lage kleine Lücken zu schließen, wie in der folgenden Abbildung zu sehen ist.



(1) (2) (3) (4)

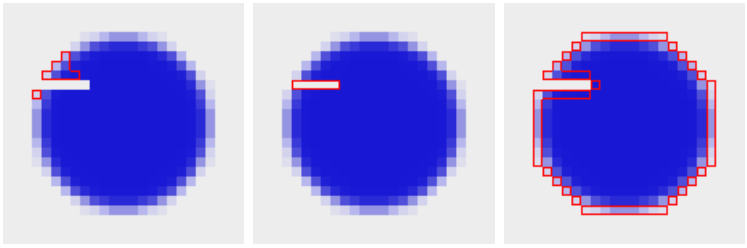
(1) Bild mit Eingaberegion, (2) strukturierendes Element mit Referenzpunkt, (3) Ergebnis der Opening-Operation, (4) Ergebnis der Closing-Operation.

Diese Operatoren können zum Öffnen oder Schließen einer Region verwendet werden:

Morphologische Operatoren		Strukturierendes Element	Referenzpunkt
opening	closing	beliebig	Ursprung
opening_circle	closing_circle	kreisförmig	Ursprung
opening_rectangle1	closing_rectangle1	rechteckig	Ursprung

Weitere Operatoren

Zusätzlich zu den oben genannten Operatoren, kann top_hat benutzt werden, um die Differenz zwischen der Eingaberegion und dem Ergebnis der Opening-Operation zu ermitteln. bottom_hat liefert die Differenz zwischen der Eingaberegion und dem Ergebnis der Closing-Operation. Darüber hinaus kann die Kontur einer Region mit dem Operator boundary ermittelt werden.



(1) (2) (3)

(1) Ergebnis der Top-Hat-Transformation, (2) Ergebnis der Bottom-Hat-Transformation, (3) Kontur der Region.

Der Operator hit_or_miss kann verwendet werden, um Objekte zu finden, wobei der Vordergrund und der Hintergrund des Bildes berücksichtigt werden. Zur Entfernung unerwünschter Zweige aus einem Skelett ist der Operator pruning geeignet.

Glossar

Im Folgenden werden die wichtigsten Begriffe, die im Zusammenhang mit der Morphologie verwendet werden, beschrieben.

Eingaberegion Region, die durch morphologische Operatoren modifiziert wird.

Strukturierendes Element Region, die zum Abtasten der Eingaberegion verwendet wird.

bottom_hat (Region, StructElement : RegionBottomHat : :)

Ermitteln von Lücken zwischen Regionen.

bottom_hat berechnet die Bottom-Hat-Operation, indem zunächst eine Closing-Operation mit StructElement (siehe closing) durchgeführt wird. Von diesem Zwischenergebnis wird die Originalregion abgezogen. Im Gegensatz zu closing, das aus Einzelregionen bei entsprechender Voraussetzung mehrere Regionen zu einer größeren zusammenschließt, bestimmt bottom_hat die Region, welche für diesen Zusammenschluss notwendig ist.

Die Position von StructElement ist ohne Bedeutung, da die Closing-Operation translationsinvariant bzgl. StructElement ist.

Das strukturierende Element (StructElement) kann mit Operatoren wie gen_circle, gen_rectangle1, gen_rectangle2, gen_ellipse, draw_region, gen_region_polygon, gen_region_points, etc. erzeugt werden.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **StructElement** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Strukturierendes Element (lageinvariant).
- ▷ **RegionBottomHat** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Ergebnis des Bottom-Hat-Operators.

Beispiel

```
read_image (Image, 'brake_disk/brake_disk_bike_01')
threshold (Image, Regions, 128, 255)
gen_circle (Circle, 40, 40, 20)
bottom_hat (Regions, Circle, RegionBottomHat)
```

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `bottom_hat` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`, `union1`, `watersheds`, `class_ndim_norm`, `gen_circle`, `gen_ellipse`, `gen_rectangle1`, `gen_rectangle2`, `draw_region`, `gen_region_points`, `gen_region_polygon_filled`

Nachfolger

`reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Alternativen

`closing`, `difference`

Siehe auch

`top_hat`, `gray_bothat`, `opening`

Modul

Foundation

boundary (Region : RegionBorder : BoundaryType :)

Reduzieren einer Region auf deren Rand.

`boundary` berechnet für jede Eingaberegion in `Region` die Kontur und gibt diese in `RegionBorder` zurück. Der Parameter `BoundaryType` bestimmt die Art der Randerzeugung.

Die Berechnung der Kontur wird mit Hilfe morphologischer Operationen durchgeführt. Die Ergebnisregionen bestehen nur aus einem minimalen Rand der Eingaberegionen. Dabei hängt die Position des Randes vom Parameter `BoundaryType` ab, für den die folgenden Werte möglich sind:

- *'inner'*: Die Kontur liegt innerhalb der Eingaberegionen.

- *'inner_filled'*: Die Kontur liegt innerhalb der Eingaberegionen, Hohlflächen der Eingaberegionen werden unterdrückt. Aufgrund der Algorithmen-Optimierung kann es leichte Abweichung geben zwischen den so erhaltenen Konturen und den entsprechenden Konturen die mit *'inner_filled'* erhalten wurden.
- *'outer'*: Die Kontur liegt ein Pixel außerhalb der Eingaberegionen.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen, die auf den Rand reduziert werden.

▷ **RegionBorder** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Ergebnisregionen.

▷ **BoundaryType** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art der Regionenrandes.
Default: 'inner'
Werteliste: `BoundaryType` ∈ {'inner', 'outer', 'inner_filled'}

Beispiel

```
#include "HalconCpp.h"
using namespace Halcon;

main()
{
  HWindow  w;
  HRegion  circ1 = HRegion::GenCircle (20, 10, 10.5);

  circ1.Display (w);
  w.Click ();

  HRegion marg1 = circ1.Boundary ("inner");
  w.SetColor ("red");
  marg1.Display (w);
  w.Click ();

  return(0);
}
```

Komplexität

Sei A die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(3\sqrt{A}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `boundary` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, union1, watersheds, class_ndim_norm

Nachfolger

reduce_domain, select_shape, area_center, connection

Alternativen

dilation_circle, erosion_circle, difference

Siehe auch

fill_up

Modul

Foundation

closing (Region, StructElement : RegionClosing : :)

Schließen von Lücken.

Die Hintereinanderschaltung von Dilatation und Minkowski-Subtraktion definiert die morphologische Grundfunktion closing. closing dient zum Glätten von Regionenrändern. Löcher in Regionen die kleiner als StructElement sind, werden geschlossen. Bei allen closing-Varianten verschmelzen die einzelnen Regionen nicht. closing verwendet intern als Bezugspunkt des strukturierenden Elementes StructElement den Schwerpunkt. Die Position von StructElement ist ohne Bedeutung, da die Closing-Operation translationsinvariant bzgl. StructElement ist.

StructElement kann mit Operatoren wie gen_circle, gen_rectangle1, gen_rectangle2, gen_ellipse, draw_region, gen_region_polygon, gen_region_points etc. erzeugt werden.

Achtung

closing wird für jede Region einzeln angewandt. Sollen Lücken zwischen den Regionen geschlossen werden, dann muss vorher ein union1 oder union2 ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen auf die die Closing-Operation angewandt wird.
- ▷ **StructElement** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Strukturierendes Element (lageinvariant).
- ▷ **RegionClosing** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen mit aufgefüllten Lücken.

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"

main()
{
  cout << "Reproduction of 'closing ()' using " << endl;
  cout << "'dilation()' and 'minkowski_sub1()'" << endl;

  HByteImage img("monkey");
  HWindow    w;

  HRegion      circ = HRegion::GenCircle (10, 10, 1.5);
  HRegionArray regs = (img >= 128).Connection();

  HRegionArray dilreg = regs.Dilation1 (circ, 1);
  HRegionArray minsub = dilreg.MinkowskiSub1 (circ, 1);
```

```
                        img.Display (w);      w.Click ();
  w.SetColor ("red");   regs.Display (w);     w.Click ();
  w.SetColor ("green"); dilreg.Display (w);   w.Click ();
  w.SetColor ("blue");  minsub.Display (w);   w.Click ();

  return(0);
}
```

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion und $F2$ die Fläche des strukturierenden Elementes, dann ist die Laufzeitkomplexität für eine Region:

$$O(2 \cdot \sqrt{F1} \cdot \sqrt{F2}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `closing` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`, `union1`, `watersheds`, `class_ndim_norm`, `gen_circle`, `gen_ellipse`, `gen_rectangle1`, `gen_rectangle2`, `draw_region`, `gen_region_points`, `gen_region_polygon_filled`

Nachfolger

`reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Alternativen

`closing_circle`

Siehe auch

`dilation1`, `erosion1`, `opening`, `minkowski_sub1`

Modul

Foundation

`closing_circle` (Region : RegionClosing : Radius :)

Ausführen eines Closings mit einer Kreismaske.

Das Funktionsverhalten von `closing_circle` ist analog zu `closing` d.h. es werden die Ränder einer Eingaberegion geglättet und Löcher innerhalb einer Region deren Größe kleiner ist als das kreisförmige, strukturierende Element mit dem `Radius`, geschlossen. Die `closing_circle`-Operation ist als die Hintereinanderschaltung von Dilatation und Minkowski-Subtraktion mit einer Kreismaske definiert.

Achtung

`closing_circle` wird für jede Region einzeln angewandt. Sollen Lücken zwischen den Regionen geschlossen werden, dann muss vorher ein `union1` oder `union2` ausgeführt werden.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen auf die der Closing-Operator angewandt wird.

▷ **RegionClosing** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen mit aufgefüllten Lücken.

▷ **Radius** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
Radius der Kreismaske.
Default: 3.5
Wertevorschläge: `Radius` ∈ {1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 7.5, 9.5, 12.5, 15.5, 19.5, 25.5, 33.5, 45.5, 60.5, 110.5}
Wertebereich: 0.5 ≤ `Radius` ≤ 511.5 (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 1.0

Beispiel

```
my_closing_circle(Hobject In, double Radius, Hobject *Out)
{
  Hobject  tmp, StructElement;
  gen_circle(StructElement,100.0,100.0,Radius);
  dilation1(In,StructElement,&tmp,1);
  minkowski_sub1(tmp,StructElement,Out,1);
}
```

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für eine Region:

$$O(4 \cdot \sqrt{F1} \cdot \texttt{Radius}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `closing_circle` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`, `union1`, `watersheds`, `class_ndim_norm`

Nachfolger

`reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Alternativen

`rank_region`, `fill_up`, `closing`

Siehe auch

`dilation1`, `minkowski_sub1`, `erosion1`, `opening`

Modul

Foundation

closing_rectangle1 (Region : RegionClosing : Width, Height :)

Ausführen eines Closings mit einer Rechtecksmaske.

closing_rectangle1 verhält sich wie closing mit rechteckigem strukturierenden Element. Die Größe des rechteckigen, strukturierenden Elementes wird durch die Parameter Width und Height bestimmt. Wie bei allen closing-Varianten werden die Ränder einer Eingaberegion geglättet und Löcher innerhalb einer Region deren Größe kleiner ist als das rechteckige strukturierende Element geschlossen.

Ähnlich wie erosion_rectangle1 und dilation_rectangle1 ist closing_rectangle1 eine sehr schnelle Operation.

Achtung

closing_rectangle1 wird für jede Region einzeln angewandt. Eine Verschmelzung von Regionen muss explizit mit Routinen wie union1 durchgeführt werden.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **RegionClosing** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Ergebnis des Closing-Operators.
- ▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite des Rechtecks.
  Default: 10
  Wertevorschläge: Width ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 12, 15, 19, 25, 33, 45, 60, 110, 150, 200}
  Wertebereich: 1 ≤ Width ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe des Rechtecks.
  Default: 10
  Wertevorschläge: Height ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 12, 15, 19, 25, 33, 45, 60, 110, 150, 200}
  Wertebereich: 1 ≤ Height ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion und H die Höhe des Rechtecks, dann ist die Laufzeitkomplexität für eine Region:

$$O(2 \cdot \sqrt{F1} \cdot log_2(H)) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion closing_rectangle1 den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, union1, watersheds, class_ndim_norm

Nachfolger

reduce_domain, select_shape, area_center, connection

Alternativen

closing

Siehe auch

dilation_rectangle1, erosion_rectangle1, opening_rectangle1, gen_rectangle1

Modul

Foundation

dilation1 (Region, StructElement : RegionDilation : Iterations :)

Ausdehnen von Regionen.

dilation1 berechnet die Dilatation der Eingaberegionen mit einem strukturierenden Element. Die Anwendung von dilation1 glättet die Ränder der Regionen. Gleichzeitig vergrößert sich die Fläche dieser Regionen. Darüber hinaus kann es vorkommen, dass vorher nicht zusammenhängende Regionen verschmolzen werden. Dennoch bleiben solche Regionen logisch verschiedene Region. Die Dilatation ist eine mengentheoretische Regionenoperation. Sie verwendet die Operation Vereinigung.

Seien M (StructElement) und R (Region) Regionen, wobei M das „strukturierende Element“ und R die zu verarbeitende Region darstellt. Sei weiterhin m ein Punkt aus M, dann wird der Verschiebungsvektor $\vec{v}_m = (dx, dy)$ definiert als die Differenz des Schwerpunktvektors von M mit dem Vektor $\vec{m}$. Die Translation einer Region R um einen Vektor $\vec{v}$ sei mit $t_{\vec{v}_m}(R)$ bezeichnet. Dann ist

$$\texttt{dilation1}(R, M) := \bigcup_{m \in M} t_{-\vec{v}_m}(R)$$

Es wird für jeden Punkt m in M eine Translation mit der Region R durchgeführt. Die Vereinigung über all diese Verschiebungen ist die Dilatation der Region R mit M. dilation1 entspricht dem Operator minkowski_add1 mit dem Unterschied, dass bei dilation1 das strukturierende Element punktgespiegelt wird. Die Position von StructElement ist ohne Bedeutung, da die Verschiebungsvektoren bzgl. des Schwerpunktes bestimmt werden.

Der Parameter Iterations bezeichnet die Anzahl der Iterationen, die mit dem strukturierenden Elemente ausgeführt werden sollen. Als Eingaberegion für die Iteration n wird die Ergebnisregion der Iteration $(n-1)$ verwendet. Aus der obigen Definition ergibt sich, dass bei einem leeren strukturierenden Element eine leere Region erzeugt wird.

Strukturierende Elemente (StructElement) können mit Operatoren wie gen_circle, gen_rectangle1, gen_rectangle2, gen_ellipse, draw_region, gen_region_polygon, gen_region_points etc. erzeugt werden.

Achtung

Eine Dilatation führt grundsätzlich zu einer Vergrößerung der Regionen. Eng benachbarte Regionen, die nach Ausführung des Operators zusammenstoßen oder sich überlappen, werden weiterhin als zwei getrennte Regionen behandelt. Um eine Vereinigung zweier Regionen zu erreichen muss zuerst ein union1 durchgeführt werden.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen,die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **StructElement** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Strukturierendes Element.
- ▷ **RegionDilation** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Ergebnis der Dilation-Operation.

▷ **Iterations** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Iterationen.
Default: 1
Wertevorschläge: Iterations ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 20, 30, 40, 50}
Wertebereich: 1 ≤ Iterations (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion und $F2$ die Fläche des strukturierenden Elementes, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(\sqrt{F1} \cdot \sqrt{F2} \cdot \texttt{Iterations}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion dilation1 den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, union1, watersheds, class_ndim_norm, gen_circle, gen_ellipse, gen_rectangle1, gen_rectangle2, draw_region, gen_region_points, gen_region_polygon_filled

Nachfolger

reduce_domain, add_channels, select_shape, area_center, connection

Alternativen

minkowski_add1, minkowski_add2, dilation2

Siehe auch

erosion1, erosion2, opening, closing

Modul

Foundation

dilation2 (Region, StructElement : RegionDilation : Row, Column, Iterations :)

Ausdehnen von Regionen (mit Bezugspunkt).

dilation2 berechnet die Dilatation der Eingaberegionen mit einem strukturierenden Element (StructElement) und dem Bezugspunkt, der durch Row und Column charakterisiert wird. dilation2 entspricht dem Operator dilation1 mit dem Unterschied, dass der Bezugspunkt des strukturierenden Elementes frei gewählt werden kann. Der Parameter Iterations bezeichnet die Anzahl der Iterationen, die mit dem strukturierenden Elemente ausgeführt werden sollen. Als Eingaberegion für die Iteration n wird die Ergebnisregion der Iteration $(n-1)$ verwendet.

Bei Verwendung des leeren strukturierenden Elementes wird eine leere Region erzeugt.

Strukturierende Elemente (StructElement) können mit Operatoren wie gen_circle, gen_rectangle1, gen_rectangle2, gen_ellipse, draw_region, gen_region_polygon, gen_region_points, etc. erzeugt werden.

Achtung

Eine Dilatation führt grundsätzlich zu einer Vergrößerung der Regionen. Eng benachbarte Regionen, die nach Ausführung des Operators zusammenstoßen oder sich überlappen werden weiterhin als zwei getrennte Regionen behandelt. Um eine Vereinigung zweier Regionen zu erreichen muss zuerst ein `union1` durchgeführt werden.

Parameter

- ▷ **`Region`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **`StructElement`** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Strukturierendes Element für Dilation-Operation.
- ▷ **`RegionDilation`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Ergebnis der Dilation-Operation.
- ▷ **`Row`** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer*
  Zeile des Bezugspunktes.
  Default: 0
- ▷ **`Column`** (input_control) ..... point.x ⇝ *integer*
  Spalte des Bezugspunktes.
  Default: 0
- ▷ **`Iterations`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Iterationen.
  Default: 1
  Wertevorschläge: `Iterations` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 7, 11, 17, 25, 32, 64, 128}
  Wertebereich: 1 ≤ Iterations (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion und $F2$ die Fläche des strukturierenden Elementes, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(\sqrt{F1} \cdot \sqrt{F2} \cdot \texttt{Iterations}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `dilation2` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`, `union1`, `watersheds`, `class_ndim_norm`, `gen_circle`, `gen_ellipse`, `gen_rectangle1`, `gen_rectangle2`, `draw_region`, `gen_region_points`, `gen_region_polygon_filled`

Nachfolger

`reduce_domain`, `add_channels`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Alternativen

`minkowski_add1`, `minkowski_add2`, `dilation1`

Siehe auch

`erosion1`, `erosion2`, `opening`, `closing`

Modul

Foundation

dilation_circle (Region : RegionDilation : Radius :)

Ausführen einer Dilatation mit einer Kreismaske.

dilation_circle führt eine Minkowski-Addition mit einer Kreismaske aus. Da die Kreismaske symmetrisch ist, ist dies identisch mit einer Dilatation. Die Größe des Kreises, der als strukturierendes Element verwendet wird, ist durch Radius angegeben.

Die Wirkung dieser Funktion ist das Vergrößern der Region, die Glättung der Ränder, sowie das Verschließen von Löchern innerhalb der Region, die kleiner sind als die Kreismaske. Sinnvollerweise wird der Radius auf Werte wie 3.5, 5.5 etc. gesetzt, um so Translationen der Region zu vermeiden. Bei ganzzahligen Radien hat der Kreis nämlich keinen ganzzahligen Schwerpunkt, der aber gerundet werden muss.

Achtung

dilation_circle wird für jede Region einzeln angewandt. Sollen Lücken zwischen den Regionen geschlossen werden, dann muss vorher ein union1 oder union2 ausgeführt werden.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen auf die der Dilation-Operator angewandt wird.
- ▷ **RegionDilation** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen mit aufgefüllten Lücken.
- ▷ **Radius** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
  Radius der Kreismaske.
  Default: 3.5
  Wertevorschläge: Radius ∈ {1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 7.5, 9.5, 12.5, 15.5, 19.5, 25.5, 33.5, 45.5, 60.5, 110.5}
  Wertebereich: 0.5 ≤ Radius ≤ 511.5 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1.0
  Empfohlene Schrittweite: 1.0

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"

main()
{
  cout << "Reproduction of 'dilation_circle ()'" << endl;
  cout << "First = original image " << endl;
  cout << "Blue  = after dilation " << endl;
  cout << "Red   = before dilation " << endl;

  HByteImage img("monkey");
  HWindow    w;

  HRegion      circ   = HRegion::GenCircle (10, 10, 1.5);
  HRegionArray regs   = (img >= 128).Connection();
  HRegionArray minadd = regs.MinkowskiAdd1 (circ, 1);

                        img.Display (w);      w.Click ();
  w.SetColor ("blue");  minadd.Display (w);   w.Click ();
  w.SetColor ("red");   regs.Display (w);     w.Click ();

  return(0);
}
```

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für eine Region:

$$O(2 \cdot \texttt{Radius} \cdot \sqrt{F1}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `dilation_circle` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`, `union1`, `watersheds`, `class_ndim_norm`

Nachfolger

`reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Alternativen

`minkowski_add1`, `minkowski_add2`, `expand_region`, `dilation1`, `dilation2`, `dilation_rectangle1`

Siehe auch

`gen_circle`, `erosion_circle`, `closing_circle`, `opening_circle`

Modul

Foundation

dilation_rectangle1 (Region : RegionDilation : Width, Height :)

Ausführen einer Dilatation mit einem Rechteck.

`dilation_rectangle1` führt eine Dilatation auf der/den angegebenen Region(en) `Region` durch. Das strukturierende Element für diese Operation bildet ein Rechteck mit der Größe `Width` × `Height`. Die Funktion führt zu einer Expansion der Region und zum Schließen von Löchern, die kleiner als das angegebene Rechteck sind, innerhalb der Regionen.

`dilation_rectangle1` ist eine sehr schnelle Operation, da die Höhe des Rechtecks nur logarithmisch, die Breite gar nicht in die Komplexität eingeht. Dies führt auch bei sehr großen Rechtecken (Kante > 100) zu einem sehr gutem Laufzeitverhalten.

Achtung

`dilation_rectangle1` wird für jede Region einzeln angewandt. Sollen Lücken zwischen den Regionen geschlossen werden, dann muss vorher ein `union1` oder `union2` ausgeführt werden.

Damit eine Region in alle Richtungen gleichmäßig vergrößert wird, müssen `Width` und `Height` ungerade sein. Falls das nicht der Fall ist, wird die Region rechts bzw. unten um ein Pixel weiter dilatiert als links bzw. oben.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen die verarbeitet werden sollen.

▷ **RegionDilation** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Ergebnis der Dilation-Operation.

▷ **Width** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Breite des Rechtecks.
Default: 11
Wertevorschläge: Width ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 11, 15, 21, 31, 51, 71, 101, 151, 201}
Wertebereich: 1 ≤ Width ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Height** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Rechtecks.
Default: 11
Wertevorschläge: Height ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 11, 15, 21, 31, 51, 71, 101, 151, 201}
Wertebereich: 1 ≤ Height ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"

main()
{
  cout << "Reproduction of 'dilation_rectangle ()'" << endl;
  cout << "First = original image " << endl;
  cout << "Blue  = after dilation " << endl;
  cout << "Red   = after segmentation " << endl;

  HByteImage img("monkey");
  HWindow    w;

  HRegionArray regs   = (img >= 220).Connection();
  HRegionArray dilreg = regs.DilationRectangle1 (2, 4);

                        img.Display (w);      w.Click ();
  w.SetColor ("blue");  dilreg.Display (w);   w.Click ();
  w.SetColor ("red");   regs.Display (w);     w.Click ();

  return(0);
}
```

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion und H die Höhe des Rechtecks, dann ist die Laufzeitkomplexität für eine Region:

$$O(\sqrt{F1} \cdot ld(H)) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion dilation_rectangle1 den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, union1, watersheds, class_ndim_norm

Nachfolger

reduce_domain, select_shape, area_center, connection

Alternativen

minkowski_add1, minkowski_add2, expand_region, dilation1, dilation2, dilation_circle

Siehe auch

gen_rectangle1, gen_region_polygon_filled

Modul

Foundation

erosion1 (Region, StructElement : RegionErosion : Iterations :)

Verdünnen von Regionen.

erosion1 berechnet die Erosion der Eingaberegionen mit einem strukturierenden Element. Die Anwendung von erosion1 glättet die Ränder der Regionen. Gleichzeitig verkleinert sich die Fläche dieser Regionen. Darüber hinaus kann es vorkommen, dass vorher zusammenhängende Regionen getrennt werden. Dennoch bleiben solche Regionen logisch eine Region. Die Erosion ist eine mengentheoretische Regionenoperation. Sie verwendet die Operation Durchschnitt.

Seien M (StructElement) und R (Region) Regionen, wobei M das „strukturierende Element“ und R die zu verarbeitende Region darstellt. Sei weiterhin m ein Punkt aus M, dann wird der Verschiebungsvektor $\vec{v}_m = (dx, dy)$ definiert als die Differenz des Schwerpunktvektors von M mit dem Vektor $\vec{m}$. Die Translation einer Region R um einen Vektor $\vec{v}$ sei mit $t_{\vec{v}_m}(R)$ bezeichnet. Dann ist

$$\texttt{erosion1}(R, M) := \bigcap_{m \in M} t_{-\vec{v}_m}(R).$$

Es wird für jeden Punkt aus M eine Translation mit der Region R durchgeführt. Der Durchschnitt über all diesen Verschiebungen ist die Erosion der Region R mit M. erosion1 entspricht dem Operator minkowski_sub1 mit dem Unterschied, dass bei erosion1 das strukturierende Element punktgespiegelt wird. Die Position von StructElement ist ohne Bedeutung, da die Verschiebungsvektoren bzgl. des Schwerpunktes bestimmt werden.

Der Parameter Iterations bezeichnet die Anzahl der Iterationen, die mit dem strukturierenden Element ausgeführt werden sollen. Als Eingaberegion für die n-te Iteration wird die Ergebnisregion der $(n-1)$-ten Iteration verwendet. Bei Verwendung eines leeren strukturierenden Elementes wird die maximale Region erzeugt.

Strukturierende Elemente (StructElement) können mit Operatoren wie gen_circle, gen_rectangle1, gen_rectangle2, gen_ellipse, draw_region, gen_region_polygon, gen_region_points, etc. erzeugt werden.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **StructElement** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Strukturierendes Element für die Erosion.
- ▷ **RegionErosion** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Ergebnis der Erosion.

▷ **Iterations** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Iterationen.
Default: 1
Wertevorschläge: Iterations ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 20, 30, 40, 50}
Wertebereich: 1 ≤ Iterations (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion und $F2$ die Fläche des strukturierenden Elementes, dann ist die Laufzeitkomplexität für eine Region:

$$O(\sqrt{F1} \cdot \sqrt{F2} \cdot \texttt{Iterations}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion erosion1 den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, watersheds, class_ndim_norm, gen_circle, gen_ellipse, gen_rectangle1, gen_rectangle2, draw_region, gen_region_points, gen_region_polygon_filled

Nachfolger

connection, reduce_domain, select_shape, area_center

Alternativen

minkowski_sub1, minkowski_sub2, erosion2

Siehe auch

transpose_region

Modul

Foundation

erosion2 (Region, StructElement : RegionErosion : Row, Column, Iterations :)

Verdünnen von Regionen (mit Bezugspunkt).

erosion2 berechnet die Erosion der Eingaberegionen mit einem strukturierenden Element StructElement und einem Bezugspunkt, der durch Row und Column bestimmt ist. Der Operator führt eine Regionentransformation durch. erosion2 entspricht dem Operator erosion1 mit dem Unterschied, dass bei erosion2 der Bezugspunkt frei gewählt werden kann. Der Parameter Iterations bezeichnet die Anzahl der Iterationen, die mit dem strukturierenden Element ausgeführt werden sollen. Als Eingaberegion für die n-te Iteration wird die Ergebnisregion der $(n-1)$-ten Iteration verwendet.

Bei Verwendung des leeren strukturierenden Elementes wird die maximale Region erzeugt.

Strukturierende Elemente (StructElement) können mit Operatoren wie gen_circle, gen_rectangle1, gen_rectangle2, gen_ellipse, draw_region, gen_region_polygon, gen_region_points, etc. erzeugt werden.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen die verarbeitet werden sollen.

▷ **StructElement** (input_object) ..... region ⇝ *object*
Strukturierendes Element für die Erosion

▷ **RegionErosion** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Ergebnis der Erosion.

▷ **Row** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer*
Zeile des Bezugspunkts.
Default: 0
Wertebereich: $0 \leq$ `Row` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Column** (input_control) ..... point.x ⇝ *integer*
Spalte des Bezugspunkts.
Default: 0
Wertebereich: $0 \leq$ `Column` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Iterations** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Iterationen.
Default: 1
Wertevorschläge: `Iterations` $\in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 20, 30, 40, 50\}$
Wertebereich: $1 \leq$ Iterations (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion und $F2$ die Fläche des strukturierenden Elementes, dann ist die Laufzeitkomplexität für eine Region:

$$O(\sqrt{F1} \cdot \sqrt{F2} \cdot \texttt{Iterations}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `erosion2` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `watersheds`, `class_ndim_norm`, `gen_circle`, `gen_ellipse`, `gen_rectangle1`, `gen_rectangle2`, `draw_region`, `gen_region_points`, `gen_region_polygon_filled`

Nachfolger

`reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Alternativen

`minkowski_sub2`, `minkowski_sub1`, `erosion1`

Siehe auch

`transpose_region`, `gen_circle`, `gen_rectangle2`, `gen_region_polygon`

Modul

Foundation

erosion_circle (Region : RegionErosion : Radius :)

Ausführen einer Erosion mit einer Kreismaske.

erosion_circle führt eine Minkowski-Subtraktion mit einer Kreismaske aus. Die Größe des Kreises, der als strukturierendes Element verwendet wird, ist durch Radius angegeben.

Die erkennbare Wirkung dieser Funktion ist die Glättung der Regionenränder. Zusätzlich werden Regionen, die flächenmäßig kleiner sind als die Kreismaske eliminiert. Sinnvollerweise wird der Radius auf Werte wie 3.5, 5.5 etc. gesetzt, um so Translationen der Region zu vermeiden. Bei ganzzahligen Radien hat der Kreis nämlich keinen ganzzahligen Schwerpunkt, der aber gerundet werden muss.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen auf die der Erosion-Operator angewandt wird.
- ▷ **RegionErosion** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Verkleinerte Regionen.
- ▷ **Radius** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
  Radius der Kreismaske.
  Default: 3.5
  Wertevorschläge: Radius ∈ {1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 7.5, 9.5, 12.5, 15.5, 19.5, 25.5, 33.5, 45.5, 60.5, 110.5}
  Wertebereich: 0.5 ≤ Radius ≤ 511.5 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1.0
  Empfohlene Schrittweite: 1.0

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"

main()
{
  cout << "Simulation of 'erosion_circle ()'" << endl;
  cout << "First = original image " << endl;
  cout << "Red   = after segmentation " << endl;
  cout << "Blue  = after erosion " << endl;

  HByteImage img("monkey");
  HWindow    w;

  HRegion      circ   = HRegion::GenCircle (10, 10, 1.5);
  HRegionArray regs   = (img >= 128).Connection();
  HRegionArray minsub = regs.MinkowskiSub1 (circ, 1);

                         img.Display (w);      w.Click ();
  w.SetColor ("red");   regs.Display (w);     w.Click ();
  w.SetColor ("blue");  minsub.Display (w);   w.Click ();

  return(0);
}
```

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für eine Region:

$$O(2 \cdot \texttt{Radius} \cdot \sqrt{F1}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `erosion_circle` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `watersheds`, `class_ndim_norm`

Nachfolger

`connection`, `reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`

Alternativen

`minkowski_sub1`

Siehe auch

`gen_circle`, `dilation_circle`, `closing_circle`, `opening_circle`

Modul

Foundation

erosion_rectangle1 (Region : RegionErosion : Width, Height :)

Ausführen einer Erosion mit einem Rechteck.

`erosion_rectangle1` führt eine Erosion auf der/den angegebenen Region(en) `Region` durch. Das strukturierende Element für diese Operation bildet ein Rechteck mit den Größenparametern `Width` × `Height`. Die Funktion führt zu einer Verkleinerung der Region.

`erosion_rectangle1` ist eine sehr schnelle Operation, da die Höhe des Rechtecks nur logarithmisch, die Breite gar nicht in die Komplexität eingeht. Dies führt auch bei sehr großen Rechtecken (Kante > 100) zu einem sehr gutem Laufzeitverhalten.

Regionen, die schmale Verbindungsstege zwischen größeren Flächen besitzen werden zwar optisch getrennt, jedoch bleibt die Region logisch als eine Region erhalten.

Achtung

Damit eine Region in alle Richtungen gleichmäßig verkleinert wird, müssen `Width` und `Height` ungerade sein. Falls das nicht der Fall ist, wird die Region rechts bzw. unten um ein Pixel weniger erodiert als links bzw. oben.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen die verarbeitet werden sollen.

▷ **RegionErosion** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Ergebnis der Erosions-Operation.

▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
Breite des Rechtecks.
Default: 11
Wertevorschläge: `Width` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 11, 15, 21, 31, 51, 71, 101, 151, 201}
Wertebereich: $1 \leq$ `Width` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Height** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Rechtecks.
Default: 11
Wertevorschläge: Height ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 11, 15, 21, 31, 51, 71, 101, 151, 201}
Wertebereich: 1 ≤ Height ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion und H die Höhe des Rechtecks, dann ist die Laufzeitkomplexität für eine Region:

$$O(\sqrt{F1} \cdot ld(H)) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion erosion_rectangle1 den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, watersheds, class_ndim_norm

Nachfolger

reduce_domain, select_shape, area_center, connection

Alternativen

erosion1, minkowski_sub1

Siehe auch

gen_rectangle1

Modul

Foundation

hit_or_miss (Region, StructElement1,
StructElement2 : RegionHitMiss : Row, Column :)

Ausführen der Hit-or-Miss-Operation für Regionen.

hit_or_miss berechnet die Hit-or-Miss-Transformation. Der Operator führt dabei zuerst eine Erosion der Region Region mit dem strukturierenden Element StructElement1 durch. Im zweiten Schritt wird eine Erosion der komplementären Region mit dem strukturierenden Element StructElement2 durchgeführt. Aus den beiden Zwischenergebnissen wird die Schnittmenge gebildet.

Die Hit-or-Miss-Transformation wählt genau die Punkte aus, deren Umgebung die Bedingungen der strukturierenden Elemente StructElement1 und StructElement2 erfüllen. StructElement1 bezeichnet dabei die Punkte des Vordergrundes, StructElement2 die Punkte des Hintergrundes. Für ein sinnvolles Ergebnis müssen StructElement1 und StructElement2 wie Schlüssel und Schloss zusammenpassen. StructElement1 und StructElement2 sind in jedem Fall disjunkt. Row und Column bezeichnen Zeilen- und Spaltennummer des Bezugspunktes.

Strukturierende Elemente (StructElement1, StructElement2) können mit Operatoren wie gen_region_points, etc. erzeugt werden.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **StructElement1** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Erosionsmaske für die Eingaberegionen.
- ▷ **StructElement2** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Erosionsmaske für die Komplemente der Eingaberegionen.
- ▷ **RegionHitMiss** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Das Ergebnis der Hit-or-Miss-Operation.
- ▷ **Row** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer*
  Zeile des Bezugspunktes.
  Default: 16
  Wertevorschläge: `Row` ∈ {0, 16, 32, 128, 256}
  Wertebereich: 0 ≤ `Row` ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **Column** (input_control) ..... point.x ⇝ *integer*
  Spalte des Bezugspunktes.
  Default: 16
  Wertevorschläge: `Column` ∈ {0, 16, 32, 128, 256}
  Wertebereich: 0 ≤ `Column` ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, $F1$ die Fläche des strukturierenden Elementes 1 und $F2$ die Fläche der des strukturierenden Elementes 2, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O\left(\sqrt{F} \cdot \left(\sqrt{F1} + \sqrt{F2}\right)\right) \quad .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `hit_or_miss` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`, `union1`, `watersheds`, `class_ndim_norm`

Nachfolger

`difference`, `reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Alternativen

`erosion2`, `dilation2`

Siehe auch

`gen_region_points`, `gen_region_polygon_filled`

Modul

Foundation

minkowski_add1 (Region,
StructElement : RegionMinkAdd : Iterations :)

Ausdehnen von Regionen.

minkowski_add1 berechnet die Minkowski-Addition der Eingaberegionen mit einem strukturierenden Element. Die Anwendung von minkowski_add1 glättet die Ränder der Regionen. Gleichzeitig vergrößert sich die Fläche dieser Regionen. Darüber hinaus kann es vorkommen, dass vorher nicht zusammenhängende Regionen verschmolzen werden. Dennoch bleiben solche Regionen logisch verschiedene Region. Die Minkowski-Addition ist eine mengentheoretische Regionenoperation. Sie basiert auf Translation und Vereinigung.

Seien M StructElement und R (Region) Regionen, wobei M das „strukturierende Element“ und R die zu verarbeitende Region darstellt. Sei weiterhin m ein Punkt aus M, dann wird der Verschiebungsvektor $\vec{v}_m = (dx, dy)$ definiert als die Differenz des Schwerpunktvektors von M mit dem Vektor $\vec{m}$. Die Translation einer Region R um einen Vektor $\vec{v}$ sei mit $t_{\vec{v}_m}(R)$ bezeichnet. Dann ist

$$\texttt{minkowski_add1}(R, M) := \bigcup_{m \in M} t_{\vec{v}_m}(R)$$

Es wird für jeden Punkt m in M eine Translation mit der Region R durchgeführt. Die Vereinigung über all diese Verschiebungen ist die Dilatation der Region R mit M. Der Unterschied zwischen minkowski_add1 und dilation1 ist die Punktspiegelung des strukturierenden Elements (Negation des Verschiebungsvektors) bei dilation1. Die Position von StructElement ist ohne Bedeutung, da die Verschiebungsvektoren bzgl. des Schwerpunktes bestimmt werden.

Der Parameter Iterations bezeichnet die Anzahl der Iterationen, die mit dem strukturierenden Element ausgeführt werden sollen. Als Eingaberegion für die n-te Iteration wird die Ergebnisregion der $(n-1)$-ten Iteration verwendet. Aus der obigen Definition ergibt sich, dass bei einem leeren strukturierenden Element eine leere Region erzeugt wird.

Strukturierende Elemente (StructElement) können mit Operatoren wie gen_circle, gen_rectangle1, gen_rectangle2, gen_ellipse, draw_region, gen_region_polygon, gen_region_points etc. erzeugt werden.

Achtung

Eine Minkowski-Addition führt grundsätzlich zu einer Vergrößerung der Regionen. Eng benachbarte Regionen, die nach Ausführung des Operators zusammenstoßen oder sich überlappen werden weiterhin als zwei getrennte Regionen behandelt. Um eine Vereinigung zweier Regionen zu erreichen muss zuerst ein union1 durchgeführt werden.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **StructElement** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Strukturierendes Element.
- ▷ **RegionMinkAdd** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Ergebnis der Minkowski-Addition.
- ▷ **Iterations** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Iterationen.
  Default: 1
  Wertevorschläge: Iterations ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 20, 30, 40, 50}
  Wertebereich: 1 ≤ Iterations (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion und $F2$ die Fläche des strukturierenden Elementes, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(\sqrt{F1} \cdot \sqrt{F2} \cdot \texttt{Iterations}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion minkowski_add1 den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, union1, watersheds, class_ndim_norm, gen_circle, gen_ellipse, gen_rectangle1, gen_rectangle2, draw_region, gen_region_points, gen_region_polygon_filled

Nachfolger

reduce_domain, select_shape, area_center, connection

Alternativen

minkowski_add2, dilation1

Siehe auch

transpose_region, minkowski_sub1

Modul

Foundation

minkowski_add2 (Region, StructElement : RegionMinkAdd : Row, Column, Iterations :)

Ausdehnen von Regionen (mit Bezugspunkt).

minkowski_add2 berechnet die Minkowski-Addition der Eingaberegionen mit einem strukturierenden Element (StructElement) und dem Bezugspunkt, der durch Row und Column charakterisiert wird. minkowski_add2 entspricht dem Operator minkowski_add1 mit dem Unterschied, dass der Bezugspunkt des strukturierenden Elementes frei gewählt werden kann. Der Parameter Iterations bezeichnet die Anzahl der Iterationen, die mit dem strukturierenden Element ausgeführt werden sollen. Als Eingaberegion für die n-te Iteration wird die Ergebnisregion der $(n-1)$-ten Iteration verwendet.

Bei Verwendung des leeren strukturierenden Elementes wird ein leere Region erzeugt.

Strukturierende Elemente können mit Operatoren wie gen_circle, gen_rectangle1, gen_rectangle2, gen_ellipse, draw_region, gen_region_polygon, gen_region_points etc. erzeugt werden.

Achtung

Eine Minkowski-Addition führt grundsätzlich zu einer Vergrößerung der Regionen. Eng benachbarte Regionen, die nach Ausführung des Operators zusammenstoßen oder sich überlappen werden weiterhin als zwei getrennte Regionen behandelt. Um eine Vereinigung zweier Regionen zu erreichen muss zuerst ein union1 durchgeführt werden.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen die verarbeitet werden sollen.

▷ **StructElement** (input_object) ..... region ⇝ *object*
Strukturierendes Element.

▷ **RegionMinkAdd** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Ergebnis der Minkowski-Addition.

▷ **Row** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer*
Zeile des Bezugspunktes.
Wertebereich: $1 \leq$ Row ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *integer*
Spalte des Bezugspunktes.
Wertebereich: 1 ≤ Column ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Iterations** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Iterationen.
Default: 1
Wertevorschläge: Iterations ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 20, 30, 40, 50}
Wertebereich: 1 ≤ Iterations (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion und $F2$ die Fläche des strukturierenden Elementes, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(\sqrt{F1} \cdot \sqrt{F2} \cdot \texttt{Iterations}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion minkowski_add2 den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, union1, watersheds, class_ndim_norm, gen_circle, gen_ellipse, gen_rectangle1, gen_rectangle2, draw_region, gen_region_points, gen_region_polygon_filled

Nachfolger

reduce_domain, select_shape, area_center, connection

Alternativen

minkowski_add1, dilation1

Siehe auch

transpose_region

Modul

Foundation

minkowski_sub1 (Region,
StructElement : RegionMinkSub : Iterations :)

Verdünnen von Regionen.

minkowski_sub1 berechnet die Minkowski-Subtraktion der Eingaberegionen mit einem Strukturierenden Element. Die Anwendung von minkowski_sub1 glättet die Ränder der Regionen. Gleichzeitig verkleinert sich die Fläche dieser Regionen. Darüber hinaus kann es vorkommen, dass vorher zusammenhängende Regionen getrennt werden. Dennoch bleiben solche Regionen logisch eine Region. Die Minkowski-Subtraktion ist eine mengentheoretische Regionenoperation. Sie verwendet die Operation Durchschnitt.

Seien M (`StructElement`) und R (`Region`) Regionen, wobei M das „strukturierende Element“ und R die zu verarbeitende Region darstellt. Sei weiterhin m ein Punkt aus M, dann wird der Verschiebungsvektor $\vec{v}_m = (dx, dy)$ definiert als die Differenz des Schwerpunktvektors von M mit dem Vektor $\vec{m}$. Die Translation einer Region R um einen Vektor $\vec{v}$ sei mit $t_{\vec{v}_m}(R)$ bezeichnet. Dann ist

$$\texttt{minkowski_sub1}(R, M) := \bigcap_{m \in M} t_{\vec{v}_m}(R)$$

Es wird für jeden Punkt aus M eine Translation mit der Region R durchgeführt. Der Durchschnitt über all diesen Verschiebungen ist die Minkowski-Differenz der Region R mit M. Der Unterschied zwischen `minkowski_sub1` und `erosion1` ist die Punktspiegelung des strukturierenden Elemente (Negation des Verschiebungsvektors) bei `erosion1`. Die Position von `StructElement` ist ohne Bedeutung, da die Verschiebungsvektoren bzgl. des Schwerpunktes bestimmt werden.

Der Parameter `Iterations` bezeichnet die Anzahl der Iterationen, die mit dem strukturierenden Element ausgeführt werden sollen. Als Eingaberegion für die n-te Iteration wird die Ergebnisregion der $(n-1)$-ten Iteration verwendet. Bei Verwendung eines leeren strukturierenden Elementes wird die maximale Region erzeugt.

Strukturierende Elemente (`StructElement`) können mit Operatoren wie `gen_circle`, `gen_rectangle1`, `gen_rectangle2`, `gen_ellipse`, `draw_region`, `gen_region_polygon`, `gen_region_points`, etc. erzeugt werden.

Parameter

- ▷ **`Region`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **`StructElement`** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Strukturierendes Element.
- ▷ **`RegionMinkSub`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Ergebnis der Minkowski-Subtraktion.
- ▷ **`Iterations`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Iterationen.
  Default: 1
  Wertevorschläge: `Iterations` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 20, 30, 40, 50}
  Wertebereich: 1 ≤ Iterations (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion und $F2$ die Fläche des strukturierenden Elementes, dann ist die Laufzeitkomplexität für eine Region:

$$O(\sqrt{F1} \cdot \sqrt{F2} \cdot \texttt{Iterations}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `minkowski_sub1` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, union1, watersheds, class_ndim_norm, gen_circle, gen_ellipse, gen_rectangle1, gen_rectangle2, draw_region, gen_region_points, gen_region_polygon_filled

Nachfolger

reduce_domain, select_shape, area_center, connection

Alternativen

minkowski_sub2, erosion1

Siehe auch

transpose_region

Modul

Foundation

minkowski_sub2 (Region, StructElement : RegionMinkSub : Row, Column, Iterations :)

Verdünnen von Regionen (mit Bezugspunkt).

minkowski_sub2 berechnet die Minkowski-Subtraktion der Eingaberegionen mit einem Strukturierenden Element StructElement und dem Bezugspunkt in Row und Column. minkowski_sub2 entspricht dem Operator minkowski_sub1 mit dem Unterschied, dass bei minkowski_sub2 der Bezugspunkt frei gewählt werden kann. Der Parameter Iterations bezeichnet die Anzahl der Iterationen, die mit dem strukturierenden Element ausgeführt werden sollen. Als Eingaberegion für die n-te Iteration wird die Ergebnisregion der $(n-1)$-ten Iteration verwendet.

Bei Verwendung des leeren strukturierenden Elementes wird die maximale Region erzeugt.

Strukturierende Elemente (StructElement) können mit Operatoren wie gen_circle, gen_rectangle1, gen_rectangle2, gen_ellipse, draw_region, gen_region_polygon, gen_region_points, etc. erzeugt werden.

Parameter

▷ **Region** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Regionen die verarbeitet werden sollen.

▷ **StructElement** (input_object) . . . . . region ⇝ *object*
Strukturierendes Element.

▷ **RegionMinkSub** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Ergebnis der Erosion.

▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *integer*
Zeile des Bezugspunkts.
Default: 0
Wertevorschläge: Row ∈ {0, 10, 16, 32, 64, 100, 128}
Wertebereich: 0 ≤ Row ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *integer*
Spalte des Bezugspunkts.
Default: 0
Wertevorschläge: Column ∈ {0, 10, 16, 32, 64, 100, 128}
Wertebereich: 0 ≤ Column ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Iterations** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Iterationen.
Default: 1
Wertevorschläge: Iterations ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 20, 30, 40, 50}
Wertebereich: 1 ≤ Iterations (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion und $F2$ die Fläche des strukturierenden Elementes, dann ist die Laufzeitkomplexität für eine Region:

$$O(\sqrt{F1} \cdot \sqrt{F2} \cdot \texttt{Iterations}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion minkowski_sub2 den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, watersheds, class_ndim_norm, gen_circle, gen_ellipse, gen_rectangle1, gen_rectangle2, draw_region, gen_region_points, gen_region_polygon_filled

Nachfolger

reduce_domain, select_shape, area_center, connection

Alternativen

minkowski_sub1, erosion1, erosion2

Siehe auch

gen_circle, gen_rectangle2, gen_region_polygon

Modul

Foundation

opening (Region, StructElement : RegionOpening : :)

Auftrennen von Lücken.

Die opening-Operation ist als die Hintereinanderschaltung von Erosion und Minkowski-Addition definiert. Durch Anwendung von opening bleiben größere Strukturen weitgehend erhalten, kleine Regionen wie Linien und Punkte sowie feine Strukturen werden gelöscht. Im Gegensatz dazu bewirkt eine closing-Operation, dass kleine Unterbrechungen, Lücken und Risse erhalten bleiben bzw. ausgefüllt werden (siehe hierzu closing).

opening dient zur Elimination von kleinen Regionen (kleiner als StructElement) und zum Glätten der Ränder. opening verwendet intern als Bezugspunkt den Schwerpunkt des strukturierenden Elementes. Die Position von StructElement ist aber ohne Bedeutung, da Opening translationsinvariant gegenüber dem strukturierende Element ist.

StructElement kann mit Operatoren wie gen_circle, gen_rectangle1, gen_rectangle2, gen_ellipse, draw_region, gen_region_polygon, gen_region_points, etc. erzeugt werden.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **StructElement** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Strukturierendes Element (lageinvariant).
- ▷ **RegionOpening** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Ergebnis des Opening-Operators.

Beispiel

```
* Large regions in an aerial picture (beech trees or meadows):
read_image(Image,'forest_road')
threshold(Image,Light,160,255)
gen_circle(StructElement,100,100,10)
* selecting the large regions
opening(Light,StructElement,Large)
* Selecting of edges with certain orientation:
read_image(Image,'fabrik')
sobel_amp(Image,Sobel,'sum_abs',3)
threshold(Sobel,Edges,10,255)
gen_rectangle2(StructElement,100,100,3.07819,20,1)
opening(Edges,StructElement,Direction)
```

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion und $F2$ die Fläche des strukturierenden Elementes, dann ist die Laufzeitkomplexität für eine Region:

$$O(2 \cdot \sqrt{F1} \cdot \sqrt{F2}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `opening` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`, `union1`, `watersheds`, `class_ndim_norm`, `gen_circle`, `gen_ellipse`, `gen_rectangle1`, `gen_rectangle2`, `draw_region`, `gen_region_points`, `gen_region_polygon_filled`

Nachfolger

`reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Alternativen

`minkowski_add1`, `erosion1`, `opening_circle`

Siehe auch

`gen_circle`, `gen_rectangle2`, `gen_region_polygon`

Modul

Foundation

opening_circle (Region : RegionOpening : Radius :)

Auftrennen von Lücken mit einer Kreismaske.

opening_circle ist als die Hintereinanderschaltung von Erosion und Minkowski-Addition mit einer Kreismaske definiert (siehe Beispiel). opening_circle dient zur Elimination von kleinen Regionen (kleiner als die Kreismaske) und zum Glätten der Ränder.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen, die verarbeitet werden sollen.

▷ **RegionOpening** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Ergebnis des Opening-Operators.

▷ **Radius** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
Radius der Kreismaske.
Default: 3.5
Wertevorschläge: Radius ∈ {1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 7.5, 9.5, 12.5, 15.5, 19.5, 25.5, 33.5, 45.5, 60.5, 110.5}
Wertebereich: 0.5 ≤ Radius ≤ 511.5 (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 1.0

Beispiel

```
* Large regions in an aerial picture (beech trees or meadows):
read_image (Image, 'forest_road')
threshold (Image, Region, 120, 255)
* Close the small gaps.
closing_circle (Region, RegionClosing, 3.5)
* Select the large regions.
opening_circle (RegionClosing, RegionOpening, 19.5)
```

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für eine Region:

$$O(4 \cdot \sqrt{F1} \cdot \texttt{Radius}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion opening_circle den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, union1, watersheds, class_ndim_norm

Nachfolger

reduce_domain, select_shape, area_center, connection

Alternativen

opening, dilation1, minkowski_add1, gen_circle

Siehe auch

transpose_region

Modul

Foundation

opening_rectangle1 (Region : RegionOpening : Width, Height :)

Ausführen eines Openings mit einem Rechteck.

opening_rectangle1 verhält sich wie opening mit rechteckigem strukturierenden Element. Die Größe des rechteckigen, strukturierenden Elementes wird durch die Parameter Width und Height bestimmt. Wie bei allen opening-Varianten bleiben größere Strukturen erhalten, während kleine Regionen wie Linien und Punkte sowie feine Strukturen gelöscht werden.

Ähnlich wie erosion_rectangle1 und dilation_rectangle1 ist opening_rectangle1 eine sehr schnelle Operation.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **RegionOpening** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Ergebnis des Opening-Operators.
- ▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite des Rechtecks.
  Default: 10
  Wertevorschläge: Width ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 12, 15, 19, 25, 33, 45, 60, 110, 150, 200}
  Wertebereich: 1 ≤ Width ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe des Rechtecks.
  Default: 10
  Wertevorschläge: Height ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 12, 15, 19, 25, 33, 45, 60, 110, 150, 200}
  Wertebereich: 1 ≤ Height ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei $F1$ die Fläche einer Eingaberegion und H die Höhe des Rechtecks, dann ist die Laufzeitkomplexität für eine Region:

$$O(2 \cdot \sqrt{F1} \cdot ld(H)) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion opening_rectangle1 den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, watersheds, class_ndim_norm

Nachfolger

reduce_domain, select_shape, area_center, connection

Alternativen

opening, gen_rectangle1, dilation_rectangle1, erosion_rectangle1

Modul

Foundation

pruning (Region : RegionPrune : Length :)

Beschneiden von Ästen einer Region.

pruning entfernt aus einem Skelett (Region) Äste einer vorgegebenen Länge, die durch Length vorgegeben ist. Die übrigen Äste bleiben unverändert.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, die verarbeitet werden sollen.
- ▷ **RegionPrune** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Das Ergebnis des Pruning-Operators.
- ▷ **Length** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Länge der Äste die entfernt werden.
  Default: 2
  Wertevorschläge: Length ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 20, 30, 40, 50}
  Wertebereich: $1 \leq$ Length ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für ein Objekt:

$$O(\texttt{Length} \cdot 3 \cdot \sqrt{F}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion pruning den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

skeleton

Nachfolger

reduce_domain, select_shape, area_center, connection

Siehe auch

junctions_skeleton

Modul

Foundation

top_hat (Region, StructElement : RegionTopHat : :)

Ermitteln von Ausbuchtungen von Regionen.

top_hat berechnet das opening von Region mit StructElement. Von der Eingaberegion wird dieses Zwischenergebnis abgezogen. Im Gegensatz zu opening, das Einzelregionen bei entsprechender Voraussetzung in mehrere Regionen auftrennt, bestimmt top_hat die Region, welche bei dieser Trennung entfernt wird.

Die Position von StructElement ist ohne Bedeutung, da opening translationsinvariant bzgl. StructElement ist.

Das strukturierende Element (StructElement) kann mit Operatoren wie gen_circle, gen_rectangle1, gen_rectangle2, gen_ellipse, draw_region, gen_region_polygon, gen_region_points, etc. erzeugt werden.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen, die verarbeitet werden sollen.

▷ **StructElement** (input_object) ..... region ⇝ *object*
Strukturierendes Element (lageinvariant).

▷ **RegionTopHat** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Ergebnis des Top-Hat-Operators.

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion top_hat den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: set_system('no_object_result',<RegionResult>)
- leere Region: set_system('empty_region_result',<RegionResult>)

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, union1, watersheds, class_ndim_norm, gen_circle, gen_ellipse, gen_rectangle1, gen_rectangle2, draw_region, gen_region_points, gen_region_polygon_filled

Nachfolger

reduce_domain, select_shape, area_center, connection

Alternativen

opening, difference

Siehe auch

bottom_hat, gray_tophat, opening

Modul

Foundation

Kapitel 21

OCR

21.1 Convolutional Neural Networks

clear_ocr_class_cnn (: : OCRHandle :)

Löschen eines OCR-Klassifikators.

clear_ocr_class_cnn löscht den durch OCRHandle angegebenen OCR-Klassifikator, der mit read_ocr_class_cnn gelesen wurde, und gibt sämtlichen für den Klassifikator benötigten Speicher frei. Der Klassifikator kann nach dem Aufruf von clear_ocr_class_cnn nicht mehr verwendet werden. Das Handle OCRHandle ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **OCRHandle** (input_control) ..... ocr_cnn(-array) ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

Ergebnis

Falls OCRHandle korrekt ist, dann liefert clear_ocr_class_cnn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- OCRHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

do_ocr_single_class_cnn, do_ocr_multi_class_cnn, do_ocr_word_cnn

Siehe auch

read_ocr_class_cnn

Modul

OCR/OCV

deserialize_ocr_class_cnn (: : SerializedItemHandle : OCRHandle)

Deserialisieren eines serialisierten CNN-basierten OCR-Klassifikators.

deserialize_ocr_class_cnn deserialisiert einen CNN-basierten OCR-Klassifikator, welcher mit serialize_ocr_class_cnn serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Der serialisierte OCR-Klassifikator wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten OCR-Klassifikator mit dem Handle OCRHandle gespeichert.

Parameter

- ▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.
- ▷ **OCRHandle** (output_control) . . . . . ocr_cnn ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_ocr_class_cnn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

fread_serialized_item, receive_serialized_item, serialize_ocr_class_cnn

Nachfolger

do_ocr_single_class_cnn, do_ocr_multi_class_cnn

Modul

OCR/OCV

do_ocr_multi_class_cnn (Character, Image : : OCRHandle : Class, Confidence)

Klassifikation mehrerer Zeichen mit einem CNN-basiertem OCR-Klassifikator.

do_ocr_multi_class_cnn berechnet zu den durch die Regionen Character und die Grauwerte Image gegebenen Zeichen mit dem durch OCRHandle gegebenen OCR-Klassifikator die jeweils beste Klasse und gibt die Klassen in Class und die zugehörigen Konfidenzen (Wahrscheinlichkeiten) der Klassen in Confidence zurück.

Im Gegensatz zu do_ocr_single_class_cnn kann do_ocr_multi_class_cnn also mehrere Zeichen gleichzeitig klassifizieren und ist damit typischerweise schneller als eine Schleife, die do_ocr_single_class_cnn zur Klassifikation einzelner Zeichen verwendet. Allerdings kann do_ocr_multi_class_cnn nur die beste Klasse des jeweiligen Zeichens zurückliefern. Da sich die Konfidenzen als Wahrscheinlichkeiten interpretieren lassen, und damit auch leicht überprüfbar ist, ob ein Zeichen zu unsicher klassifiziert worden ist, ist dies im Normalfall kein Nachteil, außer die Klassen überlappen sich so stark, dass in vielen Fällen noch die zweitbeste Klasse untersucht werden muss, um sicher zu entscheiden, welche Klasse vorliegt. In diesem Fall sollte do_ocr_single_class_cnn verwendet werden.

Eine Zeichenkette des Zahlenwertes '$\backslash 032$' (alternativ als '$\backslash 0x1A$' dargestellt) im Resultat Class bedeutet, dass die Region als Rückweisungsklasse klassifiziert wurde.

Parameter

- ▷ **Character** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Zu erkennende Zeichen.
- ▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Grauwerte der Zeichen.
- ▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_cnn ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **Class** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Ergebnis der Klassifikation der Zeichen durch das CNN.
Parameteranzahl: Class == Character

▷ **Confidence** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Konfidenz der Klasse der Zeichen.
Parameteranzahl: Confidence == Character

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `do_ocr_multi_class_cnn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`read_ocr_class_cnn`

Alternativen

`do_ocr_word_cnn`, `do_ocr_single_class_cnn`

Modul

OCR/OCV

do_ocr_single_class_cnn (Character, Image : : OCRHandle, Num : Class, Confidence)

Klassifikation eines Zeichens mit einem CNN-basiertem OCR-Klassifikator.

`do_ocr_single_class_cnn` berechnet zu dem durch die Region `Character` und die Grauwerte `Image` gegebenen Zeichen mit dem durch `OCRHandle` gegebenen OCR-Klassifikator die `Num` besten Klassen und gibt die Klassen in `Class` und die zugehörigen Konfidenzen (Wahrscheinlichkeiten) der Klassen in `Confidence` zurück. Da potentiell mehrere Klassen zurückgeliefert werden können, darf `Character` nur eine Region (ein Zeichen) enthalten. Falls mehrere Zeichen in einem Aufruf klassifiziert werden sollen, muss `do_ocr_multi_class_cnn` verwendet werden.

Da `do_ocr_multi_class_cnn` bei der Klassifikation mehrerer Zeichen typischerweise schneller ist als eine Schleife mit `do_ocr_single_class_cnn` und da sich die Konfidenzen als Wahrscheinlichkeiten interpretieren lassen, und damit auch leicht überprüfbar ist, ob ein Zeichen zu unsicher klassifiziert worden ist, empfiehlt sich in den meisten Fällen die Verwendung von `do_ocr_multi_class_cnn`, außer die zweitbeste Klasse soll explizit untersucht werden.

Eine Zeichenkette des Zahlenwertes '$\backslash 032$' (alternativ als '$\backslash 0x1A$' dargestellt) im Resultat `Class` bedeutet, dass die Region als Rückweisungsklasse klassifiziert wurde.

Parameter

▷ **Character** (input_object) . . . . . region ⇝ *object*
Zu erkennendes Zeichen.

▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
Grauwerte des Zeichens.

▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_cnn ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **Num** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Anzahl der maximal zu bestimmenden besten Klassen.
Default: 1
Wertevorschläge: `Num` ∈ {1, 2, 3, 4, 5}

▷ **Class** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Ergebnis der Klassifikation des Zeichens durch das CNN.

▷ **Confidence** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Konfidenz(en) der Klasse(n).

Beispiel

```
read_image(Image, 'bottle2')
OffsetRow := 100
OffsetCol := 108
read_ocr_class_cnn('Universal_0-9_NoRej.occ', OCRHandle)
* Select each digit and use do_ocr_single_class_cnn to apply OCR
gen_rectangle1(ROI_Date, OffsetRow, OffsetCol, OffsetRow, OffsetCol)
for I := 1 to 6 by 1
  Offset := I % 2 * 10
  smallest_rectangle1(ROI_Date, Row1, Col1, Row2, Col2)
  gen_rectangle1(ROI_Date, OffsetRow, Offset + Col2, OffsetRow + 42, \
  Col2 + Offset + 31)
  do_ocr_single_class_cnn(ROI_Date, Image, OCRHandle, 1, Class, Confidence)
endfor
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `do_ocr_single_class_cnn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_ocr_class_cnn`

Alternativen

`do_ocr_multi_class_cnn`

Modul

OCR/OCV

do_ocr_word_cnn (Character, Image : : OCRHandle, Expression, NumAlternatives, NumCorrections : Class, Confidence, Word, Score)

Klassifikation einer Zeichengruppe mit einem CNN-basiertem OCR-Klassifikator.

`do_ocr_word_cnn` verhält sich wie `do_ocr_multi_class_cnn`, indem es zu den durch die Regionen `Character` und die Grauwerte `Image` gegebenen Zeichen mit dem durch `OCRHandle` gegebenen OCR-Klassifikator die jeweils beste Klasse berechnet, und die Klassen in `Class` und die zugehörigen Konfidenzen (Wahrscheinlichkeiten) der Klassen in `Confidence` zurückgibt.

Im Gegensatz zu `do_ocr_multi_class_cnn` behandelt `do_ocr_word_cnn` die Zeichengruppe als eine Einheit, die durch Aneinanderhängen von Klassennamen für jedes einzelne Zeichen ein Wort `Word` liefert. Dies ermöglicht die Einschränkung der erlaubten Klassifikationsergebnisse auf Textebene durch Angabe eines Ausdrucks `Expression`, der das erwartete Wort beschreibt.

Ein Ausdruck kann das Wort auf ein festes Lexikon, welches zuvor durch `create_lexicon` oder `import_lexicon` erzeugt wurde, einschränken, indem der Name des Lexikons in spitzen Klammern wie in *'<meinlexikon>'* angegeben wird. Ist der Ausdruck nicht von dieser Form, so wird er als regulärer Ausdruck mit derselben Syntax wie für `tuple_regexp_match` interpretiert. Bei Verwendung von Quantifikatoren wie '*' sollte man normalerweise mit einem Ausdruck der Form '^...$' dafür sorgen, dass das gesamte Wort verwendet wird. Im Gegensatz zu `tuple_regexp_match` erlaubt `do_ocr_word_cnn` **keine** Angabe von zusätzlichen Optionen für `Expression` in einem Tupel.

Falls das aus den jeweils besten Klassen abgeleitete Wort dem Ausdruck nicht genügt, versucht `do_ocr_word_cnn` eine Korrektur durch Berücksichtigung der `NumAlternatives` besten Klassen für jedes Zeichen, so wie sie von `do_ocr_single_class_cnn` für ein einzelnes Zeichen bestimmt werden. Hierzu

werden alle möglichen Korrekturen ausprobiert, bei denen die Klassifikation von höchstens NumCorrections Zeichenregionen geändert wird. Zu beachten ist hierbei, dass NumAlternatives und NumCorrections Auswirkungen auf die Komplexität des Algorithmus haben und daher in manchen Fällen intern beschränkt werden müssen. Für weitere Informationen siehe den Abschnitt 'Komplexität' weiter unten.

Falls der Ausdruck ein Lexikon beschreibt und die obige Prozedur nicht zum Erfolg führte, so wird das ähnlichste Wort aus dem Lexikon zurückgegeben, solange für die Korrektur weniger als NumCorrections Editieroperationen benötigt werden (siehe suggest_lexicon).

Das Ergebnis wird mit einem Score zwischen 0.0 (keine Korrektur gefunden) und 1.0 (ursprüngliches Wort war schon korrekt) bewertet. Verringert wird der Score durch das Anbringen einer Strafe entsprechend der Anzahl korrigierter Zeichen und einer (kleineren) Strafe für das Ignorieren von Klassen mit höherer Konfidenz um einen Ausdruck Expression zu erhalten:

$$\texttt{Score} = 1.0 - \texttt{PenaltyCorrections} - \texttt{PenaltyAlternatives}$$

$$\begin{aligned} \texttt{PenaltyCorrections} &= \alpha * \texttt{num_corr} \\ \texttt{PenaltyAlternatives} &= \alpha * \beta * \texttt{num_alt} \end{aligned}$$

wobei num_corr die Anzahl tatsächlich angebrachter Korrekturen und num_alt die Anzahl ignorierter Alternativen ist.

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{1}{\texttt{NumCorrections} + 1} \\ \beta &= \frac{1}{\texttt{NumCorrections} * (\texttt{NumAlternatives} - 1) + 2} \end{aligned}$$

Diese Bewertung ist rein kombinatorisch und berücksichtigt **nicht** die ursprünglichen Konfidenzen der besten Klassen.

Eine Zeichenkette des Zahlenwertes '\032' (alternativ als '\0x1A' dargestellt) im Resultat Class bedeutet, dass die Region als Rückweisungsklasse klassifiziert wurde.

Parameter

▷ **Character** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Zu erkennende Zeichen.

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
Grauwerte der Zeichen.

▷ **OCRHandle** (input_control) ..... ocr_cnn ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **Expression** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Ausdruck, der die erlaubte Wortstruktur beschreibt

▷ **NumAlternatives** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Klassen pro Zeichen, die für die interne Wortkorrektur berücksichtigt werden.
Default: 3
Wertevorschläge: NumAlternatives ∈ {3, 4, 5}
Wertebereich: 1 ≤ NumAlternatives

▷ **NumCorrections** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Maximale Anzahl der korrigierten Zeichen.
Default: 2
Wertevorschläge: NumCorrections ∈ {1, 2, 3, 4, 5}
Wertebereich: 0 ≤ NumCorrections

▷ **Class** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Ergebnis der Klassifikation der Zeichen durch das MLP.
Parameteranzahl: Class == Character

▷ **Confidence** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Konfidenz der Klasse der Zeichen.
Parameteranzahl: Confidence == Character

▷ **Word** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
Text des Wortes nach Klassifikation und Korrektur.

▷ **Score** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
Ähnlichkeitsmaß von korrigiertem Wort zum Original.

Komplexität

Die Komplexität des Prüfens aller möglichen Korrekturen hat die Größenordnung $O((n * a)^{min(c,n)})$, wobei a die Anzahl der Alternativen, n die Anzahl der Zeichenregionen und c die Anzahl der erlaubten Korrekturen ist. Als Absicherung gegen quasi-unendliche Schleifen im Falle von großem n wird der Wert von c intern beschränkt auf 5, 3, oder 1, falls $a * n >= 30$, 60, bzw. 90.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `do_ocr_word_cnn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_ocr_class_cnn`

Alternativen

`do_ocr_multi_class_cnn`

Modul

OCR/OCV

get_params_ocr_class_cnn (: : OCRHandle, GenParamName : GenParamValue)

Auslesen der Parameter eine CNN-basierten OCR-Klassifikators.

`get_params_ocr_class_cnn` gibt die Parameter `GenParamName` des durch `OCRHandle` angegebenen OCR-Klassifikators in `GenParamValue` aus. Dies ist insbesondere nützlich, wenn der Klassifikator mit `read_ocr_class_cnn` eingelesen wurde. Die Ausgabedaten von `get_params_ocr_class_cnn` können z.B. verwendet werden, um zu überprüfen, ob ein zu lesendes Zeichen in dem Klassifikator vorhanden ist.

Mögliche Werte für `GenParamName` sind:

'characters': Liefert eine Liste vortrainierter Symbole, welche mit dem CNN- basierten OCR-Klassifikator gelesen werden können. Falls der Eingabeparameter *'characters'* spezifiziert wird, ist kein weiterer Parameter zulässig. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Parameter

▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_cnn ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Namen von Parametern für die Steuerung des Verhaltens des verwendeten CNNs.
Default: 'characters'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'characters'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *integer* / string
Zu den generischen Parametern gehörende Werte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_params_ocr_class_cnn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_ocr_class_cnn

Nachfolger

do_ocr_single_class_cnn, do_ocr_multi_class_cnn

Modul

OCR/OCV

query_params_ocr_class_cnn (: : OCRHandle : GenParamName)

Liefert für einen gegebenen CNN-basierten OCR-Klassifikator die generischen Parameternamen, die im Operator get_params_ocr_class_cnn verwendet werden können.

Mit Hilfe des Operators query_params_ocr_class_cnn lassen sich für einen gegebenen CNN-basierten OCR Klassifikator alle möglichen generischen Parameternamen abfragen. Die resultierenden Parameternamen können anschließend als Eingabeparameter für den Operator get_params_ocr_class_cnn verwendet werden.

Parameter

▷ **OCRHandle** (input_control) ..... ocr_cnn ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **GenParamName** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.

Ergebnis

Ist der eingegebene Handle des OCR-Klassifikators valide, dann liefert query_params_ocr_class_cnn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

get_params_ocr_class_cnn

Modul

OCR/OCV

read_ocr_class_cnn (: : FileName : OCRHandle)

Lesen eines CNN-basierten OCR-Klassifikators aus Datei.

read_ocr_class_cnn liest einen abgespeicherten OCR-Klassifikator ein, der auf einem Convolutional Neural Network (CNN) basiert.

Da das Trainieren eines OCR-Klassifikators relativ lange dauern kann, wird der Klassifikator typischerweise in einem Offline-Prozess trainiert und gespeichert. Im Online-Prozess wird der Klassifikator mit read_ocr_class_cnn gelesen und danach zur Klassifikation mit do_ocr_single_class_cnn, do_ocr_multi_class_cnn oder do_ocr_word_cnn verwendet.

HALCON stellt eine Anzahl vortrainierter OCR-Klassifikatoren zur Verfügung (siehe „Solution Guide I", Kapitel 'OCR', Abschnitt 'Pretrained OCR Fonts'). Diese vortrainierten OCR-Klassifikatoren ermöglichen es, eine

Vielzahl an Zeichensätzen zu lesen, ohne vorher einen OCR-Klassifikator trainieren zu müssen. Das Training der vortrainierten OCR-Klassifikatoren erfolgte mit Zeichen, die dunkel auf hellem Hintergrund gedruckt waren.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Default: 'Universal_Rej.occ'
Wertevorschläge: FileName ∈ {'Universal_NoRej.occ', 'Universal_Rej.occ', 'Universal_0-9_NoRej.occ', 'Universal_0-9_Rej.occ', 'Universal_0-9+_NoRej.occ', 'Universal_0-9+_Rej.occ', 'Universal_0-9A-Z_NoRej.occ', 'Universal_0-9A-Z_Rej.occ', 'Universal_0-9A-Z+_NoRej.occ', 'Universal_0-9A-Z+_Rej.occ', 'Universal_A-Z+_NoRej.occ', 'Universal_A-Z+_Rej.occ'}
Dateiendung: .occ, .fnt

▷ **OCRHandle** (output_control) . . . . . ocr_cnn ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert read_ocr_class_cnn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

do_ocr_single_class_cnn, do_ocr_multi_class_cnn, do_ocr_word_cnn

Siehe auch

get_params_ocr_class_cnn

Modul

OCR/OCV

serialize_ocr_class_cnn (: : OCRHandle : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines CNN-basierten OCR-Klassifikators.

serialize_ocr_class_cnn serialisiert einen CNN-basierten OCR-Klassifikator (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von serialize_ocr_class_cnn in eine Datei geschrieben werden. Der OCR-Klassifikator wird in dem Handle OCRHandle übergeben. Der serialisierte OCR-Klassifikator wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_ocr_class_cnn wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_cnn ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert serialize_ocr_class_cnn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`clear_ocr_class_cnn`, `fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_ocr_class_cnn`

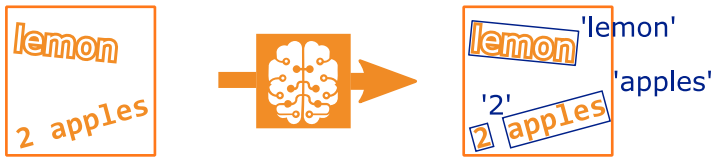
Modul

OCR/OCV

21.2 Deep OCR

Dieses Kapitel beschreibt, wie Deep Learning-basierte OCR (Deep OCR) genutzt wird.

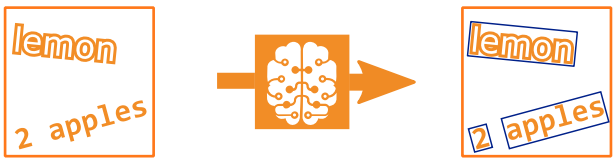
Mit Deep OCR wird Text in einem Bild lokalisiert und/oder erkannt. Deep OCR findet und erkennt verbundene Zeichen, welche fortan als 'Wörter' bezeichnet werden (im Gegensatz zu OCR-Methoden, die genutzt werden um Zeichen einzeln zu lesen).



Ein mögliches Beispiel für Deep OCR: In einem Bild werden Wörter lokalisiert und erkannt.

Ein Deep OCR-Modell kann aus zwei Komponenten bestehen, welche jeweils unterschiedliche Aufgaben abdecken, nämlich die Lokalisierung von Wörtern und das Erkennen von Wörtern. Standardmäßig wird ein Modell mit beiden Komponenten erstellt, allerdings kann das Modell auch auf eine der Aufgaben reduziert werden.

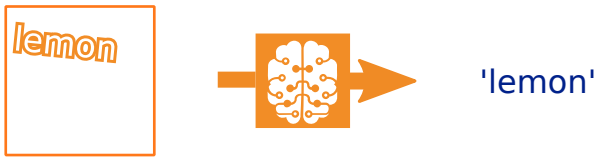
HALCON stellt bereits vortrainierte Komponenten bereit, welche ohne weiteres Training für eine Vielzahl von Anwendungsfällen geeignet sind, da das erstellte Modell bereits auf einem vielfältigen Datensatz trainiert worden ist und daher mit vielen verschiedenen Schriftarten umgehen kann. Informationen zum verfügbaren Zeichensatz und den Modellparametern können mit `get_deep_ocr_param` abgefragt werden. Um das Lesen von Wörtern auf eine spezifische Aufgabe auszurichten, können die für die Erkennung oder Lokalisierung zuständigen Komponenten des Modells für einen gegebenen Anwendungsbereich mit Deep Learning-Operatoren nachtrainiert werden. Es ist zu beachten, dass jeweils nur eine Komponente nachtrainiert werden kann.



Die Lokalisierungskomponente kann besser auf die Anwendung abgestimmt werden, indem das Deep OCR-Modell mit eigenen Daten nachtrainiert wird.

Die Erkennungskomponente kann besser auf die Anwendung abgestimmt werden, indem das Deep OCR-Modell mit eigenen Daten nachtrainiert wird.

In HALCON erfordert die Erkennungskomponente für das Lesen von Text in Bildern enge Zuschnitte um Worte. Eine Möglichkeit, diese engen Zuschnitte zu erhalten, besteht in der Anwendung der Lokalisierungskomponente, die darauf trainiert ist, die genaue Position mehrerer Wortboxen in einem Bild zu finden. Für Bilder, welche ein einzelnes Wort mit viel Hintergrund enthalten, bietet HALCON eine Alignment-Unterstützung für die Erkennungskomponente an. Diese stellt sicher, dass relevante Textbereiche korrekt für die Erkennungskomponente transformiert und ausgerichtet werden.



Die Erkennungskomponente kann für die Alignment-Unterstützung optimiert werden, indem die Erkennungskomponente mit benutzerdefinierten Daten neu trainiert wird. Die vortrainierte Alignment-Unterstützung ist auf einer Vielzahl von Schrift- und Aufbringungsarten anwendbar und kann nicht mit benutzerdefinierten Daten nachtrainiert werden.

In den folgenden Abschnitten werden der allgemeine Workflow, sowie das Nachtrainieren erläutert.

Allgemeiner Workflow der Deep OCR Inferenz

Dieser Abschnitt beschreibt den Ablauf des Lokalisieren und Erkennens von Wörtern mit einem Deep OCR-Modell. Siehe auch das HDevelop-Beispiel `deep_ocr_workflow.hdev` für einen Anwendungsfall.

Erstellen des Deep OCR-Modells Mit `create_deep_ocr` wird ein Deep OCR-Modell erstellt, das aus einer oder beiden der folgenden Modellkomponenten besteht:

- `detection_model` und
- `recognition_model`.

Um eine nachtrainierte Modellkomponente anstatt der zur Verfügung gestellten zu verwenden, kann sie im erstellten Modell als *'recognition_model'* oder *'detection_model'* mittels `set_deep_ocr_param` gesetzt werden.

Inferenz Mit `set_deep_ocr_param` können Modellparameter gesetzt werden, beispielsweise bezüglich der verwendeten Hardware-Einheit, der Bilddimensionen oder Mindest-Scores.

Das Deep OCR-Modell wird mit `apply_deep_ocr` auf die aufgenommenen Bilder angewandt. Die Ergebnisse der Inferenz sind von den verwendeten Modellkomponenten abhängig. Siehe `apply_deep_ocr` für Details zu den Dictionary-Einträgen der jeweiligen Modellzusammensetzungen.

Die Ergebnisse der Inferenz können aus dem Dictionary `DeepOCRResult` abgefragt werden. Zur Visualisierung der Ergebnisse und Scores stehen einige Prozeduren zur Verfügung:

- Anzeigen der Position und/oder des erkannten Wortes mit `dev_display_deep_ocr_results`.
- Anzeigen der Position (und, falls inferiert, des erkannten Wortes) mit `dev_display_deep_ocr_results_preprocessed` (nur falls die Modellkomponente `detection_model` enthalten ist).
- Visualisierung der Scores mit `dev_display_deep_ocr_score_maps` (nur falls die Modellkomponente `detection_model` enthalten ist).

Training und Evaluierung der Modellkomponenten

Dieser Abschnitt beschreibt das Nachtrainieren und die Evaluierung der für das Erkennen beziehungsweise Lokalisieren von Wörtern zuständigen Komponenten eines Deep OCR Modells mit eigenen Daten. Siehe auch die HDevelop-Beispiele `deep_ocr_recognition_training_workflow.hdev` oder `deep_ocr_detection_training_workflow.hdev` für ein Anwendungsbeispiel.

Vorverarbeitung des Datensatzes Dieser Abschnitt behandelt die notwendigen Anpassungen des Datensatzes. Für Informationen darüber, welche Daten in welcher Phase des des Deep OCR-Workflows verwendet werden, wird auf den unteren Absatz „Daten“ verwiesen.

1. Die Informationen des Datensatzes müssen eingelesen werden. Dazu kann die Prozedur
   - `read_dl_dataset_ocr_recognition` für die Erkennungskomponente eines Deep OCR Modells.
   - `read_dl_dataset_ocr_detection` für die Lokalisierungskomponente eines Deep OCR Modells.

verwendet werden. Dabei wird ein Dictionary `DLDataset` erstellt, welches als Datenbank dient und alle notwendigen Informationen über die Daten abspeichert. Für mehr Information zu Datensätzen, wird auf das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen.

2. Die Daten von `DLDataset` sollen in drei getrennte Datensätze aufgeteilt werden. Dazu kann die Prozedur
   - `split_dl_dataset`

   verwendet werden.
3. Das Netzwerk stellt mehrere Anforderungen an die Bilder (wie z.B. die Bilddimensionen und den Grauwertbereich). Diese Werte können mit
   - `get_dl_model_param`

   abgefragt werden. Dafür muss das Modell erst eingelesen werden mittels
   - `read_dl_model`.
4. Der Datensatz kann nun vorverarbeitet werden. Dazu kann die Prozedur
   - `preprocess_dl_dataset`

   verwendet werden.
   Um diese Prozedur zu verwenden, müssen die Vorverarbeitungsparameter wie z.B. die Bildgröße festgelegt werden. Die Parameter und ihre Werte sind im Dictionary `DLPreprocessParam` zu speichern. Zur Erzeugung dieses Dictionarys kann die Prozedur
   - `create_dl_preprocess_param_from_model`.

   verwendet werden. Es wird empfohlen, das Dictionary `DLPreprocessParam` abzuspeichern, um während der späteren Inferenz-Phase Zugang zu den Werten zu haben.

Trainieren der Modellkomponenten Dieser Abschnitt behandelt das Trainieren der Erkennungs- oder Lokalisierungskomponente eines Deep OCR-Modells.

1. Setzen der Trainingsparameter und Abspeichern derselben im Dictionary `TrainParam`. Für dies kann die Prozedur
   - `create_dl_train_param`

   verwendet werden.
2. Trainieren des Modells. Dafür kann die Prozedur
   - `train_dl_model`

   verwendet werden. Diese Prozedur benötigt:
   - das Handle des Modells, `DLModelHandle`
   - das Dictionary mit den Informationen über den Datensatz, `DLDataset`
   - das Dictionary mit den Trainingsparametern, `TrainParam`

Evaluierung des trainierten Modells Dieser Abschnitt behandelt das Evaluieren eines Deep OCR-Modells.

1. Setzen aller Modellparameter, welche die Evaluieren beeinflussen können.
2. Die Evaluierung kann bequem mit der Prozedur
   - `evaluate_dl_model`

   durchgeführt werden. Diese Prozedur erwartet ein Dictionary `GenParamEval` mit den Evaluierungsparametern.
3. Das Dictionary `EvaluationResults` enthält die angefragten Evaluierungsmaße. Um einen Eindruck von der Leistung des nachtrainierten Modells im Verhältnis zum bereits vortrainierten Modell zu erhalten können deren Genauigkeitsmaße verglichen werden, siehe Abschnitt „Evaluierungsmaße für Deep OCR Ergebnisse“

Nach einer erfolgreichen Evaluierung kann das nachtrainierte Modell für die Inferenz verwendet werden (siehe weiter oben, im Abschnitt „Allgemeiner Workflow der Deep OCR Inferenz“).

Daten

Dieser Abschnitt enthält Informationen bezüglich Daten, die für die den verschiedenen Schritten der Deep OCR benötigt werden.

Es wird zwischen den Daten für Training und Evaluierung versus Daten für Inferenz unterschieden. Letztere bestehen ausschließlich aus Bildern. Wie die Daten zur Verfügung gestellt werden müssen, wird in den entsprechenden Abschnitten weiter unten erläutert.

Ein Grundgedanke der Datenhandhabung: Das Modell interagiert mit den Daten über Dictionaries. Dies bedeutet, das Modell erhält die Eingabedaten über das Dictionary `DLSample` und gibt die Ausgabe über das Dictionary `DLResult`, bzw. `DLTrainResult` zurück. Für weitere Informationen zur Datenhandhabung wird auf das Kapitel Deep Learning / Modell verwiesen.

Daten für das Training und die Evaluierung Der Datensatz besteht aus Bildern und den dazugehörigen Informationen. Damit das Modell diese verarbeiten kann, müssen sie bestimmte Anforderungen erfüllen. Informationen zu den Bildanforderungen finden sich im unteren Abschnitt „Bilder“.

Die Trainingsdaten werden dazu genutzt, ein Netzwerk für ein spezifisches Szenario zur Erkennung von Wörtern zu trainieren. Mit Hilfe dieser Daten kann das Netzwerk lernen Beispieltexte zu erkennen, welche Wörtern ähneln die während der Inferenz auftreten können. Dafür notwendig ist, dass das abgebildete Wort für jedes Trainings- und Evaluierungsbild zur Verfügung gestellt wird.

Wie die Daten in HALCON für ein DL Modell vorliegen müssen, wird im Kapitel Deep Learning / Modell erklärt. Kurz gefasst fungiert ein Dictionary `DLDataset` als Datenbank der Informationen, die von den Trainings- und Evaluierungs-Prozeduren benötigt werden.

Die Daten für `DLDataset` können mit `read_dl_dataset_ocr_recognition` oder `read_dl_dataset_ocr_detection` eingelesen werden, abhängig davon, welcher Modelltyp verwendet wird.

Datensatz basierend auf Bildern mit gelabelten Wörtern (für Lokalisierung und Erkennung mit Alignment-Unterstüt
In diesem Fall müssen Bilder zur Verfügung gestellt werden, auf denen die enthaltenen Wörter mit orientierten umschließenden Rechtecken gelabelt sind. Die Bilder können direkt mit Hilfe des MVTec Deep Learning Tools gelabelt werden (erhältlich auf der MVTec Webseite). Der Datensatz muss folgendermaßen aufgebaut sein:

- `'class_ids'`: IDs der Klassen
- `'class_names'`: Namen der Klassen (Muss eine Klasse 'word' enthalten. Alle weiteren Klassen werden ignoriert.)
- `'image_dir'`: Pfad zum Bilderverzeichnis
- `'samples'`: Dictionary mit allen Samples
  - `'image_file_name'`: Name der Bilddatei
  - `'image_id'`: Bild-ID
  - `'bbox_col'`: Spaltenkoordinate des umschließenden Rechtecks
  - `'bbox_row'`: Zeilenkoordinate des umschließenden Rechtecks
  - `'bbox_phi'`: Winkel des umschließenden Rechtecks
  - `'bbox_length1'`: Länge der ersten Halbachse des umschließenden Rechtecks
  - `'bbox_length2'`: Länge der zweiten Halbachse des umschließenden Rechtecks
  - `'label_custom_data'`: Liste
    * `'text'` zu lesendes Wort

Datensatz basierend auf Bildern, die auf ein Wort zugeschnitten sind (nur Erkennung ohne Alignment-Unterstützung
$/newline$ In diesem Fall müssen Bilder auf jeweils ein Wort zugeschnitten sein. Der Datensatz muss folgendermaßen aufgebaut sein:

- `'image_dir'`: Pfad zum Bilderverzeichnis
- `'samples'`: Dictionary mit allen Samples
  - `'image_file_name'`: Name der Bilddatei
  - `'image_id'`: Bild-ID
  - `'word'`: zu lesendes Wort

Das Beispielprogramm `deep_ocr_prelabel_dataset.hdev` kann zum zum Vorlabeln der Daten verwendet werden.

Die Trainingsdaten müssen den ganzen Zeichensatz, der bei der Inferenz auftreten kann abdecken. Falls ein Zeichen gar nicht oder nur sehr selten im Trainingsdatensatz vorkommt kann, das Modell dieses Zeichen nur ungenügend lernen. Um einen Überblick über die Häufigkeit der Zeichen innerhalb eines Datensatzes zu erhalten, kann die Prozedur `gen_dl_dataset_ocr_recognition_statistics` zur Erzeugung von Statistiken verwendet werden.

Für das Training der Erkennungskomponente, welche Alignment unterstützt, ist es entscheidend, dass der Datensatz Bilder enthält, in denen ein Wort mit orientiertem umschließenden Rechteck markiert ist. Die Alignment-Unterstützung stellt sicher, dass relevante Textregionen korrekt für die Erkennungskomponente transformiert und ausgerichtet werden.

Es sollten genügend Trainingsdaten vorliegen um diese in die drei Untermengen aufzuteilen, welche für das Training, die Evaluierung und das Testen des Netzwerks verwendet werden. Diese Untermengen sind idealerweise unabhängig und gleich verteilt, siehe den Abschnitt „Daten“ im Kapitel Deep Learning.

Bilder Unabhängig von der Anwendung stellt das Netzwerk Anforderungen an die Bilder wie z.B. die Bilddimensionen. Die spezifischen Werte hängen vom Netzwerk selbst ab, für die spezifischen Werte der verschiedenen Netzwerke siehe die Dokumentation von `read_dl_model`. Für ein eingelesenes Netzwerk können die Werte mit `get_dl_model_param` abgefragt werden. Um diese Anforderungen zu erfüllen, müssen die Bilder eventuell vorverarbeitet werden. Die Standard-Vorverarbeitung für das ganze Sample und damit auch für das Bild kann mit Hilfe der Prozedur `preprocess_dl_samples` durchgeführt werden.

Anforderungen an Bilder die zur Inferenz verwendet werden sind in `apply_deep_ocr` beschrieben.

Netzwerk Ausgabe Die Netzwerk Ausgabe hängt vom Arbeitsschritt ab:

Training Als Ausgabe gibt das Modell ein Dictionary `DLTrainResult` mit dem aktuellen Wert der Gesamt-Zielfunktion sowie den Werten aller weiteren im Modell enthaltenen Zielfunktionen zurück.

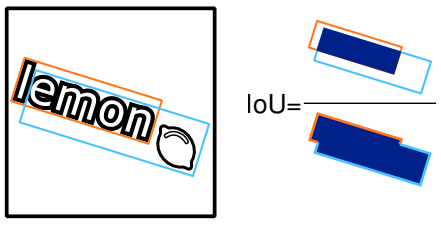
Inferenz und Evaluierung Als Ausgabe gibt das Netzwerk für jedes Bild ein Dictionary `DLResult` zurück. In diesem Dictionary ist das erkannte Wort, sowie die Kandidaten und deren Konfidenzen für jedes Zeichen dieses Wortes, enthalten

Evaluierungsmaße für Deep OCR Ergebnisse

Deep OCR Lokalisierung Die folgenden Evaluierungsmaße werden in HALCON unterstützt. Zur Berechnung dieser Metriken für Tests oder Validierungen sind Ground Truth Annotationen erforderlich.

- Precision, Recall und F-Score

  Die Ergebnisse der Deep OCR Lokalisierung werden bewertet, indem Precision und Recall für die Wörter umschließenden Rechtecke berechnet werden. Die Evaluierung verwendet die Intersection over Union (IoU) zum Vergleich von Ground Truth und Vorhersage des Netzwerks. Der standardmäßige IoU-Schwellenwert für eine Übereinstimmung ist *0.5*, er kann bei Bedarf erhöht oder verringert werden.



(1) (2)

Visuelles Beispiel der IoU. (1) Im Eingabebild sind zwei umschließende Rechtecke dargestellt: die Ground Truth (in orange) und die Vorhersage des Modells (in hellblau). (2) Die IoU ist das Verhältnis zwischen der Flächenschnittmenge und der Vereinigung.

Die Precision ist das Verhältnis von positiven Ergebnissen zu allen Ergebnissen (richtige und falsche). Sie ist also ein Maß dafür, wie treffsicher die Komponente ist.

$$\text{precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}}$$

Der Recall ist das Verhältnis zwischen der Anzahl der richtig erkannten Wörter und der Anzahl der markierten Wörter.

$$\text{recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}}$$

Um dies mit einer einzigen Zahl auszudrücken, wird der F-Score berechnet, das harmonische Mittel von Precision und Recall.

$$\text{F-score} = 2 * \frac{\text{precision} * \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}}$$

- Score of Angle Precision (SoAP)
  Die Größe SoAP ist ein Maß für die Präzision der inferierten Orientierungswinkel. Dieses Maß bestimmt sich aus der Winkeldifferenzen zwischen den inferierten umschließenden Rechtecken (I) und den zugehörigen Ground Truth Annotationen (GT):
  $\text{SoAP} = 1.0 - \frac{1}{\pi}\frac{1}{k} \cdot \sum_k \left|\varphi_k^{\text{I}} - \varphi_k^{\text{GT}}\right|$,
  wobei der Index k über alle inferierten umschließenden Rechtecke läuft.

Deep OCR Erkennung Die Accuracy einer Deep OCR-Erkennungsaufgabe wird als der Prozentsatz korrekt gelesener Wörter (CR) verglichen mit der Ground Truth (GT) eines Datensatzes gegeben. Die Accuracy wird wie folgt definiert:

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{CR}}{\text{GT}} * 100$$

apply_deep_ocr (Image : : DeepOcrHandle, Mode : DeepOcrResult)

Anwenden eines Deep OCR-Modells auf mehreren Bildern.

apply_deep_ocr wendet das durch DeepOcrHandle gegebene Deep OCR-Modell auf die Eingabebilder im Tupel Image an. Der Operator gibt DeepOcrResult zurück, ein Tupel mit einem Ergebnis-Dictionary DeepOcrResult pro Eingabebild.

Der Operator apply_deep_ocr stellt folgende Anforderungen an die Eingabebilder Image:

- Bildtyp: byte.
- Anzahl Kanäle: 1 oder 3.

Des Weiteren wird der Operator apply_deep_ocr die Bilder Image vorverarbeiten um den Modellspezifikationen zu entsprechen. Dies bedeutet, dass die Byte-Bilder normalisiert und in real-Bilder umgewandelt werden. Außerdem wird für Mode = *'auto'* oder *'detection'* das Bild Image auf die Eingabedimensionen des Modells aufgefüllt und im Falle von nur einem Kanal in ein dreikanaliges Bild umgewandelt. Für Mode = *'recognition'* werden dreikanalige Bilder automatisch in einkanalige Bilder umgewandelt.

Der Parameter Mode bestimmt den Modus und dadurch, welche Komponente ausgeführt wird. Es werden folgende Werte unterstützt:

'auto' **(A):** Es werden beide Teile ausgeführt, die Lokalisierung und Erkennung der Worte.

'detection' **(DET):** Nur die Komponente zur Lokalisierung wird ausgeführt. Daher lokalisiert das Modell lediglich die Wortbereiche innerhalb des Bildes.

'recognition' **(REC):** Nur die Komponente zum Erkennen der Worte wird ausgeführt. Das Modell erwartet einen engen Zuschnitt eines einzelnen Wortes als Eingabe. Bei eingeschalteteter Alignment-Unterstützung kann der Zuschnitt weiter und weniger präzise sein sowie Hintergrund beinhalten. Vor der eigentlichen Erkennung wendet die Alignment-Unterstützung einen Transformationsschritt an, um den Text genau zu positionieren.

Es gilt zu beachten, dass das Modell die entsprechenden Komponenten enthalten muss, siehe `create_deep_ocr`.

Das Ergebnis-Dictionary `DeepOcrResult` hat folgende Einträge, abhängig von `Mode` (mit der Abkürzung markiert):

`image` (A, DET, REC): Vorverarbeitetes Bild.

`image_aligned` (REC): Ausgerichtetes Bild, falls *'recognition_alignment'* gleich *'true'* ist.

`score_maps` (A, DET): Bewertungen als Bild mit vier Kanälen:

- Zeichenbewertung: Bewertung der Lokalisierung von Zeichen.
- Verknüpfungsbewertung: Bewertung der Verbindung von lokalisierten Zeichenmittelpunkten zu einem zusammenhängenden Wort.
- Ausrichtung 1: Sinuskomponente der vorhergesagten Wortausrichtung.
- Ausrichtung 2: Kosinuskomponente der vorhergesagten Wortausrichtung.

`words` (A, DET): Dictionary mit den folgenden Einträgen. Dabei sind die Einträge Tupel mit einem Wert für jedes gefundene Wort.

- `word` (A): Erkanntes Wort.
- `char_candidates` (A): Ein Dictionary mit Informationen über jeden Buchstaben eines jeden erkannten Wortes. Das Dictionary enthält für jedes Wort ein Schlüssel/Wert Paar: Der Index des Wortes ist der Schlüssel und ein Tupel von Dictionaries sind die Werte. Jedes dieser Buchstaben-Dictionaries enthält folgende Schlüssel/Werte Paare:
  - `'candidate'`: Ein Tupel der besten *'recognition_num_char_candidates'* Kandidaten.
  - `'confidence'`: Softmax basierte Konfidenzwerte eines jeden besten Kandidaten. Man beachte, dass diese Werte nicht kalibriert sind und mit Vorsicht verwendet werden sollten. Sie können sich signifikant von Modell zu Modell unterscheiden.
- `word_image` (A): Vorverarbeiteter Bildteil, der das Wort enthält.
- `word_image_aligned` (A): Ausgerichteter Bildteil, der das Wort enthält, falls *'recognition_alignment'* gleich *'true'* ist.
- `row` (A, DET): Lokalisiertes Wort: Mittelpunkt, Zeilenkoordinate
- `col` (A, DET): Lokalisiertes Wort: Mittelpunkt, Spaltenkoordinate
- `phi` (A, DET): Lokalisiertes Wort: Winkel phi.
- `length1` (A, DET): Lokalisiertes Wort: Halbe Kantenlänge 1.
- `length2` (A, DET): Lokalisiertes Wort: Halbe Kantenlänge 2.
- `line_index` (A, DET): Zeilen-Index der lokalisierten Worte, falls *'detection_sort_by_line'* gleich *'true'*.

Die Lokalisierung der Worte ist mittels Parameter orientierter Rechtecke gegeben, siehe `gen_rectangle2` für weitere Informationen.

`word_boxes_on_image` (A, DET): Dictionary mit der Lokalisierung der Worte im Koordinatensystem der vorverarbeiteten Bilder, die sich in `image` befinden. Dabei sind die Einträge Tupel mit einem Wert für jedes gefundene Wort.

- `row` (A, DET): Lokalisiertes Wort: Mittelpunkt, Zeilenkoordinate
- `col` (A, DET): Lokalisiertes Wort: Mittelpunkt, Spaltenkoordinate
- `phi` (A, DET): Lokalisiertes Wort: Winkel phi.
- `length1` (A, DET): Lokalisiertes Wort: Halbe Kantenlänge 1.
- `length2` (A, DET): Lokalisiertes Wort: Halbe Kantenlänge 2.

Die Lokalisierung der Worte ist mittels Parameter orientierter Rechtecke gegeben, siehe `gen_rectangle2` für weitere Informationen.

`word_boxes_on_score_maps` (A, DET): Dictionary mit der Lokalisierung der Worte im Koordinatensystem der Bewertungsbilder, die sich in `score_maps` befinden. Die Einträge sind die gleichen wie für `word_boxes_on_image` oben.

word (REC): Erkanntes Wort.

char_candidates (REC): Ein Tupel von Dictionaries mit Informationen über jeden Buchstaben des erkannten Wortes. Jedes Buchstaben-Dictionary enthält folgende Schlüssel/Werte Paare:

- 'candidate': Ein Tupel der besten *'recognition_num_char_candidates'* Kandidaten.
- 'confidence': Softmax basierte Konfidenzwerte eines jeden besten Kandidaten. Man beachte, dass diese Werte nicht kalibriert sind und mit Vorsicht verwendet werden sollten. Sie können sich signifikant von Modell zu Modell unterscheiden.

Achtung

Systemvoraussetzungen: Um diesen Operator auf der GPU auszuführen (siehe get_deep_ocr_param), werden cuDNN und cuBLAS benötigt. Für weitere Details wird auf den „Installation Guide", Abschnitt „Requirements for Deep Learning and Deep-Learning-Based Methods", verwiesen. Alternativ kann dieser Operator auch auf der CPU ausgeführt werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
Eingabebild.

▷ **DeepOcrHandle** (input_control) ..... deep_ocr ⇝ *handle*
Handle des Deep OCR-Modells.

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Inferenz-Modus.
Default: []
Werteliste: Mode ∈ {'auto', 'recognition', 'detection'}

▷ **DeepOcrResult** (output_control) ..... dict(-array) ⇝ *handle*
Tupel mit Ergebnis-Dictionaries.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert apply_deep_ocr den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

get_deep_ocr_param, set_deep_ocr_param, create_deep_ocr

Modul

OCR/OCV

create_deep_ocr (: : GenParamName, GenParamValue : DeepOcrHandle)

Erstellen eines Deep OCR-Modells.

create_deep_ocr erstellt aus vorab trainierten Komponenten ein Deep OCR-Modell und gibt sein Handle in DeepOcrHandle zurück. Das Handle beinhaltet alle zur Inferenz erforderlichen Parameter.

Ein Deep OCR-Modell besteht normalerweise aus zwei Komponenten, die standardmäßig im Verzeichnis $HALCONROOT/dl/ gesucht werden:

- 'detection_model': Lokalisiert die Worte (zusammenhängende Zeichen) im Bild.
- 'recognition_model': Erkennt das Wort innerhalb des gefundenen Bildteils.

Mit GenParamName und entsprechendem GenParamValue sind folgende Optionen setzbar:

'mode': Bestimmt den Modus und dadurch, welche Komponente ausgeführt wird. Es werden folgende Werte unterstützt:

'detection': Nur die Komponente zur Lokalisierung wird ausgeführt. Daher lokalisiert das Modell lediglich die Wortbereiche innerhalb des Bildes.

'recognition': Nur die Komponente zum Erkennen der Worte wird ausgeführt. Das Modell erwartet einen engen Zuschnitt eines einzelnen Wortes als Eingabe. Bei eingeschalteteter Alignment-Unterstützung kann der Zuschnitt weiter und weniger präzise sein sowie Hintergrund beinhalten. Vor der eigentlichen Erkennung wendet die Alignment-Unterstützung einen Transformationsschritt an, um den Text genau zu positionieren.

'auto': Es werden beide Teile ausgeführt, die Lokalisierung und Erkennung der Worte.

'empty': Dieser Modus erstellt ein leeres Deep OCR-Modell. Es werden weder eine Erkennungs- noch eine Lokalisierungskomponente instanziiert. Die Erkennungs- und Lokalisierungskomponente können später mit `set_deep_ocr_param` gesetzt werden.

Default: *'auto'*.

Der Zeichensatz, den das Modell über seine Erkennungskomponente erkennt, kann mittels `get_deep_ocr_param` (mit *'recognition_alphabet'*) abgerufen werden.

Parameter

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'mode'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Wert des generischen Parameters.
Default: []
Werteliste: `GenParamValue` ∈ {'auto', 'recognition', 'detection', 'empty'}

▷ **`DeepOcrHandle`** (output_control) . . . . . deep_ocr ⇝ *handle*
Handle des Deep OCR-Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_deep_ocr` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung geworfen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`write_deep_ocr`, `apply_deep_ocr`, `get_deep_ocr_param`, `set_deep_ocr_param`

Modul

OCR/OCV

`get_deep_ocr_param` `( : : DeepOcrHandle, GenParamName : GenParamValue )`

Auslesen der Parameter des Deep OCR-Modells.

`get_deep_ocr_param` gibt die Parameterwerte von `GenParamName` für das Deep OCR-Modell `DeepOcrHandle` in `GenParamValue` aus.

Die Parameter können das ganze Modell betreffen oder nur spezifische Komponenten. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick, welche Parameter gesetzt und welche zurückgegeben werden können sowie für welche Modellkomponente sie zutreffen.

GenParamName	Modell	Det. Komp.	Recog. Komp.
'device'	s	s	s
'detection_device'	–	s g	–
'detection_image_dimensions'	–	g	–
'detection_image_height'	–	s g	–
'detection_image_size'	–	s g	–
'detection_image_width'	–	s g	–
'detection_min_character_score'	–	s g	–
'detection_min_link_score'	–	s g	–
'detection_min_word_area'	–	s g	–
'detection_min_word_score'	–	s g	–
'detection_model'	–	s g	–
'detection_optimize_for_inference'	–	s g	–
'detection_orientation'	–	s g	–
'detection_sort_by_line'	–	s g	–
'detection_tiling'	–	s g	–
'detection_tiling_overlap'	–	s g	–
'recognition_alignment'	–	–	s g
'recognition_alignment_available'	–	–	g
'recognition_alphabet'	–	–	s g
'recognition_alphabet_internal'	–	–	s g
'recognition_alphabet_mapping'	–	–	s g
'recognition_batch_size'	–	–	s g
'recognition_device'	–	–	s g
'recognition_image_dimensions'	–	–	g
'recognition_image_height'	–	–	g
'recognition_image_num_channels'	–	–	g
'recognition_image_width'	–	–	s g
'recognition_model'	–	–	s g
'recognition_num_char_candidates'	–	–	s g
'recognition_optimize_for_inference'	–	–	s g

Hierbei stehen die verwendeten Symbole für folgendes:

- 's': Der Parameter kann mit `set_deep_ocr_param` gesetzt werden.
- 'g': Der Parameter kann mit `get_deep_ocr_param` zurückerhalten werden.
- '-': Der Parameter hat keine Anwendung.
- Modell: Komplettes Deep OCR-Modell mit all seinen Komponenten.
- Det. comp.: Komponente zur Lokalisierung.
- Recog. comp.: Komponente zur Erkennung.

Nur Parameter, die die Modellarchitektur nicht verändern, können nach der Optimierung des Modells mit `optimize_dl_model_for_inference`, gesetzt werden. Eine Liste dieser Parameter befindet sich in `optimize_dl_model_for_inference`. Im Folgenden werden die Parameter `GenParamName`, deren Werte mit `get_deep_ocr_param` abgefragt werden können, aufgelistet und erläutert.

Komplettes Modell:

'device':
Handle der Hardware Einheit, auf der das Modell ausgeführt wird. Ein Tupel mit den Handles aller potentiell Deep OCR-fähigen Geräte kann über `query_available_dl_devices` erzeugt werden.

Es gilt zu beachten, dass eine Einheit auch für eine einzelne Komponente neu gesetzt werden kann. In diesem Fall wird nur der möglicherweise verbliebene Teil des Modells (z.B. eine verbleibende Komponente) auf der Einheit dieses Handles ausgeführt.
Default: Handle der Standard-Einheit, d.h. die GPU mit Index *0* in der Liste, die mit `get_system` und *'cuda_devices'* erhalten wird. Falls keine Einheit vorhanden ist, ein leeres Tupel.

Lokalisierungskomponente:

'detection_device':
Dieser Parameter setzt die Hardware Einheit auf welcher die Lokalisierungskomponente des Deep OCR-Modells ausgeführt wird. Siehe *'device'* für weitere Erklärungen.
Default: Der selbe Wert wie für *'device'*.

'detection_image_dimensions':
Tupel mit den Bilddimensionen (*'detection_image_width'*, *'detection_image_height'*, Anzahl Kanäle), welche die Lokalisierungskomponente verarbeitet.
Das Eingabebild wird Seitenverhältnis getreu in *'detection_image_dimensions'* eingepasst. Falls notwendig, wird das skalierte Bild mit Grauwerten *0* aufgefüllt. Daher kann das Ändern der Parameter *'detection_image_height'* bzw. *'detection_image_width'* die Ergebnisse beeinflussen.
Die Anzahl der Kanäle muss immer 3 sein.
Default: [*1024*, *1024*, *3*]

'detection_image_height':
Höhe des Bildes, welche die Lokalisierungskomponente verarbeitet. Dies bedeutet, dass das Netzwerk die Eingabebilder Seitenverhältnis getreu bis maximal auf diese Höhe skaliert bevor es das Bild verarbeitet. Dadurch kann diese Größe die Ergebnisse beeinflussen.
Die Modellarchitektur verlangt, dass die Höhe ein Vielfaches von 32 ist. Ist dies nicht der Fall, wird die Höhe auf das nächstgrößere ganzzahlige Vielfache von 32 gerundet.
Wertevorschläge: *768*, *1024*, *1280*
Default: *1024*

'detection_image_size':
Tupel mit der Bildgröße (*'detection_image_width'*, *'detection_image_height'*), welche die Lokalisierungskomponente verarbeitet.
Default: [*1024*, *1024*]

'detection_image_width':
Breite des Bildes, welche die Lokalisierungskomponente verarbeitet. Dies bedeutet, dass das Netzwerk die Eingabebilder Seitenverhältnis getreu bis maximal auf diese Breite skaliert bevor es das Bild verarbeitet. Dadurch kann diese Größe die Ergebnisse beeinflussen.
Die Modellarchitektur verlangt, dass die Breite ein Vielfaches von 32 ist. Ist dies nicht der Fall, wird die Breite auf das nächstgrößere ganzzahlige Vielfache von 32 gerundet.
Wertevorschläge: *768*, *1024*, *1280*
Default: *1024*

'detection_min_character_score':
Der Parameter *'detection_min_character_score'* gibt den unteren Schwellenwert an, der für die Zeichenbewertung verwendet wird, um die Abmessungen der Zeichen zu schätzen. Durch Anpassen von *'detection_min_character_score'* können vorgeschlagene Instanzen aufgespalten, beziehungsweise benachbarte Instanzen vereint werden.
Wertebereich: $\in [0, 1]$.
Default: *0.5*

'detection_min_link_score':
Der Parameter *'detection_min_link_score'* definiert die minimale Verknüpfungsbewertung, die zwischen zwei lokalisierten Zeichen gefordert ist, um diese Zeichen als zusammenhängendes Wort zu erkennen.
Wertebereich: $\in [0, 1]$.
Default: *0.3*

'detection_min_word_area':
Der Parameter *'detection_min_word_area'* definiert die Mindestgröße, die ein lokalisiertes Wort haben muss, um vorgeschlagen zu werden. Über diesen Parameter können zu kleine Vorschläge gefiltert werden.
Wertebereich: ≥ 0.
Default: *10*

'detection_min_word_score':
Der Parameter *'detection_min_word_score'* definiert die minimale Bewertung, die eine lokalisierte Instanz enthalten muss, um als Wort vorgeschlagen zu werden. Über diesen Parameter können unsichere Worte herausgefiltert werden.
Wertebereich: $\in [0, 1]$.
Default: *0.7*

'detection_model':
Der Operator `get_deep_ocr_param` gibt das Handle der Deep OCR-Modellkomponente zur Lokalisierung der Worte zurück.
Mit `set_deep_ocr_param` kann ein Handle, ein Dateiname oder ein spezieller String übergeben werden. *'default'* lädt die vortrainierte Lokalisierungskomponente *'pretrained_deep_ocr_detection.hdl'*. *'compact'* lädt die kompakte Lokalisierungskomponente *'pretrained_deep_ocr_detection_compact.hdl'*, die eine schnellere Inferenz bei reduzierter Genauigkeit im Vergleich zur Standardkomponente bietet. Jeder andere String wird als Modell-Dateiname interpretiert und intern mit einer Batch-Größe von *1* geladen.
Es ist zu beachten, dass das Setzen der Lokalisierungskomponente auch eine Änderung anderer modellspezifischer Parameter mit sich bringen kann.
Wertevorschläge: *'default'*, *'compact'*
Default: *'default'*

'detection_optimize_for_inference':
Definiert, ob die Lokalisierungskomponente für die Inferenz optimiert ist.
Dieser Parameter wendet das Verhalten des Operators `get_dl_model_param` mit Parameter *'optimize_for_inference'* auf die Lokalisierungskomponente an.
Default: *'false'*

'detection_orientation':
Dieser Parameter erlaubt es, die Orientierung der vorhergesagten Worte im Voraus festzulegen. Diese Festlegung kann wieder rückgängig gemacht werden, indem *'detection_orientation'* auf *'auto'* gesetzt wird. Dann wird für die Orientierung der Worte wieder die Vorhersage des Modells benutzt.
Wertebereich: $(-\pi, \pi]$.
Default: *'auto'*

'detection_sort_by_line':
Auf Grundlage der geschätzten Orientierungen der lokalisierten Worte werden die gefundenen Worte zeilenweise sortiert. Wird der Parameter *'detection_sort_by_line'* auf *'false'* gesetzt, werden die Ergebnisse nicht sortiert.
Default: *'true'*

'detection_tiling':
Das Eingabebild wird automatisch in überlappende Kacheln der Größe *'detection_image_size'* aufgeteilt, welche separat von der Lokalisierungskomponente verarbeitet werden. Dies ermöglicht das Verarbeiten von Eingabebildern, welche wesentlich größer sind als die eigentliche Bildgröße *'detection_image_size'*, ohne dass das Eingabebild gezoomt werden muss. Entsprechend wird für *'detection_tiling'* = *'true'* das Eingabebild nicht mehr gezoomt bevor es verarbeitet wird.
Default: *'false'*

'detection_tiling_overlap':
Dieser Parameter definiert wie groß die Überlappung benachbarter Kacheln ist, falls Eingabebilder aufgeteilt werden (siehe *'detection_tiling'*). Die Größe der Überlappung wird in Pixeln angegeben.
Wertebereich: ≥ 0.
Default: *64*

Erkennungskomponente:

'recognition_alignment':
Dieser Parameter legt fest, ob eine Wortausrichtung vor der Erkennung des Textes durchgeführt wird. Die Aktivierung dieser Funktion (*'true'*) verbessert die Erkennungsrate für ungenau ausgeschnittene Wörter. Daher kann sie verwendet werden, wenn die Position des Textes im Bild nur ungefähr bekannt ist.
Der Parameter *'recognition_alignment'* kann nur auf *'true'* gesetzt werden, wenn die Erkennungskomponente Funktionalität zur Wortausrichtung enthält. Um zu überprüfen, ob das Modell die Ausrichtung unterstützt, kann der Parameter *'recognition_alignment_available'* verwendet werden.
Im Gegensatz zur Erkennung von eng zugeschnittenen Wörtern, erfordert die Erkennung von ausgerichteten Wörtern ein Training mit Bildern, die echte Hintergründe um die Wörter herum enthalten. Auf

diese Weise lernt das Modell, Hintergrundinformationen zu unterdrücken, die nach der Ausrichtung von ungenauen Wortausschnitten vorhanden sein können, und verhindert so Fehllesungen.
Werteliste: *'true'*, *'false'*
Default: *'false'*

'recognition_alignment_available': **OCR-R**
Dieser Parameter gibt an, ob die Erkennungskomponente Funktionalität zur Wortausrichtung enthält. Wenn *'true'* zurückgegeben wird, bedeutet das, dass die Wortausrichtung mit dem Parameter *'recognition_alignment'* aktiviert werden kann.
Werteliste: *'true'*, *'false'*

'recognition_alphabet':
Der Zeichensatz, welchen das Modell erkennen kann.
Dieser Zeichensatz enthält alle Zeichen die kein Mapping auf das erste Zeichen des internen Alphabets haben (siehe Parameter *'recognition_alphabet_mapping'* und *'recognition_alphabet_internal'*)).
Das Alphabet kann bei Bedarf geändert oder erweitert werden. Wird das Alphabet über *'recognition_alphabet'* geändert, so werden das interne Alphabet und dessen Mapping so geändert, dass, falls möglich, die Länge des internen Alphabets gleich bleibt. Es wird empfohlen das Modell mit anwendungsspezifischen Daten nachzutrainieren wenn das Alphabet geändert wird (siehe auch das HDevelop Beispielprogramm `deep_ocr_recognition_training_workflow.hdev`). Für zuvor unbekannte Zeichen werden mehr Trainingsdaten benötigt.
Es ist zu beachten, dass, falls sich die Länge des internen Alphabets ändert, die letzten Modell-Layer zufällig initialisiert werden müssen und dadurch zufällige Strings als Ausgabe resultieren (siehe *'recognition_alphabet_internal'*). In diesem Fall ist es zwingend notwendig das Modell nachzutrainieren.

'recognition_alphabet_internal':
Der vollständige Zeichensatz mit dem die Deep OCR Erkennungskomponente trainiert wurde.
Das erste Zeichen des internen Alphabets hat eine Sonderstellung. Im vortrainierten Modell ist es als leeres Braillezeichen (U+2800) spezifiziert, ist dabei aber nicht mit dem Leerzeichen zu verwechseln. Dieses leeres Braillezeichen wird nie in einem Wort zurückgegeben, kann dafür aber als Kandidat für Zeichen zurückgegeben werden. Das leeres Braillezeichen ist notwendig und muss auch bei einer Änderung des internen Alphabets das erste Zeichen des Alphabets bleiben. Das leeres Braillezeichen wird automatisch zum Zeichensatz hinzugefügt falls das Alphabet mit *'recognition_alphabet'* geändert wird.
Die Länge dieses Tupels entspricht der Tiefe des letzten Faltungs-Layers des Modells. Ändert sich die Länge, dann müssen die Größen des letzten Faltungslayers und aller folgenden Layer angepasst und möglicherweise zufällig reinitialisiert werden. Nach einer entsprechenden Änderung ist es notwendig das Modell nachzutrainieren (siehe HDevelop Beispielprogramm `deep_ocr_recognition_training_workflow.hdev`).
Es wird empfohlen den Parameter *'recognition_alphabet'* zur Änderung des Alphabets zu verwenden, da dadurch versucht wird die Länge des internen Alphabets automatisch zu erhalten.

'recognition_alphabet_mapping':
Tupel mit ganzzahligen Indizes.
Es handelt sich um ein Mapping, das vom Modell während der Dekodierung jedes Wortes angewendet wird. Das Mapping überschreibt jedes Zeichen von *'recognition_alphabet_internal'* mit dem vom Index festgelegten Zeichen aus *'recognition_alphabet_internal'*.
Das über die Indizes des Tupels definierte Mapping wird im Dekodierungsschritt auf die vorhergesagten Zeichen angewandt. Das Tupel muss dieselbe Länge wie das Tupel *'recognition_alphabet_internal'* haben. Jeder der ganzzahligen Indizes von *'recognition_alphabet_mapping'* muss zwischen *0* |*'recognition_alphabet_internal'*|-1 liegen.
Manchmal kann es nützlich sein ein Mapping für bestimmte Zeichen aufeinander zu definieren. Falls beispielsweise nur Zahlen in einer Anwendung auftreten können kann es sinnvoll sein ein Mapping des Zeichens "O"auf "0"festzulegen. Das Modell muss dafür nicht nachtrainiert werden.
Falls ein Eintrag auf *0* gesetzt wird, wird das entsprechende Zeichen in *'recognition_alphabet_internal'* in keinem Wort dekodiert.

'recognition_batch_size':
Anzahl der Bilder in einem Batch, die gleichzeitig in den Gerätespeicher transferiert werden. Für mehr Informationen wird auf die Referenzdokumentation des Operator `apply_dl_model` bezüglich des Parameters *'batch_size'* verwiesen. Dieser Parameter kann dazu verwendet werden die Laufzeit von `apply_deep_ocr` auf der gegebenen Hardware-Einheit zu verkürzen. Falls die Erkennungskomponente mehrere Eingaben (Wörter) gleichzeitig verarbeiten muss, kann eine höhere *'recognition_batch_size'* zu schnellerer Verarbeitung führen. Es gilt zu beachten, dass ein höherer Wert für die *'recognition_batch_size'* zu höherem Speicherverbrauch auf der Hardware-Einheit führt.

Default: *1*

'recognition_device':
Dieser Parameter setzt die Hardware Einheit auf welcher die Erkennungskomponente des Deep OCR-Modells ausgeführt wird. Siehe *'device'* für weitere Erklärungen.
Default: Der selbe Wert wie für *'device'*.

'recognition_image_dimensions':
Tupel mit den Bilddimensionen (*'recognition_image_width'*, *'recognition_image_height'*, Anzahl Kanäle), welche die Erkennungskomponente verarbeitet.
Der Bildausschnitt wird zunächst Seitenverhältnis getreu auf die Höhe *'recognition_image_height'* gezoomt. Anschließend wird das resultierende Bild, falls es eine geringere Breite als *'recognition_image_width'* besitzt, von rechts mit Grauwert *0* aufgefüllt. Falls der Bildausschnitt breiter sein sollte, wird er auf die Breite *'recognition_image_width'* gezoomt.
Die Anzahl der Kanäle muss immer 1 sein.
Default: [*120*, *32*, *1*]

'recognition_image_height':
Höhe des Bildes, welche die Erkennungskomponente verarbeitet.
Default: *32*

'recognition_image_num_channels':
Anzahl der Bildkanäle, welche die Erkennungskomponente verarbeitet.
Default: *1*

'recognition_image_width':
Breite des Bildes, welche die Erkennungskomponente verarbeitet.
Default: *120*

'recognition_model':
Der Operator `get_deep_ocr_param` gibt das Handle der Deep OCR-Modellkomponente zur Worterkennung zurück.
Mit `set_deep_ocr_param` kann ein Handle, ein Dateiname oder ein spezieller String übergeben werden. *'default'* lädt die vortrainierte Erkennungskomponente *'pretrained_deep_ocr_recognition.hdl'*. *'compact'* lädt die kompakte Erkennungskomponente *'pretrained_deep_ocr_recognition_compact.hdl'*, die eine schnellere Inferenz bei reduzierter Genauigkeit im Vergleich zur Standardkomponente bietet. Jeder andere String wird als Modell-Dateiname interpretiert und intern mit einer Batch-Größe von *1* geladen.
Es ist zu beachten, dass das Setzen der Erkennungskomponente auch eine Änderung anderer modellspezifischer Parameter mit sich bringen kann.
Wertevorschläge: *'default'*, *'compact'*
Default: *'default'*

'recognition_num_char_candidates':
Kontrolliert die Anzahl der zurückgegebenen Buchstaben-Kandidaten des Operators `apply_deep_ocr`.
Default: *3*

'recognition_optimize_for_inference':
Definiert, ob die Erkennungskomponente für die Inferenz optimiert ist.
Dieser Parameter wendet das Verhalten des Operators `get_dl_model_param` mit Parameter *'optimize_for_inference'* auf die Erkennungskomponente an.
Default: *'false'*

Parameter

▷ **DeepOcrHandle** (input_control) . . . . . deep_ocr ⇝ *handle*
Handle des Deep OCR-Modells.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: 'recognition_model'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'detection_device', 'detection_image_dimensions', 'detection_image_height', 'detection_image_size', 'detection_image_width', 'detection_min_character_score', 'detection_min_link_score', 'detection_min_word_area', 'detection_min_word_score', 'detection_model', 'detection_optimize_for_inference', 'detection_orientation', 'detection_sort_by_line', 'detection_tiling', 'detection_tiling_overlap', 'recognition_alignment', 'recognition_alignment_available', 'recognition_alphabet', 'recognition_alphabet_internal',

'recognition_alphabet_mapping', 'recognition_batch_size', 'recognition_device', 'recognition_image_dimensions', 'recognition_image_height', 'recognition_image_width', 'recognition_image_num_channels', 'recognition_model', 'recognition_num_char_candidates', 'recognition_optimize_for_inference'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *integer* / handle / string / real
Wert des generischen Parameters.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_deep_ocr_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_deep_ocr`, `set_deep_ocr_param`

Nachfolger

`set_deep_ocr_param`, `apply_deep_ocr`

Siehe auch

`set_deep_ocr_param`

Modul

OCR/OCV

read_deep_ocr (: : FileName : DeepOcrHandle)

Lesen eines Deep OCR-Modells aus einer Datei.

Der Operator `read_deep_ocr` liest ein Deep OCR-Modell. Diese Modelle müssen im HALCON Format vorliegen. Als Ergebnis wird das Handle `DeepOcrHandle` zurückgegeben.

Das Deep OCR-Modell wird aus der Datei `FileName` geladen. Die Datei wird hierbei sowohl im Verzeichnis `$HALCONROOT/dl/`, als auch im aktuell genutzten Verzeichnis gesucht. Die HALCON Standard-Dateiendung eines Deep OCR-Modells ist `'.hdo'`.

Zu beachten ist, dass die Werte laufzeitspezifischer Parameter nicht in der Datei abgespeichert werden, siehe `write_deep_ocr`. Folglich werden diese Parameter beim Einlesen des Modells mit ihrem Standardwert (siehe `get_deep_ocr_param`) initialisiert.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Dateiname
Dateiendung: `.hdo`

▷ **DeepOcrHandle** (output_control) . . . . . deep_ocr ⇝ *handle*
Handle des Deep OCR-Modells.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_deep_ocr` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`create_deep_ocr`

Nachfolger

`set_deep_ocr_param`, `get_deep_ocr_param`, `apply_deep_ocr`

Alternativen

`create_deep_ocr`

Modul

OCR/OCV

set_deep_ocr_param (: : DeepOcrHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen der Parameter des Deep OCR-Modells.

`set_deep_ocr_param` setzt die Parameter `GenParamName` des Deep OCR-Modells `DeepOcrHandle` auf die Werte in `GenParamValue`.

Die möglichen Parameter sind in `get_deep_ocr_param` gelistet und erklärt.

Achtung

Systemvoraussetzungen: Um *'gpu'* Parameter zu setzen, d.h. um den Parameter `GenParamName` *'device'* auf eine GPU zu setzen, sind cuDNN und cuBLAS notwendig. Für weitere Details siehe „`Installation Guide`“, Abschnitt „Requirements for Deep Learning and Deep-Learning-Based Methods“.

Parameter

▷ **DeepOcrHandle** (input_control) . . . . . deep_ocr ⇝ *handle*
Handle des Deep OCR-Modells.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: 'detection_image_width'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'device', 'detection_device', 'detection_image_height', 'detection_image_size', 'detection_image_width', 'detection_min_character_score', 'detection_min_link_score', 'detection_min_word_area', 'detection_min_word_score', 'detection_model', 'detection_optimize_for_inference', 'detection_orientation', 'detection_sort_by_line', 'detection_tiling', 'detection_tiling_overlap', 'recognition_alignment', 'recognition_alphabet', 'recognition_alphabet_internal', 'recognition_alphabet_mapping', 'recognition_batch_size', 'recognition_device', 'recognition_image_width', 'recognition_model', 'recognition_num_char_candidates', 'recognition_optimize_for_inference'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *real* / string / integer / handle
Wert des generischen Parameters.
Default: 1024
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0, 10, 50, 100, 200, 512, 768, 1024, 1280, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 'true', 'false', 'auto', 'compact', 'default', 'pretrained_deep_ocr_detection.hdl', 'pretrained_deep_ocr_detection_compact.hdl', 'pretrained_deep_ocr_recognition.hdl', 'pretrained_deep_ocr_recognition_compact.hdl'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_deep_ocr_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_deep_ocr, get_deep_ocr_param

Nachfolger

get_deep_ocr_param, apply_deep_ocr

Siehe auch

get_deep_ocr_param

Modul

OCR/OCV

write_deep_ocr (: : DeepOcrHandle, FileName :)

Abspeichern eines Deep OCR-Modells in eine Datei.

write_deep_ocr speichert das Deep OCR-Modell DeepOcrHandle in der Datei FileName ab. Zu beachten ist, dass die Werte der laufzeitspezifischen Parameter *'gpu'*, *'runtime'* und *'runtime_init'* nicht abgespeichert werden.

Die HALCON Standard-Dateiendung eines Deep OCR-Modells ist '.hdo'.

Das Deep OCR-Modell kann mit read_deep_ocr eingelesen werden.

Parameter

- ▷ **DeepOcrHandle** (input_control) ..... deep_ocr ⇝ *handle*
  Handle des Deep OCR-Modells.
- ▷ **FileName** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
  Dateiname
  Dateiendung: .hdo

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert write_deep_ocr den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_deep_ocr, set_deep_ocr_param

Nachfolger

clear_handle

Modul

OCR/OCV

21.3 K-Nächste-Nachbarn

clear_ocr_class_knn (: : OCRHandle :)

Löschen eines OCR-Klassifikators.

clear_ocr_class_knn löscht den durch OCRHandle angegebenen OCR-Klassifikator, der mit create_ocr_class_knn oder select_feature_set_trainf_knn erzeugt wurde, und gibt sämtlichen für den Klassifikator benötigten Speicher frei. Der Klassifikator kann nach dem Aufruf von clear_ocr_class_knn nicht mehr verwendet werden. Das Handle OCRHandle ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_knn ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

Ergebnis

Falls OCRHandle korrekt ist, dann liefert clear_ocr_class_knn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- OCRHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

trainf_ocr_class_knn, read_ocr_class_knn

Siehe auch

create_class_knn

Literatur

Marius Muja, David G. Lowe: „Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration“; International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 09); 2009.

Modul

OCR/OCV

create_ocr_class_knn (: : WidthCharacter, HeightCharacter, Interpolation, Features, Characters, GenParamName, GenParamValue : OCRHandle)

Erzeugen eines OCR-Klassifikators unter Verwendung eines k-Nearest-Neighbor-Klassifikators.

create_ocr_class_knn erzeugt einen OCR-Klassifikator unter Verwendung eines k-Nearest-Neighbor-Klassifikators (k-NN). Das Handle des OCR-Klassifikators wird in OCRHandle zurückgegeben.

Eine Beschreibung des k-NN Klassifikators kann bei create_class_knn nachgelesen werden.

Die für die OCR zu verwendenden Merkmale werden in Features angegeben. Die Merkmale sind unten beschrieben. Die Anzahl der Klassen, die im k-NN verwendet werden, wird aus den für die OCR zu verwendenden Zeichen, die in Characters übergeben werden, festgelegt.

Die zur Klassifikation zu verwendenden Merkmale werden mit Features angegeben. Dabei kann Features ein Tupel mit mehreren Merkmalsnamen beinhalten. Jeder dieser Merkmalsnamen führt zur Berechnung von einem oder mehreren Merkmalen für den Klassifikator. Einige der Merkmalsnamen erzeugen Grauwertmerkmale (z.B.*'pixel_invar'*). Da ein Klassifikator immer eine konstante Anzahl von Merkmalen (Eingabevariablen) benötigt, wird ein zu klassifizierendes Zeichen auf eine Standardgröße transformiert, die durch WidthCharacter und HeightCharacter festgelegt wird. Die bei der Transformation anzuwendende Interpolation wird mit Interpolation festgelegt. Sie hat dieselbe Bedeutung wie bei affine_trans_image. Die Interpolation sollte so gewählt werden, dass bei der Transformation keine Aliasing-Effekte auftreten. Im Normalfall sollte Interpolation = *'constant'* verwendet werden. Bei der Wahl der Größe des transformierten Zeichens ist zu beachten, dass die Größe nicht zu groß gewählt wird, da die Generalisierungseigenschaften des Klassifikators sonst sehr schlecht werden können. Insbesondere können bei großen Größen kleine Segmentierungsfehler einen großen Einfluss auf die berechneten Merkmale haben, wenn Grauwertmerkmale verwendet werden, da sich durch die Segmentierungsfehler das umschließende Rechteck des Zeichens ändern kann, was dazu führt, dass das Zeichen anders als trainiert skaliert wird. Im Normalfall sollten Größen zwischen 6×8 und 10×14 verwendet werden.

Mit Features können die folgenden Merkmalsnamen zur Erkennung der Zeichen ausgewählt werden.

'default' *'ratio'* und *'pixel_invar'* werden ausgewählt.

'pixel' Grauwerte des Zeichens (`WidthCharacter` × `HeightCharacter` Merkmale).

'pixel_invar' Grauwerte des Zeichens mit automatischer maximaler Grauwertspreizung (`WidthCharacter` × `HeightCharacter` Merkmale).

'pixel_binary' Region des Zeichens als Binärbild auf eine Größe von `WidthCharacter` × `HeightCharacter` skaliert. (`WidthCharacter` × `HeightCharacter` Merkmale).

'gradient_8dir' Die Gradienten des Zeichens werden berechnet. Die Gradientenrichtungen werden in 8 Richtungen diskretisiert. Das Amplitudenbild wird entsprechend der diskretisierten Richtungen in 8 Kanäle aufgeteilt. In jedem der 8 Kanäle werden auf einem 5×5 Gitter Stichproben entnommen. Diese Stichproben bilden die Merkmale (200 Merkmale).

'projection_horizontal' Horizontale Projektion der Grauwerte (siehe `gray_projections`, `HeightCharacter` Merkmale).

'projection_horizontal_invar' Horizontale Projektion der Grauwerte, die maximal gespreizt sind (`HeightCharacter` Merkmale).

'projection_vertical' Vertikale Projektion der Grauwerte (siehe `gray_projections`, `WidthCharacter` Merkmale).

'projection_vertical_invar' Vertikale Projektion der Grauwerte, die maximal gespreizt sind (`WidthCharacter` Merkmale).

'ratio' Seitenverhältnis des Zeichens (siehe `height_width_ratio`, 1 Merkmal).

'anisometry' Formmerkmal Anisometrie (siehe `eccentricity`, 1 Merkmal).

'width' Breite des Zeichens vor der Normierung auf die Standardgröße (nicht skalierungsinvariant, siehe `height_width_ratio`, 1 Merkmal).

'height' Höhe des Zeichens vor der Normierung auf die Standardgröße (nicht skalierungsinvariant, siehe `height_width_ratio`, 1 Merkmal).

'zoom_factor' Größenunterschied zwischen aktuellem Zeichen und den Werten von `WidthCharacter` und `HeightCharacter` (nicht skalierungsinvariant, 1 Merkmal).

'foreground' Relativer Anteil der Vordergrund-Pixel (1 Merkmal).

'foreground_grid_9' Relativer Anteil der Vordergrund-Pixel in einem 3×3 Raster innerhalb des umschließenden Rechtecks des Zeichens (9 Merkmale).

'foreground_grid_16' Relativer Anteil der Vordergrund-Pixel in einem 4×4 Raster innerhalb des umschließenden Rechtecks des Zeichens (16 Merkmale).

'compactness' Formmerkmal Kompaktheit (siehe `compactness`, 1 Merkmal).

'convexity' Formmerkmal Konvexität (siehe `convexity`, 1 Merkmal).

'moments_region_2nd_invar' Normierte zweite geometrische Momente der Region (siehe `moments_region_2nd_invar`, 3 Merkmale).

'moments_region_2nd_rel_invar' Normierte zweite relative geometrische Momente der Region (siehe `moments_region_2nd_rel_invar`, 2 Merkmale).

'moments_region_3rd_invar' Normierte dritte geometrische Momente der Region (siehe `moments_region_3rd_invar`, 4 Merkmale).

'moments_central' Normierte zentrale geometrische Momente der Region (siehe `moments_region_central`, 4 Merkmale).

'moments_gray_plane' Normierte Grauwertmomente und die Winkel der Grauwertebene (siehe `moments_gray_plane`, 4 Merkmale)

'phi' Sinus und Kosinus der Orientierung (Winkel) des Zeichens (siehe `elliptic_axis`, 2 Merkmal).

'num_connect' Anzahl der Zusammenhangskomponenten (siehe `connect_and_holes`, 1 Merkmal).

'num_holes' Anzahl der Hohlflächen (siehe `connect_and_holes`, 1 Merkmal).

'cooc' Werte der binären Cooccurrence-Matrix (siehe `gen_cooc_matrix`, 8 Merkmale).

'num_runs' Anzahl der Sehnen der Region normiert auf die Höhe (1 Merkmal).

'chord_histo' Häufigkeit der Sehnen pro Zeile (nicht skalierungsinvariant, `HeightCharacter` Merkmale).

Nachdem der Klassifikator erzeugt wurde, wird er mit `trainf_ocr_class_knn` trainiert. Daraufhin kann der Klassifikator mit `write_ocr_class_knn` abgespeichert werden. Alternativ können auch sofort nach dem Training Zeichen mit `do_ocr_single_class_knn` oder `do_ocr_multi_class_knn` klassifiziert werden.

Ein Vergleich zwischen k-NN und Support-Vektor-Maschinen (SVM) (siehe `create_ocr_class_svm`) zeigt typischerweise, dass k-NNs generell schneller trainiert werden, insbesondere bei großen Trainingsdatensätzen, aber eine leicht schwächere Erkennungsrate haben. Es ist zu beachten, dass der Vergleich von optimal abgestimmten Parametern für die SVMs ausgeht.

Parameter

- ▷ **`WidthCharacter`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Breite des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
  Default: 8
  Wertevorschläge: `WidthCharacter` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 20}
  Wertebereich: 4 ≤ `WidthCharacter` ≤ 20
- ▷ **`HeightCharacter`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Höhe des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
  Default: 10
  Wertevorschläge: `HeightCharacter` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 20}
  Wertebereich: 4 ≤ `HeightCharacter` ≤ 20
- ▷ **`Interpolation`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Interpolationsmodus bei der Skalierung der Zeichen.
  Default: 'constant'
  Werteliste: `Interpolation` ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic', 'constant', 'weighted'}
- ▷ **`Features`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Merkmale, die zur Klassifikation verwendet werden.
  Default: 'default'
  Werteliste: `Features` ∈ {'default', 'pixel', 'pixel_invar', 'pixel_binary', 'gradient_8dir', 'projection_horizontal', 'projection_horizontal_invar', 'projection_vertical', 'projection_vertical_invar', 'ratio', 'anisometry', 'width', 'height', 'zoom_factor', 'foreground', 'foreground_grid_9', 'foreground_grid_16', 'compactness', 'convexity', 'moments_region_2nd_invar', 'moments_region_2nd_rel_invar', 'moments_region_3rd_invar', 'moments_central', 'moments_gray_plane', 'phi', 'num_connect', 'num_holes', 'cooc', 'num_runs', 'chord_histo'}
- ▷ **`Characters`** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Alle Zeichen des zu lesenden Zeichensatzes.
  Default: ['0','1','2','3','4','5','6','7','8','9']
- ▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Dieser Parameter wird noch nicht unterstützt.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {[]}
- ▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *integer* / string
  Dieser Parameter wird noch nicht unterstützt.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamValue` ∈ {[]}
- ▷ **`OCRHandle`** (output_control) . . . . . ocr_knn ⇝ *handle*
  Handle des k-NN Klassifikators.

Beispiel

```
read_image (Image, 'letters')
* Segment the image.
binary_threshold(Image,&Region, 'otsu', 'dark', &UsedThreshold);
dilation_circle (Region, RegionDilation, 3.5)
connection (RegionDilation, ConnectedRegions)
intersection (ConnectedRegions, Region, RegionIntersection)
sort_region (RegionIntersection, Characters, 'character', 'true', 'row')
* Generate the training file.
count_obj (Characters, Number)
Classes := []
```

```
for J := 0 to 25 by 1
    Classes := [Classes,gen_tuple_const(20,chr(ord('a')+J))]
endfor
Classes := [Classes,gen_tuple_const(20,'.')]
write_ocr_trainf (Characters, Image, Classes, 'letters.trf')
* Generate and train the classifier.
read_ocr_trainf_names ('letters.trf', CharacterNames, CharacterCount)
create_ocr_class_knn (8, 10, 'constant', 'default', CharacterNames, \
                      [], [], OCRHandle)
trainf_ocr_class_knn (OCRHandle, 'letters.trf', [], [])
* Re-classify the characters in the image.
do_ocr_multi_class_knn (Characters, Image, OCRHandle, Class, Confidence)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_ocr_class_knn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`trainf_ocr_class_knn`

Alternativen

`create_ocr_class_svm`

Siehe auch

`do_ocr_single_class_knn`, `do_ocr_multi_class_knn`, `clear_class_knn`, `create_class_knn`, `trainf_ocr_class_knn`, `classify_class_knn`

Modul

OCR/OCV

deserialize_ocr_class_knn (: : SerializedItemHandle : OCRHandle)

Deserialisieren eines serialisierten k-NN-basierten OCR-Klassifikators.

`deserialize_ocr_class_knn` deserialisiert einen k-NN-basierten OCR-Klassifikator, welcher mit `serialize_ocr_class_knn` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Der serialisierte OCR-Klassifikator wird in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten OCR-Klassifikator mit dem Handle `OCRHandle` gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **OCRHandle** (output_control) ..... ocr_knn ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_ocr_class_knn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_ocr_class_knn`

Nachfolger

`classify_class_knn`

Siehe auch

`create_ocr_class_knn`, `serialize_ocr_class_knn`

Literatur

Marius Muja, David G. Lowe: „Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration“; International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 09); 2009.

Modul

OCR/OCV

do_ocr_multi_class_knn (Character, Image : : OCRHandle : Class, Confidence)

Klassifikation mehrerer Zeichen mit einem OCR-Klassifikator.

`do_ocr_multi_class_knn` berechnet mit dem durch `OCRHandle` gegebenen OCR-Klassifikator zu den durch die Regionen `Character` und die Grauwerte `Image` gegebenen Zeichen die jeweils beste Klasse und gibt die Klassen in `Class` und die zugehörigen Konfidenzen der Klassen in `Confidence` zurück. Die Konfidenzen liegen zwischen 0.0 und 1.0. Je höher der Wert, desto sicherer ist die Klassifikation der einzelnen Zeichen. Im Gegensatz zu `do_ocr_single_class_knn` kann `do_ocr_multi_class_knn` also mehrere Zeichen gleichzeitig klassifizieren und ist damit typischerweise schneller als eine Schleife, die `do_ocr_single_class_knn` zur Klassifikation einzelner Zeichen verwendet. Allerdings kann `do_ocr_multi_class_knn` nur die beste Klasse des jeweiligen Zeichens zurückliefern.

Der OCR-Klassifikator muss vor der Verwendung von `do_ocr_multi_class_knn` mit `trainf_ocr_class_knn` trainiert werden.

Parameter

- ▷ **Character** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu erkennende Zeichen.
- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Grauwerte der Zeichen.
- ▷ **OCRHandle** (input_control) ..... ocr_knn ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.
- ▷ **Class** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Ergebnis der Klassifikation der Zeichen durch das k-NN.
  Parameteranzahl: Class == Character
- ▷ **Confidence** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Konfidenz der Klasse der Zeichen.
  Parameteranzahl: Confidence == Character

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `do_ocr_multi_class_knn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

trainf_ocr_class_knn, read_ocr_class_knn

Alternativen

do_ocr_single_class_knn

Siehe auch

create_ocr_class_knn, classify_class_knn

Modul

OCR/OCV

do_ocr_single_class_knn (Character, Image : : OCRHandle, NumClasses, NumNeighbors : Class, Confidence)

Klassifikation eines Zeichens mit einem OCR-Klassifikator.

do_ocr_single_class_knn berechnet mit dem durch OCRHandle gegebenen k-NN-Klassifikator zu den Eigenschaften des durch die Region Character und die Grauwerte Image gegebenen Zeichens die NumNeighbors besten Trainingsbeispiele und gibt deren Klassen in Class und die zugehörigen Konfidenzen in Confidence zurück. Gehören die ersten NumNeighbors Trainingsbeispiele zu verschiedenen Klassen, werden maximal NumClasses Klassen sortiert nach Häufigkeit und gewichteter Distanz zurückgegeben. Die Konfidenzen liegen zwischen 0.0 und 1.0. Je höher der Wert, desto sicherer ist die Klassifikation. Die Konfidenzen können nur robust ermittelt werden, wenn NumNeighbors ausreichend groß ist.

Da potentiell mehrere Klassen zurückgeliefert werden können, darf Character nur eine Region (ein Zeichen) enthalten. Falls mehrere Zeichen in einem Aufruf klassifiziert werden sollen, muss do_ocr_multi_class_knn verwendet werden. Vor dem Aufruf von do_ocr_single_class_knn sollte der OCR-Klassifikator bereits mit trainf_ocr_class_knn oder select_feature_set_trainf_knn trainiert worden sein. Wenn nur eine Klasse unter den nächsten NumNeighbors Nachbarn ist, wird auch nur eine Klasse zurückgegeben.

Parameter

- ▷ **Character** (input_object) . . . . . region ⇝ *object*
  Zu erkennendes Zeichen.
- ▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Grauwerte des Zeichens.
- ▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_knn ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.
- ▷ **NumClasses** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Anzahl der maximal zu bestimmenden besten Klassen.
  Default: 1
  Wertevorschläge: NumClasses ∈ {1, 2, 3, 4, 5}
- ▷ **NumNeighbors** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Anzahl der zu bestimmenden nächsten Nachbarn.
  Default: 1
  Wertevorschläge: NumNeighbors ∈ {1, 2, 3, 4, 5}
- ▷ **Class** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Ergebnis der Klassifikation des Zeichens durch das k-NN.
- ▷ **Confidence** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Konfidenz(en) der Klasse(n).

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert do_ocr_single_class_knn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

trainf_ocr_class_knn, read_ocr_class_knn

Alternativen

do_ocr_multi_class_knn

Siehe auch

create_ocr_class_knn, classify_class_knn

Modul

OCR/OCV

do_ocr_word_knn (Character, Image : : OCRHandle, Expression, NumAlternatives, NumCorrections : Class, Confidence, Word, Score)

Klassifikation einer Zeichengruppe mit einem OCR-Klassifikator.

do_ocr_word_knn verhält sich wie do_ocr_multi_class_knn, indem es mit dem durch OCRHandle gegebenen OCR-Klassifikator zu den durch die Regionen Character und die Grauwerte Image gegebenen Zeichen die jeweils beste Klasse berechnet, und die Klassen in Class und die zugehörigen Konfidenzen der Klassen in Confidence zurückgibt. Die Konfidenzen liegen zwischen 0.0 und 1.0. Je höher der Wert, desto sicherer ist die Klassifikation der einzelnen Zeichen.

Im Gegensatz zu do_ocr_multi_class_knn behandelt do_ocr_word_knn die Zeichengruppe als eine Einheit, die durch Aneinanderhängen von Klassennamen für jedes einzelne Zeichen ein Wort Word liefert. Dies ermöglicht die Einschränkung der erlaubten Klassifikationsergebnisse auf Textebene durch Angabe eines Ausdrucks Expression, der das erwartete Wort beschreibt.

Ein Ausdruck kann das Wort auf ein festes Lexikon, welches zuvor durch create_lexicon oder import_lexicon erzeugt wurde, einschränken, indem der Name des Lexikons in spitzen Klammern wie in *'<meinlexikon>'* angegeben wird. Hat der Ausdruck eine andere Form, so wird er als regulärer Ausdruck mit derselben Syntax wie für tuple_regexp_match interpretiert. Bei Verwendung von Quantifikatoren wie '*' sollte man normalerweise mit einem Ausdruck der Form '^...$' dafür sorgen, dass das gesamte Wort verwendet wird.

Im Gegensatz zu tuple_regexp_match erlaubt do_ocr_word_knn **keine** Angabe von zusätzlichen Optionen für Expression in einem Tupel.

Falls das aus den jeweils besten Klassen abgeleitete Wort dem Ausdruck nicht genügt, versucht do_ocr_word_knn eine Korrektur durch Berücksichtigung der NumAlternatives besten Klassen für jedes Zeichen, so wie sie von do_ocr_single_class_knn für ein einzelnes Zeichen bestimmt werden. Hierzu werden alle möglichen Korrekturen ausprobiert, bei denen die Klassifikation von höchstens NumCorrections Zeichenregionen geändert wird. Zu beachten ist hierbei, dass NumAlternatives und NumCorrections Auswirkungen auf die Komplexität des Algorithmus haben und daher in manchen Fällen intern beschränkt werden müssen. Für weitere Informationen siehe den Abschnitt 'Komplexität' weiter unten.

Falls der Ausdruck ein Lexikon beschreibt und die obige Prozedur nicht zum Erfolg führte, so wird das ähnlichste Wort aus dem Lexikon zurückgegeben, solange für die Korrektur weniger als NumCorrections Editieroperationen benötigt werden (siehe suggest_lexicon).

Das Ergebnis wird mit einem Score zwischen 0.0 (keine Korrektur gefunden) und 1.0 (ursprüngliches Wort war schon korrekt) bewertet. Verringert wird der Score durch das Anbringen einer Strafe entsprechend der Anzahl korrigierter Zeichen und einer (kleineren) Strafe für das Ignorieren von Klassen mit höherer Konfidenz um einen Ausdruck Expression zu erhalten:

$$\texttt{Score} = 1.0 - \texttt{PenaltyCorrections} - \texttt{PenaltyAlternatives}$$

$$\begin{aligned} \texttt{PenaltyCorrections} &= \alpha * \texttt{num_corr} \\ \texttt{PenaltyAlternatives} &= \alpha * \beta * \texttt{num_alt} \end{aligned}$$

wobei num_corr die Anzahl tatsächlich angebrachter Korrekturen und num_alt die Anzahl ignorierter Alternativen ist.

$$\alpha = \frac{1}{\texttt{NumCorrections} + 1}$$
$$\beta = \frac{1}{\texttt{NumCorrections} * (\texttt{NumAlternatives} - 1) + 2}$$

Diese Bewertung ist rein kombinatorisch und berücksichtigt **nicht** die ursprünglichen Konfidenzen der besten Klassen.

Parameter

- ▷ **Character** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Zu erkennende Zeichen.
- ▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object* : byte / uint2
  Grauwerte der Zeichen.
- ▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_knn ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.
- ▷ **Expression** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Ausdruck, der die erlaubte Wortstruktur beschreibt
- ▷ **NumAlternatives** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Klassen pro Zeichen, die für die interne Wortkorrektur berücksichtigt werden.
  Default: 3
  Wertevorschläge: NumAlternatives ∈ {3, 4, 5}
  Wertebereich: 1 ≤ NumAlternatives ≤ 5
- ▷ **NumCorrections** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Maximale Anzahl der korrigierten Zeichen.
  Default: 2
  Wertevorschläge: NumCorrections ∈ {1, 2, 3, 4, 5}
  Wertebereich: 0 ≤ NumCorrections ≤ 5
- ▷ **Class** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Ergebnis der Klassifikation der Zeichen durch das k-NN.
  Parameteranzahl: Class == Character
- ▷ **Confidence** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Konfidenz der Klasse der Zeichen.
  Parameteranzahl: Confidence == Character
- ▷ **Word** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Text des Wortes nach Klassifikation und Korrektur.
- ▷ **Score** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Ähnlichkeitsmaß von korrigiertem Wort zum Original.

Komplexität

Die Komplexität des Prüfens aller möglichen Korrekturen hat die Größenordnung $O((n * a)^{min(c,n)})$, wobei a die Anzahl der Alternativen, n die Anzahl der Zeichenregionen und c die Anzahl der erlaubten Korrekturen ist. Als Absicherung gegen quasi-unendliche Schleifen im Falle von großem n wird der Wert von c intern beschränkt auf 5, 3, oder 1, falls $a * n >= 30$, 60, bzw. 90.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert do_ocr_word_knn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

trainf_ocr_class_knn, read_ocr_class_knn

Alternativen

do_ocr_multi_class_knn

Siehe auch

create_ocr_class_knn, classify_class_knn

Modul

OCR/OCV

get_features_ocr_class_knn (Character : : OCRHandle, Transform : Features)

Berechnung der Merkmale eines Zeichens.

get_features_ocr_class_knn berechnet die Merkmale des Zeichens, das durch Character angegeben wird, mit dem OCR-Klassifikator OCRHandle und gibt sie in Features zurück. Im Gegensatz zu do_ocr_single_class_knn und do_ocr_multi_class_knn wird das Zeichen als ein Bildobjekt angegeben. Vor der Verwendung von get_features_ocr_class_knn muss also reduce_domain aufgerufen werden. Der Parameter Transform legt fest, ob die im Klassifikator durch Preprocessing in create_ocr_class_knn festgelegte Merkmalstransformation angewendet werden soll (Transform = *'true'*) oder ob die untransformierten Merkmale zurückgegeben werden sollen (Transform = *'false'*). get_features_ocr_class_knn kann dazu verwendet werden, die zur Klassifikation verwendeten Merkmale zu inspizieren.

Parameter

- ▷ **Character** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabezeichen.
- ▷ **OCRHandle** (input_control) ..... ocr_knn ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.
- ▷ **Transform** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Soll der Merkmalsvektor mit der Vorverarbeitung transformiert werden?
  Default: 'true'
  Werteliste: Transform ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **Features** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Merkmalsvektor des Zeichens.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_features_ocr_class_knn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

trainf_ocr_class_knn

Siehe auch

create_ocr_class_knn

Modul

OCR/OCV

get_params_ocr_class_knn (: : OCRHandle : WidthCharacter, HeightCharacter, Interpolation, Features, Characters, Preprocessing, NumTrees)

Auslesen der Parameter eines OCR-Klassifikators.

get_params_ocr_class_knn gibt die Parameter des durch OCRHandle angegebenen OCR-Klassifikators, die bei der Erzeugung mit create_ocr_class_knn verwendet wurden, zurück. Dies ist insbesondere nützlich, wenn der Klassifikator mit read_ocr_class_knn eingelesen wurde. Die Ausgabedaten von

get_params_ocr_class_knn können z.B. verwendet werden, um zu überprüfen, ob ein zu lesendes Zeichen in dem Klassifikator vorhanden ist. Zur Beschreibung der Parameter siehe create_ocr_class_knn und trainf_ocr_class_knn.

Parameter

- ▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_knn ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.
- ▷ **WidthCharacter** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Breite des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
- ▷ **HeightCharacter** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Höhe des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
- ▷ **Interpolation** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Interpolationsmodus bei der Skalierung der Zeichen.
- ▷ **Features** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Merkmale, die zur Klassifikation verwendet werden.
- ▷ **Characters** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Zeichen des zu lesenden Zeichensatzes.
- ▷ **Preprocessing** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Art der Vorverarbeitung (Transformation) der Merkmalsvektoren.
- ▷ **NumTrees** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Anzahl an Bäumen die zur Klassifikation verwendet werden.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_params_ocr_class_knn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_ocr_class_mlp, read_ocr_class_mlp

Nachfolger

do_ocr_single_class_mlp, do_ocr_multi_class_mlp

Siehe auch

trainf_ocr_class_mlp, get_params_class_mlp

Modul

OCR/OCV

read_ocr_class_knn (: : FileName : OCRHandle)

Lesen eines OCR-Klassifikators aus einer Datei.

read_ocr_class_knn liest einen mit write_ocr_class_knn abgespeicherten OCR-Klassifikator ein.

Parameter

- ▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
  Name der Datei.
  Dateiendung: .onc, .okc, .fnt
- ▷ **OCRHandle** (output_control) . . . . . ocr_knn ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert read_ocr_class_knn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`classify_class_knn`

Siehe auch

`create_ocr_class_knn`

Literatur

Marius Muja, David G. Lowe: „Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration“; International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 09); 2009.

Modul

OCR/OCV

select_feature_set_trainf_knn (: : TrainingFile, FeatureList, SelectionMethod, Width, Height, GenParamName, GenParamValue : OCRHandle, FeatureSet, Score)

Wählt die optimalen Merkmale für ein bestimmtes OCR-Klassifikationsproblem aus.

`select_feature_set_trainf_knn` wählt die optimalen Merkmale für ein bestimmtes OCR-Klassifikationsproblem aus. Die Daten für das OCR-Klassifikationsproblem werden mit der Trainingsdatei `TrainingFile` ausgewählt. Als Klassifikator wird ein k-Nearest-Neighbor-Klassifikator (kNN) verwendet.

Es wird eine Untermenge aller angegebenen OCR-Merkmale gewählt. Alle zu untersuchenden Merkmale werden in `FeatureList` spezifiziert. Die Liste der möglichen OCR-Merkmale wird in der Dokumentation von `create_ocr_class_knn` näher erläutert. Die letztendlich ausgewählte Merkmalsuntermenge wird in `FeatureSet` zurückgegeben.

`select_feature_set_trainf_knn` ist auf OCR-Klassifikationsprobleme spezialisiert und unterstützt nur Merkmale, die in der Auswahlliste stehen. Für andere Merkmale bietet sich somit die Nutzung des generellen Operators `select_feature_set_knn` an.

Für den Selektionsprozess können in `SelectionMethod` zwei verschiedene Methoden ausgewählt werden: entweder die Greedy-Variante *'greedy'* (das momentan erfolgversprechendste Merkmal wird zur Auswahl hinzugefügt) oder die dynamisch oszillierende Suche *'greedy_oscillating'* (Das momentan erfolgversprechendste Merkmal wird zur Auswahl hinzugefügt. Danach wird getestet ob eines der hinzugefügten Merkmale entbehrlich ist.). Während *'greedy'* schneller terminiert, kann *'greedy_oscillating'* bessere Ergebnisse erzielen wenn viele Trainingsdaten vorliegen.

Als Optimierungskriterium dient die Klassifikationsrate, die mit einem zwei-fachen Kreuzvalidierungsverfahren ermittelt wird. Die beste erreichte Klassifikationsrate wird in `Score` zurückgegeben. `OCRHandle` gibt einen Klassifikator zurück, der mit der entsprechenden Featureauswahl parametrisiert und trainiert wurde.

Mit Hilfe der Parameter `GenParamName` und `GenParamValue` können die folgenden Werte gesetzt werden:

'num_neighbors': Anzahl Nachbarn die ermittelt werden, das Erhöhen dieses Wertes führt zu besseren Ergebnissen bei längerer Laufzeit.

Wertevorschläge: *1*, *2*, *5*, *10*

Default: *1*

'num_trees': die Anzahl an Suchbäumen im k-NN

Wertevorschläge: *1*, *4*, *10*

Default: *4*

Achtung

Die Laufzeit dieses Operators kann mit größeren Datensätzen und einer längeren Merkmalsliste unter Umständen sehr lange sein.

Es ist zu beachten, dass dieser Operator nicht aufgerufen werden sollte, wenn für das Training nur ein kleiner Datensatz verfügbar ist. Auf Grund des Risikos der Überanpassung kann der Operator `select_feature_set_trainf_knn` zwar einerseits einen Klassifikator mit sehr hohem Score liefern. Andererseits weist der Klassifikator jedoch eine schlechte Erkennungsrate auf, wenn dieser getestet wird.

Parameter

▷ **`TrainingFile`** (input_control) ..... filename.read(-array) ⇝ *string*
Namen der Trainingsdateien.
Default: ''
Dateiendung: `.trf`, `.otr`

▷ **`FeatureList`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Merkmale, die zur Klassifikation verwendet werden können.
Default: ['zoom_factor','ratio','width','height','foreground','foreground_grid_9','foreground_grid_16', 'anisometry','compactness','convexity','moments_region_2nd_invar','moments_region_2nd_rel_invar', 'moments_region_3rd_invar','moments_central','phi','num_connect','num_holes','projection_horizontal', 'projection_vertical','projection_horizontal_invar','projection_vertical_invar','chord_histo','num_runs', 'pixel','pixel_invar','pixel_binary','gradient_8dir','cooc','moments_gray_plane']
Werteliste: `FeatureList` ∈ {'default', 'zoom_factor', 'ratio', 'width', 'height', 'foreground', 'foreground_grid_9', 'foreground_grid_16', 'anisometry', 'compactness', 'convexity', 'moments_region_2nd_invar', 'moments_region_2nd_rel_invar', 'moments_region_3rd_invar', 'moments_central', 'phi', 'num_connect', 'num_holes', 'projection_horizontal', 'projection_vertical', 'projection_horizontal_invar', 'projection_vertical_invar', 'chord_histo', 'num_runs', 'pixel', 'pixel_invar', 'pixel_binary', 'gradient_8dir', 'cooc', 'moments_gray_plane'}

▷ **`SelectionMethod`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Die Methode zur Auswahl der Merkmale.
Default: 'greedy'
Werteliste: `SelectionMethod` ∈ {'greedy', 'greedy_oscillating'}

▷ **`Width`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Breite des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
Default: 15

▷ **`Height`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Höhe des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
Default: 16

▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... string-array ⇝ *string*
Namen von (optionalen) Parametern für die Steuerung des Verhaltens verwendeten des k-NN Klassifikators.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'num_neighbors'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer / string
Die zu den optionalen generischen Parametern gehörenden Werte.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {1, 2, 3}

▷ **`OCRHandle`** (output_control) ..... ocr_knn ⇝ *handle*
Ein trainierter k-NN Klassifikator.

▷ **`FeatureSet`** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
Die ausgewählten Merkmale.

▷ **`Score`** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Die Klassifikationsrate die mit dem ausgewählten Merkmalssatz erreicht wurde.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `select_feature_set_trainf_knn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Alternativen

`select_feature_set_trainf_svm`, `select_feature_set_trainf_mlp`

Siehe auch

`select_feature_set_knn`

Modul

OCR/OCV

`serialize_ocr_class_knn` (: : `OCRHandle` : `SerializedItemHandle`)

Serialisieren eines k-NN-basierten OCR-Klassifikators.

`serialize_ocr_class_knn` serialisiert einen k-NN-basierten OCR-Klassifikator (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von `write_ocr_class_knn` in eine Datei geschrieben werden. Der OCR-Klassifikator wird in dem Handle `OCRHandle` übergeben. Der serialisierte OCR-Klassifikator wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und kann mit `deserialize_ocr_class_knn` wieder deserialisiert werden.

Parameter

- ▷ **`OCRHandle`** (input_control) ..... ocr_knn ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.
- ▷ **`SerializedItemHandle`** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_ocr_class_knn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`trainf_ocr_class_knn`, `read_ocr_class_knn`

Nachfolger

`fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_ocr_class_knn`

Siehe auch

`create_class_knn`, `read_ocr_class_knn`, `deserialize_ocr_class_knn`

Literatur

Marius Muja, David G. Lowe: „Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration“; International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 09); 2009.

Modul

OCR/OCV

`trainf_ocr_class_knn` (: : `OCRHandle`, `TrainingFile`, `GenParamName`, `GenParamValue` :)

Trainieren eines OCR-Klassifikators.

`trainf_ocr_class_knn` trainiert den OCR-Klassifikator `OCRHandle` mit den Trainingszeichen, die in den durch `TrainingFile` angegebenen OCR-Trainingsdateien enthalten sind. Die Trainingsdateien müssen zuvor,

z.B. mit write_ocr_trainf, erzeugt worden sein. Es ist zu beachten, dass Trainingszeichen, die keine entsprechende Klasse im Klassifikator OCRHandle haben, verworfen werden.

Mit GenParamName und entsprechendem GenParamValue sind folgende Optionen setzbar:

'num_trees' Setzt die Anzahl an Suchbäumen. Ein höhere Anzahl an Suchbäumen erhöht die Genauigkeit, erhöht aber ebenfalls die Laufzeit.
Default: *4*.

'normalization' Aktiviert die Datennormalisierung, wenn auf *'true'* gesetzt. Die Normalisierung verändert die bereits hinzugefügten Trainingsdaten, wodurch keine weiteren Trainingsdaten hinzugefügt werden können.
Werteliste: *'true'*, *'false'*.
Default: *'false'*.

Parameter

▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_knn ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **TrainingFile** (input_control) . . . . . filename.read(-array) ⇝ *string*
Namen der Trainingsdateien.
Default: 'ocr.trf'
Dateiendung: .trf, .otr

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen von (optionalen) Parametern für die Steuerung des Verhaltens des Operators.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'num_trees', 'normalization'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *integer* / string / real
Die zu den optionalen generischen Parametern gehörenden Werte.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {4, 5, 'false', 'true'}

Beispiel

```
* Train an OCR classifier
read_ocr_trainf_names ('ocr.trf', CharacterNames, CharacterCount)
create_ocr_class_knn (8, 10, 'constant', 'default', CharacterNames, [],\
                      [], OCRHandle)
trainf_ocr_class_knn (OCRHandle, 'ocr.trf', [], [])
write_ocr_class_knn (OCRHandle, 'ocr.omc')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert trainf_ocr_class_knn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- OCRHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_ocr_class_knn, write_ocr_trainf, append_ocr_trainf, write_ocr_trainf_image

Nachfolger

do_ocr_single_class_knn, do_ocr_multi_class_knn

Alternativen

read_ocr_class_knn

Siehe auch

train_class_knn

Modul

OCR/OCV

write_ocr_class_knn (: : OCRHandle, FileName :)

Abspeichern eines OCR-Klassifikators in eine Datei.

write_ocr_class_knn speichert den OCR-Klassifikator OCRHandle in der Datei FileName ab. Falls keine Datei-Extension in FileName angegeben wird, wird die Standard-Extension '.onc' an FileName angehängt. write_ocr_class_knn wird typischerweise aufgerufen, nachdem der Klassifikator mit trainf_ocr_class_knn trainiert wurde. Der Klassifikator kann mit read_ocr_class_knn wieder eingelesen werden.

Parameter

- ▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_knn ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.
- ▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
  Name der Datei.
  Dateiendung: .onc

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert write_ocr_class_knn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

trainf_ocr_class_knn, read_ocr_class_knn

Siehe auch

create_class_knn, read_ocr_class_knn

Literatur

Marius Muja, David G. Lowe: „Fast Approximate Nearest Neighbors with Automatic Algorithm Configuration“; International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 09); 2009.

Modul

OCR/OCV

21.4 Lexika

clear_lexicon (: : LexiconHandle :)

Löschen eines Lexikons.

clear_lexicon löscht ein Lexikon und gibt seine Ressourcen frei.

Parameter

▷ **LexiconHandle** (input_control) . . . . . lexicon ⇝ *handle*
Handle des Lexikons.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- LexiconHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Siehe auch

create_lexicon

Modul

OCR/OCV

create_lexicon (: : Name, Words : LexiconHandle)

Erzeugen eines Lexikons aus einem Tupel von Wörtern.

create_lexicon erzeugt ein neues Lexikon basierend auf dem Tupel von Wörtern in Words. Durch die Vergabe eines eindeutigen Namens in Name kann das Lexikon später aus textuellen Ausdrücken heraus referenziert werden, wie z.B. bei do_ocr_word_mlp.

Die Unterstützung von Lexika in HALCON zielt derzeit nicht auf natürliche Sprachen ab, sondern auf OCR Applikationen, die lediglich zwischen einem begrenzten Satz von nicht mehr als einigen tausend gültigen Wörtern unterscheiden müssen, z.B. Länder- oder Produktnamen. MVTec selbst bietet keine fertigen Lexika an.

Parameter

▷ **Name** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Eindeutiger Name für das neue Lexikon.
Default: 'lex1'

▷ **Words** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Liste von Worten für das neue Lexikon.
Default: ['word1','word2','word3']

▷ **LexiconHandle** (output_control) . . . . . lexicon ⇝ *handle*
Handle des Lexikons.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

do_ocr_word_mlp, do_ocr_word_svm

Alternativen

import_lexicon

Siehe auch

lookup_lexicon, suggest_lexicon

Modul

OCR/OCV

import_lexicon (: : Name, FileName : LexiconHandle)

Erzeugen eines Lexikons aus einer Textdatei.

import_lexicon erzeugt ein neues Lexikon basierend auf einer Liste von Wörtern in der Datei FileName. Durch die Vergabe eines eindeutigen Namens in Name kann das Lexikon später aus textuellen Ausdrücken heraus referenziert werden, wie z.B. bei do_ocr_word_mlp.

Die Unterstützung von Lexika in HALCON zielt derzeit nicht auf natürliche Sprachen ab, sondern auf OCR Applikationen, die lediglich zwischen einem begrenzten Satz von nicht mehr als einigen tausend gültigen Wörtern unterscheiden müssen, z.B. Länder- oder Produktnamen. Sind in der Lexikon-Datei Einträge mit Sonderzeichen enthalten, muss die Datei UTF-8-kodiert sein. Alte Dateien, die in der lokalen 8-Bit-Kodierung vorliegen, können allerdings weiterhin geladen werden, solange sie mindestens eine Bytefolge enthalten, die eindeutig nicht auch als UTF-8-Zeichen missinterpretiert werden könnte. MVTec selbst bietet keine fertigen Lexika an.

Parameter

- ▷ **Name** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Eindeutiger Name für das neue Lexikon.
  Default: 'lex1'
- ▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
  Name einer Textdatei mit Worten für das neue Lexikon.
  Default: 'words.txt'
  Dateiendung: .txt
- ▷ **LexiconHandle** (output_control) . . . . . lexicon ⇝ *handle*
  Handle des Lexikons.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

do_ocr_word_mlp, do_ocr_word_svm

Alternativen

create_lexicon

Siehe auch

lookup_lexicon, suggest_lexicon

Modul

OCR/OCV

inspect_lexicon (: : LexiconHandle : Words)

Abfrage aller Wörter eines Lexikons.

inspect_lexicon liefert in Words ein Tupel mit allen Wörtern aus dem Lexikon.

Parameter

▷ **LexiconHandle** (input_control) . . . . . lexicon ⇝ *handle*
Handle des Lexikons.

▷ **Words** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Liste aller Wörter.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

lookup_lexicon

Siehe auch

create_lexicon

Modul

OCR/OCV

lookup_lexicon (: : LexiconHandle, Word : Found)

Prüfen, ob ein Wort in einem Lexikon enthalten ist.

lookup_lexicon prüft, ob Word im Lexikon LexiconHandle enthalten ist, und liefert 1 in Found, falls das Wort gefunden wurde, ansonsten 0.

Parameter

▷ **LexiconHandle** (input_control) . . . . . lexicon ⇝ *handle*
Handle des Lexikons.

▷ **Word** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Nachzuschlagendes Wort.
Default: 'word'

▷ **Found** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Ergebnis der Suche.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

suggest_lexicon

Siehe auch

create_lexicon

Modul

OCR/OCV

suggest_lexicon (: : LexiconHandle, Word : Suggestion, NumCorrections)

Finden eines ähnlichen Wortes in einem Lexikon.

suggest_lexicon vergleicht Word mit allen Wörtern im Lexikon und berechnet die minimale Anzahl von Editieroperationen NumCorrections, welche nötig sind um Word in ein Wort aus dem Lexikon zu überführen.

Gültige Operationen sind das Einfügen, Löschen und Ersetzen von Zeichen. Das ähnlichste Wort aus dem Lexikon wird in `Suggestion` zurückgegeben. Wenn es mehrere Wörter mit derselben minimalen Anzahl von Korrekturen gibt, wird nur das erste dieser Wörter zurückgegeben.

Parameter

▷ **`LexiconHandle`** (input_control) . . . . . lexicon ⇝ *handle*
Handle des Lexikons.

▷ **`Word`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Nachzuschlagendes Wort.
Default: 'word'

▷ **`Suggestion`** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
Ähnlichstes Wort aus dem Lexikon.

▷ **`NumCorrections`** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Unterschied der Wörter in Editieroperationen

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`lookup_lexicon`, `tuple_str_distance`

Siehe auch

`create_lexicon`

Literatur

Vladimir I. Levenshtein, Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals, Doklady Akademii Nauk SSSR, 163(4):845-848, 1965 (Russian). English translation in Soviet Physics Doklady, 10(8):707-710, 1966.

Modul

OCR/OCV

21.5 Neuronale Netze

`clear_ocr_class_mlp` (: : `OCRHandle` :)

Löschen eines OCR-Klassifikators.

`clear_ocr_class_mlp` löscht den durch `OCRHandle` angegebenen OCR-Klassifikator, der mit `create_ocr_class_mlp` erzeugt wurde, und gibt sämtlichen für den Klassifikator benötigten Speicher frei. Der Klassifikator kann nach dem Aufruf von `clear_ocr_class_mlp` nicht mehr verwendet werden. Der Handle `OCRHandle` ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **`OCRHandle`** (input_control) . . . . . ocr_mlp(-array) ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

Ergebnis

Falls `OCRHandle` korrekt ist, dann liefert `clear_ocr_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- OCRHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

do_ocr_single_class_mlp, do_ocr_multi_class_mlp

Siehe auch

create_ocr_class_mlp, read_ocr_class_mlp, write_ocr_class_mlp, trainf_ocr_class_mlp

Modul

OCR/OCV

create_ocr_class_mlp (: : WidthCharacter, HeightCharacter, Interpolation, Features, Characters, NumHidden, Preprocessing, NumComponents, RandSeed : OCRHandle)

Erzeugen eines OCR-Klassifikators unter Verwendung eines mehrschichtigen Perzeptrons.

create_ocr_class_mlp erzeugt einen OCR-Klassifikator unter Verwendung eines mehrschichtigen Perzeptrons (MLP). Der Handle des OCR-Klassifikators wird in OCRHandle zurückgegeben.

Für eine Beschreibung der Funktionsweise eines MLP siehe create_class_mlp. create_ocr_class_mlp erzeugt ein MLP mit OutputFunction = *'softmax'*. Die Länge des Merkmalsvektors des MLP (NumInput in create_class_mlp) wird aus den für die OCR zu verwendenden Merkmalen, die in Features übergeben werden, festgelegt. Die Merkmale sind unten beschrieben. Die Anzahl der Einheiten in der versteckten Schicht wird durch NumHidden festgelegt. Die Anzahl der Ausgabevariablen des MLP (NumOutput in create_class_mlp) wird aus den für die OCR zu verwendenden Namen der Zeichen, die in Characters übergeben werden, festgelegt. Wie bei create_class_mlp beschrieben, kann mit Preprocessing und NumComponents eine Vorverarbeitung der Daten (Merkmalsvektoren) festgelegt werden. Bei der OCR werden die Merkmale intern schon annähernd normalisiert, so dass im Normalfall hier *'none'* angegeben werden kann. Der Parameter RandSeed hat dieselbe Bedeutung wie bei create_class_mlp. Weiterhin kann es wie bei allgemeinen MLP-Klassifikatoren (siehe create_class_mlp und set_regularization_params_class_mlp) wünschenswert sein, einen OCR-Klassifikator zu regularisieren. Dies kann durch einen Aufruf von set_regularization_params_ocr_class_mlp vor dem Training des OCR-Klassifikators erreicht werden. Zusätzlich kann es wie bei allgemeinen MLP-Klassifikatoren (siehe create_class_mlp und set_rejection_params_class_mlp) wünschenswert sein, den OCR-Klassifikator mit der Fähigkeit auszustatten, unbekannte Zeichen zurückzuweisen. Die Rückweisungsklasse ist bei Konvention das zusätzliche Symbol chr(26), dass in Characters übergeben werden muss. Die Parameter der Rückweisungsklasse kann durch einen Aufruf von set_rejection_params_ocr_class_mlp vor dem Training des OCR-Klassifikators gesetzt werden.

Die zur Klassifikation zu verwendenden Merkmale werden mit Features angegeben. Dabei kann Features ein Tupel mit mehreren Merkmalsnamen beinhalten. Jeder dieser Merkmalsnamen führt zur Berechnung von einem oder mehreren Merkmalen für den Klassifikator. Einige der Merkmalsnamen erzeugen Grauwertmerkmale (z.B. *'pixel_invar'*). Da ein Klassifikator immer eine konstante Anzahl von Merkmalen (Eingabevariablen) benötigt, wird ein zu klassifizierendes Zeichen auf eine Standardgröße transformiert, die durch WidthCharacter und HeightCharacter festgelegt wird. Die bei der Transformation anzuwendende Interpolation wird mit Interpolation festgelegt. Sie hat dieselbe Bedeutung wie bei affine_trans_image. Die Interpolation sollte so gewählt werden, dass bei der Transformation keine Aliasing-Effekte auftreten. Im Normalfall sollte Interpolation = *'constant'* verwendet werden. Bei der Wahl der Größe des transformierten Zeichens ist zu beachten, dass die Größe nicht zu groß gewählt wird, da die Generalisierungseigenschaften des Klassifikators sonst sehr schlecht werden können. Insbesondere können bei großen Größen kleine Segmentierungsfehler einen großen Einfluss auf die berechneten Merkmale haben, wenn Grauwertmerkmale verwendet werden, da sich durch die Segmentierungsfehler das umschließende Rechteck des Zeichens ändern kann, was dazu führt, dass das Zeichen anders als trainiert skaliert wird. Im Normalfall sollten Größen zwischen 6×8 und 10×14 verwendet werden.

Mit Features können die folgenden Merkmalsnamen zur Erkennung der Zeichen ausgewählt werden.

'default' *'ratio'* und *'pixel_invar'* werden ausgewählt.

'pixel' Grauwerte des Zeichens (WidthCharacter × HeightCharacter Merkmale).

'pixel_invar' Grauwerte des Zeichens mit automatischer maximaler Grauwertspreizung (WidthCharacter × HeightCharacter Merkmale).

'pixel_binary' Region des Zeichens als Binärbild auf eine Größe von WidthCharacter × HeightCharacter skaliert. (WidthCharacter × HeightCharacter Merkmale).

'gradient_8dir' Die Gradienten des Zeichens werden berechnet. Die Gradientenrichtungen werden in 8 Richtungen diskretisiert. Das Amplitudenbild wird entsprechend der diskretisierten Richtungen in 8 Kanäle aufgeteilt. In jedem der 8 Kanäle werden auf einem 5×5 Gitter Stichproben entnommen. Diese Stichproben bilden die Merkmale (200 Merkmale).

'projection_horizontal' Horizontale Projektion der Grauwerte (siehe gray_projections, HeightCharacter Merkmale).

'projection_horizontal_invar' Horizontale Projektion der Grauwerte, die maximal gespreizt sind (HeightCharacter Merkmale).

'projection_vertical' Vertikale Projektion der Grauwerte (siehe gray_projections, WidthCharacter Merkmale).

'projection_vertical_invar' Vertikale Projektion der Grauwerte, die maximal gespreizt sind (WidthCharacter Merkmale).

'ratio' Seitenverhältnis des Zeichens (siehe height_width_ratio, 1 Merkmal).

'anisometry' Formmerkmal Anisometrie (siehe eccentricity, 1 Merkmal).

'width' Breite des Zeichens vor der Normierung auf die Standardgröße (nicht skalierungsinvariant, siehe height_width_ratio, 1 Merkmal).

'height' Höhe des Zeichens vor der Normierung auf die Standardgröße (nicht skalierungsinvariant, siehe height_width_ratio, 1 Merkmal).

'zoom_factor' Größenunterschied zwischen aktuellem Zeichen und den Werten von WidthCharacter und HeightCharacter (nicht skalierungsinvariant, 1 Merkmal).

'foreground' Relativer Anteil der Vordergrund-Pixel (1 Merkmal).

'foreground_grid_9' Relativer Anteil der Vordergrund-Pixel in einem 3×3 Raster innerhalb des umschließenden Rechtecks des Zeichens (9 Merkmale).

'foreground_grid_16' Relativer Anteil der Vordergrund-Pixel in einem 4×4 Raster innerhalb des umschließenden Rechtecks des Zeichens (16 Merkmale).

'compactness' Formmerkmal Kompaktheit (siehe compactness, 1 Merkmal).

'convexity' Formmerkmal Konvexität (siehe convexity, 1 Merkmal).

'moments_region_2nd_invar' Normierte zweite geometrische Momente der Region (siehe moments_region_2nd_invar, 3 Merkmale).

'moments_region_2nd_rel_invar' Normierte zweite relative geometrische Momente der Region (siehe moments_region_2nd_rel_invar, 2 Merkmale).

'moments_region_3rd_invar' Normierte dritte geometrische Momente der Region (siehe moments_region_3rd_invar, 4 Merkmale).

'moments_central' Normierte zentrale geometrische Momente der Region (siehe moments_region_central, 4 Merkmale).

'moments_gray_plane' Normierte Grauwertmomente und die Winkel der Grauwertebene (siehe moments_gray_plane, 4 Merkmale)

'phi' Sinus und Kosinus der Orientierung (Winkel) des Zeichens (siehe elliptic_axis, 2 Merkmal).

'num_connect' Anzahl der Zusammenhangskomponenten (siehe connect_and_holes, 1 Merkmal).

'num_holes' Anzahl der Hohlflächen (siehe connect_and_holes, 1 Merkmal).

'cooc' Werte der binären Cooccurrence-Matrix (siehe gen_cooc_matrix, 8 Merkmale).

'num_runs' Anzahl der Sehnen der Region normiert auf die Höhe (1 Merkmal).

'chord_histo' Häufigkeit der Sehnen pro Zeile (nicht skalierungsinvariant, HeightCharacter Merkmale).

Nachdem der Klassifikator erzeugt wurde, wird er mit `trainf_ocr_class_mlp` trainiert. Daraufhin kann der Klassifikator mit `write_ocr_class_mlp` abgespeichert werden. Alternativ können auch sofort nach dem Training Zeichen mit `do_ocr_single_class_mlp` oder `do_ocr_multi_class_mlp` klassifiziert werden.

HALCON stellt eine Anzahl vortrainierter OCR-Klassifikatoren zur Verfügung (siehe „`Solution Guide I`", Kapitel 'OCR', Abschnitt 'Pretrained OCR Fonts'). Diese vortrainierten OCR-Klassifikatoren können direkt mit `read_ocr_class_mlp` eingelesen werden und ermöglichen es, eine Vielzahl an Zeichensätzen zu lesen, ohne vorher einen OCR-Klassifikator trainieren zu müssen. Es ist daher empfehlenswert, zuerst zu testen, ob einer der vortrainierten OCR-Klassifikatoren verwendet werden kann. Ist dies der Fall, erspart man sich das Erzeugen und Trainieren des OCR-Klassifikators.

Ein Vergleich zwischen MLP und Support-Vektor-Maschinen (SVM) (siehe `create_ocr_class_svm`) zeigt typischerweise, dass SVMs generell schneller trainiert werden, insbesondere bei großen Trainingsdatensätzen, und eine leicht verbesserte Erkennungsrate haben. Das MLP weist schnellere Klassifikationszeiten auf und sollte daher in zeitkritischen Anwendungen verwendet werden. Es ist zu beachten, dass der Vergleich von optimal abgestimmten Parametern ausgeht.

Parameter

▷ **`WidthCharacter`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Breite des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
Default: 8
Wertevorschläge: `WidthCharacter` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 20}
Wertebereich: 4 ≤ `WidthCharacter` ≤ 20

▷ **`HeightCharacter`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Höhe des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
Default: 10
Wertevorschläge: `HeightCharacter` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 20}
Wertebereich: 4 ≤ `HeightCharacter` ≤ 20

▷ **`Interpolation`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Interpolationsmodus bei der Skalierung der Zeichen.
Default: 'constant'
Werteliste: `Interpolation` ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic', 'constant', 'weighted'}

▷ **`Features`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Merkmale, die zur Klassifikation verwendet werden.
Default: 'default'
Werteliste: `Features` ∈ {'default', 'pixel', 'pixel_invar', 'pixel_binary', 'gradient_8dir', 'projection_horizontal', 'projection_horizontal_invar', 'projection_vertical', 'projection_vertical_invar', 'ratio', 'anisometry', 'width', 'height', 'zoom_factor', 'foreground', 'foreground_grid_9', 'foreground_grid_16', 'compactness', 'convexity', 'moments_region_2nd_invar', 'moments_region_2nd_rel_invar', 'moments_region_3rd_invar', 'moments_central', 'moments_gray_plane', 'phi', 'num_connect', 'num_holes', 'cooc', 'num_runs', 'chord_histo'}

▷ **`Characters`** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Alle Zeichen des zu lesenden Zeichensatzes.
Default: ['0','1','2','3','4','5','6','7','8','9']

▷ **`NumHidden`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der versteckten Einheiten des MLP.
Default: 80
Wertevorschläge: `NumHidden` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 150}
Restriktion: NumHidden >= 1

▷ **`Preprocessing`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Vorverarbeitung (Transformation) der Merkmalsvektoren.
Default: 'none'
Werteliste: `Preprocessing` ∈ {'none', 'normalization', 'principal_components', 'canonical_variates'}

▷ **`NumComponents`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Parameter der Vorverarbeitung: Anzahl der transformierten Merkmale (ignoriert bei `Preprocessing` = *'none'* und `Preprocessing` = *'normalization'*).
Default: 10
Wertevorschläge: `NumComponents` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100}
Restriktion: NumComponents >= 1

▷ **RandSeed** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Initialisierungswert des Zufallszahlengenerators, der zur Initialisierung des MLP mit zufälligen Werten verwendet wird.
Default: 42

▷ **OCRHandle** (output_control) . . . . . ocr_mlp ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

Beispiel

```
read_image (Image, 'letters')
* Segment the image.
binary_threshold(Image,&Region, 'otsu', 'dark', &UsedThreshold);
dilation_circle (Region, RegionDilation, 3.5)
connection (RegionDilation, ConnectedRegions)
intersection (ConnectedRegions, Region, RegionIntersection)
sort_region (RegionIntersection, Characters, 'character', 'true', 'row')
* Generate the training file.
count_obj (Characters, Number)
Classes := []
for J := 0 to 25 by 1
    Classes := [Classes,gen_tuple_const(20,chr(ord('a')+J))]
endfor
Classes := [Classes,gen_tuple_const(20,'.')]
write_ocr_trainf (Characters, Image, Classes, 'letters.trf')
* Generate and train the classifier.
read_ocr_trainf_names ('letters.trf', CharacterNames, CharacterCount)
create_ocr_class_mlp (8, 10, 'constant', 'default', CharacterNames, 20, \
                      'none', 81, 42, OCRHandle)
trainf_ocr_class_mlp (OCRHandle, 'letters.trf', 100, 0.01, 0.01, Error, \
                      ErrorLog)
* Re-classify the characters in the image.
do_ocr_multi_class_mlp (Characters, Image, OCRHandle, Class, Confidence)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_ocr_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`trainf_ocr_class_mlp`, `set_regularization_params_ocr_class_mlp`, `set_rejection_params_ocr_class_mlp`

Alternativen

`create_ocr_class_svm`

Siehe auch

`do_ocr_single_class_mlp`, `do_ocr_multi_class_mlp`, `clear_ocr_class_mlp`, `create_class_mlp`, `train_class_mlp`, `classify_class_mlp`

Modul

OCR/OCV

deserialize_ocr_class_mlp (: : SerializedItemHandle : OCRHandle)

Deserialisieren eines serialisierten MLP-basierten OCR-Klassifikators.

deserialize_ocr_class_mlp deserialisiert einen MLP-basierten OCR-Klassifikator, welcher mit serialize_ocr_class_mlp serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Der serialisierte OCR-Klassifikator wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten OCR-Klassifikator mit dem Handle OCRHandle gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **OCRHandle** (output_control) . . . . . ocr_mlp ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_ocr_class_mlp den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

fread_serialized_item, receive_serialized_item, serialize_ocr_class_mlp

Nachfolger

do_ocr_single_class_mlp, do_ocr_multi_class_mlp

Siehe auch

create_ocr_class_mlp, write_ocr_class_mlp, read_class_mlp, write_class_mlp, serialize_ocr_class_mlp

Modul

OCR/OCV

do_ocr_multi_class_mlp (Character, Image : : OCRHandle : Class, Confidence)

Klassifikation mehrerer Zeichen mit einem OCR-Klassifikator.

do_ocr_multi_class_mlp berechnet mit dem durch OCRHandle gegebenen OCR-Klassifikator zu den durch die Regionen Character und die Grauwerte Image gegebenen Zeichen die jeweils beste Klasse und gibt die Klassen in Class und die zugehörigen Konfidenzen (Wahrscheinlichkeiten) der Klassen in Confidence zurück. Im Gegensatz zu do_ocr_single_class_mlp kann do_ocr_multi_class_mlp also mehrere Zeichen gleichzeitig klassifizieren und ist damit typischerweise schneller als eine Schleife, die do_ocr_single_class_mlp zur Klassifikation einzelner Zeichen verwendet. Allerdings kann do_ocr_multi_class_mlp nur die beste Klasse des jeweiligen Zeichens zurückliefern. Da sich die Konfidenzen als Wahrscheinlichkeiten interpretieren lassen (siehe classify_class_mlp und evaluate_class_mlp), und damit auch leicht überprüfbar ist, ob ein Zeichen zu unsicher klassifiziert worden ist, ist dies im Normalfall kein Nachteil, außer die Klassen überlappen sich so stark, dass in vielen Fällen noch die zweitbeste Klasse untersucht werden muss, um sicher zu entscheiden, welche Klasse vorliegt. In diesem Fall sollte do_ocr_single_class_mlp verwendet werden.

Eine Zeichenkette des Zahlenwertes '$\backslash 032$' (alternativ als '$\backslash 0x1A$' dargestellt) im Resultat Class bedeutet, dass die Region als Rückweisungsklasse klassifiziert wurde.

Der OCR-Klassifikator muss vor der Verwendung von do_ocr_multi_class_mlp mit trainf_ocr_class_mlp trainiert werden.

Parameter

- ▷ **Character** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu erkennende Zeichen.
- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object* : byte / uint2
  Grauwerte der Zeichen.
- ▷ **OCRHandle** (input_control) ..... ocr_mlp ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.
- ▷ **Class** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Ergebnis der Klassifikation der Zeichen durch das MLP.
  Parameteranzahl: Class == Character
- ▷ **Confidence** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Konfidenz der Klasse der Zeichen.
  Parameteranzahl: Confidence == Character

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `do_ocr_multi_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`trainf_ocr_class_mlp`, `read_ocr_class_mlp`

Alternativen

`do_ocr_word_mlp`, `do_ocr_single_class_mlp`

Siehe auch

`create_ocr_class_mlp`, `classify_class_mlp`

Modul

OCR/OCV

do_ocr_single_class_mlp (Character, Image : : OCRHandle,
Num : Class, Confidence)

Klassifikation eines Zeichens mit einem OCR-Klassifikator.

`do_ocr_single_class_mlp` berechnet mit dem durch `OCRHandle` gegebenen OCR-Klassifikator zu dem durch die Region `Character` und die Grauwerte `Image` gegebenen Zeichen die `Num` besten Klassen und gibt die Klassen in `Class` und die zugehörigen Konfidenzen (Wahrscheinlichkeiten) der Klassen in `Confidence` zurück. Da potentiell mehrere Klassen zurückgeliefert werden können, darf `Character` nur eine Region (ein Zeichen) enthalten. Falls mehrere Zeichen in einem Aufruf klassifiziert werden sollen, muss `do_ocr_multi_class_mlp` verwendet werden. Da `do_ocr_multi_class_mlp` bei der Klassifikation mehrerer Zeichen typischerweise schneller ist als eine Schleife mit `do_ocr_single_class_mlp` und da sich die Konfidenzen als Wahrscheinlichkeiten interpretieren lassen (siehe `classify_class_mlp` und `evaluate_class_mlp`), und damit auch leicht überprüfbar ist, ob ein Zeichen zu unsicher klassifiziert worden ist, empfiehlt sich in den meisten Fällen die Verwendung von `do_ocr_multi_class_mlp`, außer die zweitbeste Klasse soll explizit untersucht werden.

Eine Zeichenkette des Zahlenwertes '$\backslash 032$' (alternativ als '$\backslash 0x1A$' dargestellt) im Resultat `Class` bedeutet, dass die Region als Rückweisungsklasse klassifiziert wurde.

Der OCR-Klassifikator muss vor der Verwendung von `do_ocr_single_class_mlp` mit `trainf_ocr_class_mlp` trainiert werden.

Parameter

- ▷ **Character** (input_object) . . . . . region ⇝ *object*
  Zu erkennendes Zeichen.
- ▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object* : byte / uint2
  Grauwerte des Zeichens.
- ▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_mlp ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.
- ▷ **Num** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Anzahl der zu bestimmenden besten Klassen.
  Default: 1
  Wertevorschläge: `Num` ∈ {1, 2, 3, 4, 5}
- ▷ **Class** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Ergebnis der Klassifikation des Zeichens durch das MLP.
- ▷ **Confidence** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Konfidenz(en) der Klasse(n) des Zeichens.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `do_ocr_single_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`trainf_ocr_class_mlp`, `read_ocr_class_mlp`

Alternativen

`do_ocr_multi_class_mlp`

Siehe auch

`create_ocr_class_mlp`, `classify_class_mlp`

Modul

OCR/OCV

do_ocr_word_mlp (Character, Image : : OCRHandle, Expression, NumAlternatives, NumCorrections : Class, Confidence, Word, Score)

Klassifikation einer Zeichengruppe mit einem OCR-Klassifikator.

`do_ocr_word_mlp` verhält sich wie `do_ocr_multi_class_mlp`, indem es mit dem durch `OCRHandle` gegebenen OCR-Klassifikator zu den durch die Regionen `Character` und die Grauwerte `Image` gegebenen Zeichen die jeweils beste Klasse berechnet, und die Klassen in `Class` und die zugehörigen Konfidenzen (Wahrscheinlichkeiten) der Klassen in `Confidence` zurückgibt.

Im Gegensatz zu `do_ocr_multi_class_mlp` behandelt `do_ocr_word_mlp` die Zeichengruppe als eine Einheit, die durch Aneinanderhängen von Klassennamen für jedes einzelne Zeichen ein Wort `Word` liefert. Dies ermöglicht die Einschränkung der erlaubten Klassifikationsergebnisse auf Textebene durch Angabe eines Ausdrucks `Expression`, der das erwartete Wort beschreibt.

Ein Ausdruck kann das Wort auf ein festes Lexikon, welches zuvor durch `create_lexicon` oder `import_lexicon` erzeugt wurde, einschränken, indem der Name des Lexikons in spitzen Klammern wie in *'<meinlexikon>'* angegeben wird. Ist der Ausdruck nicht von dieser Form, so wird er als regulärer Ausdruck mit derselben Syntax wie für `tuple_regexp_match` interpretiert. Bei Verwendung von Quantifikatoren wie '*' sollte man normalerweise mit einem Ausdruck der Form '^...$' dafür sorgen, dass das gesamte Wort verwendet wird.

Im Gegensatz zu `tuple_regexp_match` erlaubt `do_ocr_word_mlp` **keine** Angabe von zusätzlichen Optionen für `Expression` in einem Tupel.

Falls das aus den jeweils besten Klassen abgeleitete Wort dem Ausdruck nicht genügt, versucht do_ocr_word_mlp eine Korrektur durch Berücksichtigung der NumAlternatives besten Klassen für jedes Zeichen, so wie sie von do_ocr_single_class_mlp für ein einzelnes Zeichen bestimmt werden. Hierzu werden alle möglichen Korrekturen ausprobiert, bei denen die Klassifikation von höchstens NumCorrections Zeichenregionen geändert wird. Zu beachten ist hierbei, dass NumAlternatives und NumCorrections Auswirkungen auf die Komplexität des Algorithmus haben und daher in manchen Fällen intern beschränkt werden müssen. Für weitere Informationen siehe den Abschnitt 'Komplexität' weiter unten.

Falls der Ausdruck ein Lexikon beschreibt und die obige Prozedur nicht zum Erfolg führte, so wird das ähnlichste Wort aus dem Lexikon zurückgegeben, solange für die Korrektur weniger als NumCorrections Editieroperationen benötigt werden (siehe suggest_lexicon).

Das Ergebnis wird mit einem Score zwischen 0.0 (keine Korrektur gefunden) und 1.0 (ursprüngliches Wort war schon korrekt) bewertet. Verringert wird der Score durch das Anbringen einer Strafe entsprechend der Anzahl korrigierter Zeichen und einer (kleineren) Strafe für das Ignorieren von Klassen mit höherer Konfidenz um einen Ausdruck Expression zu erhalten:

$$\mathtt{Score} = 1.0 - \mathtt{PenaltyCorrections} - \mathtt{PenaltyAlternatives}$$

$$\begin{aligned} \mathtt{PenaltyCorrections} &= \alpha * \mathtt{num_corr} \\ \mathtt{PenaltyAlternatives} &= \alpha * \beta * \mathtt{num_alt} \end{aligned}$$

wobei num_corr die Anzahl tatsächlich angebrachter Korrekturen und num_alt die Anzahl ignorierter Alternativen ist.

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{1}{\mathtt{NumCorrections} + 1} \\ \beta &= \frac{1}{\mathtt{NumCorrections} * (\mathtt{NumAlternatives} - 1) + 2} \end{aligned}$$

Diese Bewertung ist rein kombinatorisch und berücksichtigt **nicht** die ursprünglichen Konfidenzen der besten Klassen.

Eine Zeichenkette des Zahlenwertes '\032' (alternativ als '\0x1A' dargestellt) im Resultat Class bedeutet, dass die Region als Rückweisungsklasse klassifiziert wurde.

Parameter

▷ **Character** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Zu erkennende Zeichen.

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object* : byte / uint2
Grauwerte der Zeichen.

▷ **OCRHandle** (input_control) ..... ocr_mlp ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **Expression** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Ausdruck, der die erlaubte Wortstruktur beschreibt

▷ **NumAlternatives** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Klassen pro Zeichen, die für die interne Wortkorrektur berücksichtigt werden.
Default: 3
Wertevorschläge: NumAlternatives ∈ {3, 4, 5}
Wertebereich: 1 ≤ NumAlternatives

▷ **NumCorrections** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Maximale Anzahl der korrigierten Zeichen.
Default: 2
Wertevorschläge: NumCorrections ∈ {1, 2, 3, 4, 5}
Wertebereich: 0 ≤ NumCorrections

▷ **Class** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Ergebnis der Klassifikation der Zeichen durch das MLP.
Parameteranzahl: Class == Character

▷ **Confidence** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Konfidenz der Klasse der Zeichen.
Parameteranzahl: Confidence == Character

▷ **Word** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
Text des Wortes nach Klassifikation und Korrektur.

▷ **Score** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
Ähnlichkeitsmaß von korrigiertem Wort zum Original.

Komplexität

Die Komplexität des Prüfens aller möglichen Korrekturen hat die Größenordnung $O((n * a)^{min(c,n)})$, wobei a die Anzahl der Alternativen, n die Anzahl der Zeichenregionen und c die Anzahl der erlaubten Korrekturen ist. Als Absicherung gegen quasi-unendliche Schleifen im Falle von großem n wird der Wert von c intern beschränkt auf 5, 3, oder 1, falls $a * n >= 30$, 60, bzw. 90.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `do_ocr_word_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`trainf_ocr_class_mlp`, `read_ocr_class_mlp`

Alternativen

`do_ocr_multi_class_mlp`

Siehe auch

`create_ocr_class_mlp`, `classify_class_mlp`

Modul

OCR/OCV

get_features_ocr_class_mlp (Character : : OCRHandle, Transform : Features)

Berechnung der Merkmale eines Zeichens.

`get_features_ocr_class_mlp` berechnet die Merkmale des Zeichens, das durch `Character` angegeben wird, mit dem OCR-Klassifikator `OCRHandle` und gibt sie in `Features` zurück. Im Gegensatz zu `do_ocr_single_class_mlp` und `do_ocr_multi_class_mlp` wird das Zeichen als ein Bildobjekt angegeben. Vor der Verwendung von `get_features_ocr_class_mlp` muss also `reduce_domain` aufgerufen werden. Der Parameter `Transform` legt fest, ob die im Klassifikator durch `Preprocessing` in `create_ocr_class_mlp` festgelegte Merkmalstransformation angewendet werden soll (`Transform` = *'true'*) oder ob die untransformierten Merkmale zurückgegeben werden sollen (`Transform` = *'false'*). `get_features_ocr_class_mlp` kann dazu verwendet werden, die zur Klassifikation verwendeten Merkmale zu inspizieren.

Parameter

▷ **Character** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object* : byte / uint2
Eingabezeichen.

▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_mlp ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **Transform** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Soll der Merkmalsvektor mit der Vorverarbeitung transformiert werden?
Default: 'true'
Werteliste: `Transform` ∈ {'true', 'false'}

▷ **Features** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Merkmalsvektor des Zeichens.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_features_ocr_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`trainf_ocr_class_mlp`

Siehe auch

`create_ocr_class_mlp`

Modul

OCR/OCV

get_params_ocr_class_mlp (: : OCRHandle : WidthCharacter, HeightCharacter, Interpolation, Features, Characters, NumHidden, Preprocessing, NumComponents)

Auslesen der Parameter eines OCR-Klassifikators.

`get_params_ocr_class_mlp` gibt die Parameter des durch `OCRHandle` angegebenen OCR-Klassifikators, die bei der Erzeugung mit `create_ocr_class_mlp` verwendet wurden, zurück. Dies ist insbesondere nützlich, wenn der Klassifikator mit `read_ocr_class_mlp` eingelesen wurde. Die Ausgabedaten von `get_params_ocr_class_mlp` können z.B. verwendet werden, um zu überprüfen, ob ein zu lesendes Zeichen in dem Klassifikator vorhanden ist. Zur Beschreibung der Parameter siehe `create_ocr_class_mlp`.

Parameter

▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_mlp ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **WidthCharacter** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Breite des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.

▷ **HeightCharacter** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Höhe des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.

▷ **Interpolation** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
Interpolationsmodus bei der Skalierung der Zeichen.

▷ **Features** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Merkmale, die zur Klassifikation verwendet werden.

▷ **Characters** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Zeichen des zu lesenden Zeichensatzes.

▷ **NumHidden** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der versteckten Einheiten des MLP.

▷ **Preprocessing** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Vorverarbeitung (Transformation) der Merkmalsvektoren.

▷ **NumComponents** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Parameter der Vorverarbeitung: Anzahl der transformierten Merkmale.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_params_ocr_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_ocr_class_mlp, read_ocr_class_mlp

Nachfolger

do_ocr_single_class_mlp, do_ocr_multi_class_mlp

Siehe auch

trainf_ocr_class_mlp, get_params_class_mlp

Modul

OCR/OCV

get_prep_info_ocr_class_mlp (: : OCRHandle, TrainingFile, Preprocessing : InformationCont, CumInformationCont)

Berechnen des Informationsgehaltes der vorverarbeiteten Merkmalsvektoren eines OCR-Klassifikators.

get_prep_info_ocr_class_mlp berechnet den Informationsgehalt der mit der durch Preprocessing gegebenen Vorverarbeitung transformierten Komponenten der Trainingsvektoren. Preprocessing kann auf *'principal_components'* oder *'canonical_variates'* gesetzt werden. Der OCR-Klassifikator OCRHandle muss mit create_ocr_class_mlp erzeugt worden sein. Die zugrundeliegenden Vorverarbeitungen sind bei create_class_mlp beschrieben. Der Informationsgehalt wird aus die Variation der transformierten Komponenten der Trainingsvektoren berechnet, d.h. er wird rein aufgrund der Trainingsdaten unabhängig von einer Fehlerrate bei einer Klassifikation der Trainingsdaten berechnet. Der Informationsgehalt wird für alle relevanten Komponenten der transformierten Merkmalsvektoren (NumInput für *'principal_components'* und $\min(\texttt{NumOutput} - 1, \texttt{NumInput})$ für *'canonical_variates'*, siehe create_class_mlp) in InformationCont zurückgegeben. Der Informationsgehalt wird als eine Zahl zwischen 0 und 1 dargestellt. Ein prozentualer Informationsgehalt kann leicht durch Multiplikation mit 100 berechnet werden. Der kumulierte Informationsgehalt der ersten n Komponenten wird in der n-ten Komponente von CumInformationCont zurückgegeben, d.h. CumInformationCont enthält die Summen der ersten n Elemente von InformationCont. Um get_prep_info_ocr_class_mlp verwenden zu können, müssen Trainingsmuster in den durch TrainingFile angegebenen Trainingsdateien abgespeichert werden (siehe write_ocr_trainf).

InformationCont und CumInformationCont können dazu verwendet werden, um zu entscheiden, wie viele Komponenten der transformierten Merkmalsvektoren relevante Information enthalten. Ein oft verwendetes Kriterium ist z.B. zu verlangen, dass die transformierten Daten x% (z.B. 90%) der Daten enthalten sollten. Dies kann leicht anhand des ersten Wertes von CumInformationCont, der über x% liegt, bestimmt werden. Der so erhaltene Wert kann bei einem neuerlichen Aufruf von create_ocr_class_mlp als NumComponents verwendet werden. Da zum Aufruf von get_prep_info_ocr_class_mlp schon ein Klassifikator mit create_ocr_class_mlp erzeugt werden muss, also auch ein initialer Wert von NumComponents bei create_ocr_class_mlp angegeben werden muss, aber bei Verwendung von get_prep_info_ocr_class_mlp typischerweise noch nicht bekannt ist, wie viele Komponenten relevant sind, empfiehlt sich folgendes zweistufiges Vorgehen, um NumComponents zu bestimmen: In einem ersten Schritt wird ein Klassifikator mit der maximalen Anzahl von NumComponents (NumInput für *'principal_components'* und $\min(\texttt{NumOutput} - 1, \texttt{NumInput})$ für *'canonical_variates'*) erzeugt. Dann werden die Trainingsmuster mit write_ocr_trainf in einer Datei gespeichert. Anschließend wird mit get_prep_info_ocr_class_mlp der Informationsgehalt der Komponenten und somit NumComponents bestimmt. Danach wird ein neuer Klassifikator mit der gewünschten Anzahl Komponenten erzeugt und der Klassifikator mit trainf_ocr_class_mlp trainiert.

Parameter

▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_mlp ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **TrainingFile** (input_control) ..... filename.read(-array) ⇝ *string*
Name(n) der Trainingsdatei(en).
Default: 'ocr.trf'
Dateiendung: `.trf`, `.otr`

▷ **Preprocessing** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art der Vorverarbeitung (Transformation) der Merkmalsvektoren.
Default: 'principal_components'
Werteliste: `Preprocessing` ∈ {'principal_components', 'canonical_variates'}

▷ **InformationCont** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Relativer Informationsgehalt der transformierten Merkmalsvektoren.

▷ **CumInformationCont** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Kumulierter Informationsgehalt der transformierten Merkmalsvektoren.

Beispiel

```
* Create the initial OCR classifier.
read_ocr_trainf_names ('ocr.trf', CharacterNames, CharacterCount)
create_ocr_class_mlp (8, 10, 'constant', 'default', CharacterNames, 80, \
                      'canonical_variates', |CharacterNames|, 42, OCRHandle)
* Get the information content of the transformed feature vectors.
get_prep_info_ocr_class_mlp (OCRHandle, 'ocr.trf', 'canonical_variates', \
                             InformationCont, CumInformationCont)
* Determine the number of transformed components.
* NumComp = [...]
* Create the final OCR classifier.
create_ocr_class_mlp (8, 10, 'constant', 'default', CharacterNames, 80, \
                      'canonical_variates', NumComp, 42, OCRHandle)
* Train the final classifier.
trainf_ocr_class_mlp (OCRHandle, 'ocr.trf', 100, 1, 0.01, Error, ErrorLog)
write_ocr_class_mlp (OCRHandle, 'ocr.omc')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_prep_info_ocr_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Falls `get_prep_info_ocr_class_mlp` den Fehler 9211 (Matrix ist nicht positiv definit) bei `Preprocessing` = *'canonical_variates'* zurückliefert, bedeutet dies typischerweise, dass für die verschiedenen Klassen zu wenige Trainingsmuster gespeichert worden sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_ocr_class_mlp`, `write_ocr_trainf`, `append_ocr_trainf`, `write_ocr_trainf_image`

Nachfolger

`clear_ocr_class_mlp`, `create_ocr_class_mlp`

Modul

OCR/OCV

get_regularization_params_ocr_class_mlp (: : OCRHandle, GenParamName : GenParamValue)

Auslesen der Regularisierungsparameter eines OCR-Klassifikators.

get_regularization_params_ocr_class_mlp gibt die Regularisierungsparameter eines OCR-Klassifikators, die mit set_regularization_params_ocr_class_mlp spezifiziert wurden, zurück. Weiterhin gibt get_regularization_params_ocr_class_mlp die Parameter zurück, die durch die automatische Bestimmung der Regularisierungsparameter bestimmt wurden. Zur Beschreibung der Parameter siehe set_regularization_params_ocr_class_mlp.

Parameter

- ▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_mlp ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Name des auszulesenden Regularisierungsparameters.
  Default: 'weight_prior'
  Werteliste: GenParamName ∈ {'weight_prior', 'num_well_determined_params', 'fraction_well_determined_params', 'num_outer_iterations', 'num_inner_iterations'}
- ▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real / integer*
  Wert des Regularisierungsparameters.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_regularization_params_ocr_class_mlp den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

set_regularization_params_ocr_class_mlp, read_ocr_class_mlp

Nachfolger

trainf_ocr_class_mlp

Modul

OCR/OCV

get_rejection_params_ocr_class_mlp (: : OCRHandle, GenParamName : GenParamValue)

Auslesen der Parameter der Rückweisungsklasse eines OCR-Klassifikators.

get_rejection_params_ocr_class_mlp gibt die Parameter der Rückweisungsklasse eines OCR-Klassifikators, die mit set_rejection_params_ocr_class_mlp spezifiziert wurden zurück. Zur Beschreibung der Parameter siehe set_rejection_params_ocr_class_mlp und set_rejection_params_class_mlp.

Parameter

- ▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_mlp ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Name des generischen Parameters.
  Default: 'sampling_strategy'
  Werteliste: GenParamName ∈ {'sampling_strategy', 'hyperbox_tolerance', 'rejection_sample_factor', 'random_seed', 'rejection_class_index'}
- ▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Wert des generischen Parameters.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_rejection_params_ocr_class_mlp den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_ocr_class_mlp`, `read_ocr_class_mlp`

Nachfolger

`trainf_ocr_class_mlp`

Modul

OCR/OCV

`read_ocr_class_mlp` (: : FileName : OCRHandle)

Lesen eines OCR-Klassifikators aus Datei.

`read_ocr_class_mlp` liest einen mit `write_ocr_class_mlp` abgespeicherten OCR-Klassifikator ein. Da das Trainieren eines OCR-Klassifikators relativ lange dauern kann, wird der Klassifikator typischerweise in einem Offline-Prozess trainiert und mit `write_ocr_class_mlp` gespeichert. Im Online-Prozess wird der Klassifikator mit `read_ocr_class_mlp` gelesen und danach zur Klassifikation mit `do_ocr_single_class_mlp` oder `do_ocr_multi_class_mlp` verwendet.

HALCON stellt eine Anzahl vortrainierter OCR-Klassifikatoren zur Verfügung (siehe „`Solution Guide I`", Kapitel 'OCR', Abschnitt 'Pretrained OCR Fonts'). Diese vortrainierten OCR-Klassifikatoren ermöglichen es, eine Vielzahl an Zeichensätzen zu lesen, ohne vorher einen OCR-Klassifikator trainieren zu müssen. Das Training der vortrainierten OCR-Klassifikatoren erfolgte mit Zeichen, die dunkel auf hellem Hintergrund gedruckt waren.

Parameter

▷ **`FileName`** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Wertevorschläge: `FileName` ∈ {'Document_0-9_NoRej.omc', 'Document_0-9_Rej.omc', 'Document_0-9A-Z_NoRej.omc', 'Document_0-9A-Z_Rej.omc', 'Document_A-Z+_NoRej.omc', 'Document_A-Z+_Rej.omc', 'Document_NoRej.omc', 'Document_Rej.omc', 'DotPrint_0-9_NoRej.omc', 'DotPrint_0-9_Rej.omc', 'DotPrint_0-9+_NoRej.omc', 'DotPrint_0-9+_Rej.omc', 'DotPrint_0-9A-Z_NoRej.omc', 'DotPrint_0-9A-Z_Rej.omc', 'DotPrint_A-Z+_NoRej.omc', 'DotPrint_A-Z+_Rej.omc', 'DotPrint_NoRej.omc', 'DotPrint_Rej.omc', 'HandWritten_0-9_NoRej.omc', 'HandWritten_0-9_Rej.omc', 'Industrial_0-9_NoRej.omc', 'Industrial_0-9_Rej.omc', 'Industrial_0-9+_NoRej.omc', 'Industrial_0-9+_Rej.omc', 'Industrial_0-9A-Z_NoRej.omc', 'Industrial_0-9A-Z_Rej.omc', 'Industrial_A-Z+_NoRej.omc', 'Industrial_A-Z+_Rej.omc', 'Industrial_NoRej.omc', 'Industrial_Rej.omc', 'OCRA_0-9_NoRej.omc', 'OCRA_0-9_Rej.omc', 'OCRA_0-9A-Z_NoRej.omc', 'OCRA_0-9A-Z_Rej.omc', 'OCRA_A-Z+_NoRej.omc', 'OCRA_A-Z+_Rej.omc', 'OCRA_NoRej.omc', 'OCRA_Rej.omc', 'OCRB_0-9_NoRej.omc', 'OCRB_0-9_Rej.omc', 'OCRB_0-9A-Z_NoRej.omc', 'OCRB_0-9A-Z_Rej.omc', 'OCRB_A-Z+_NoRej.omc', 'OCRB_A-Z+_Rej.omc', 'OCRB_NoRej.omc', 'OCRB_passport_NoRej.omc', 'OCRB_passport_Rej.omc', 'OCRB_Rej.omc', 'Pharma_0-9_NoRej.omc', 'Pharma_0-9_Rej.omc', 'Pharma_0-9+_NoRej.omc', 'Pharma_0-9+_Rej.omc', 'Pharma_0-9A-Z_NoRej.omc', 'Pharma_0-9A-Z_Rej.omc', 'Pharma_NoRej.omc', 'Pharma_Rej.omc', 'SEMI_NoRej.omc', 'SEMI_Rej.omc'}
Dateiendung: `.omc`, `.fnt`

▷ **`OCRHandle`** (output_control) . . . . . ocr_mlp ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_ocr_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`do_ocr_single_class_mlp`, `do_ocr_multi_class_mlp`

Siehe auch

`create_ocr_class_mlp`, `write_ocr_class_mlp`, `read_class_mlp`, `write_class_mlp`

Modul

OCR/OCV

`select_feature_set_trainf_mlp` (: : `TrainingFile`, `FeatureList`, `SelectionMethod`, `Width`, `Height`, `GenParamName`, `GenParamValue` : `OCRHandle`, `FeatureSet`, `Score`)

Wählt die optimalen Merkmale für ein bestimmtes OCR-Klassifikationsproblem aus.

`select_feature_set_trainf_mlp` wählt die optimalen Merkmale für ein bestimmtes OCR-Klassifikationsproblem aus. Die Daten für das OCR-Klassifikationsproblem werden mit der Trainingsdatei `TrainingFile` ausgewählt. Als Klassifikator wird ein mehrschichtiges Perzeptron (MLP) verwendet.

Es wird eine Untermenge aller angegebenen OCR-Merkmale gewählt. Alle zu untersuchenden Merkmale werden in `FeatureList` spezifiziert. Die Liste der möglichen OCR-Merkmale wird in der Dokumentation von `create_ocr_class_mlp` näher erläutert. Die letztendlich ausgewählte Merkmalsuntermenge wird in `FeatureSet` zurückgegeben.

`select_feature_set_trainf_mlp` ist auf OCR-Klassifikationsprobleme spezialisiert und unterstützt nur Merkmale die in der Auswahlliste stehen. Für andere Merkmale bietet sich somit die Nutzung des generellen Operators `select_feature_set_mlp` an.

Für den Selektionsprozess können in `SelectionMethod` zwei verschiedene Methoden ausgewählt werden: entweder die Greedy-Variante *'greedy'* (das momentan erfolgversprechendste Merkmal wird zur Auswahl hinzugefügt) oder die dynamisch oszillierende Suche *'greedy_oscillating'* (Das momentan erfolgversprechendste Merkmal wird zur Auswahl hinzugefügt. Danach wird getestet ob eines der hinzugefügten Merkmale entbehrlich ist.). Während *'greedy'* schneller terminiert, kann *'greedy_oscillating'* bessere Ergebnisse erzielen wenn viele Trainingsdaten vorliegen. Während *'greedy'* schneller terminiert, kann *'greedy_oscillating'* besser mit voneinander abhängigen Merkmalen umgehen. Als Optimierungskriterium dient die Klassifikationsrate, die mit einem zwei-fachen Kreuzvalidierungsverfahren ermittelt wird. Das beste erreichte Klassifikationsrate wird in `Score` zurückgegeben.

Über die generischen Parameter `GenParamName` und `GenParamValue` kann die Anzahl der verwendeten Neuronen in der versteckten Schicht des MLP über *'num_hidden'* gesetzt werden. Standard ist hierfür *80*, größere Werte führen zu längeren Trainingszeiten, erlauben aber eine ausdrucksstärkere Klassifikation.

Achtung

Die Laufzeit dieses Operators kann mit größeren Datensätzen und einer längeren Merkmalsliste unter Umständen sehr lang sein.

Es ist zu beachten, dass dieser Operator nicht aufgerufen werden sollte, wenn für das Training nur ein kleiner Datensatz verfügbar ist. Auf Grund des Risikos der Überanpassung kann der Operator `select_feature_set_trainf_mlp` zwar einerseits einen Klassifikator mit sehr hohem Score liefern. Andererseits weist der Klassifikator jedoch eine schlechte Erkennungsrate auf, wenn dieser getestet wird.

Parameter

▷ **`TrainingFile`** (input_control) ..... filename.read(-array) ⇝ *string*
Namen der Trainingsdateien.
Default: ''
Dateiendung: `.trf`, `.otr`

▷ **FeatureList** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Merkmale, die zur Klassifikation verwendet werden können.
Default: ['zoom_factor','ratio','width','height','foreground','foreground_grid_9','foreground_grid_16', 'anisometry','compactness','convexity','moments_region_2nd_invar','moments_region_2nd_rel_invar', 'moments_region_3rd_invar','moments_central','phi','num_connect','num_holes','projection_horizontal', 'projection_vertical','projection_horizontal_invar','projection_vertical_invar','chord_histo','num_runs', 'pixel','pixel_invar','pixel_binary','gradient_8dir','cooc','moments_gray_plane']
Werteliste: `FeatureList` ∈ {'default', 'zoom_factor', 'ratio', 'width', 'height', 'foreground', 'foreground_grid_9', 'foreground_grid_16', 'anisometry', 'compactness', 'convexity', 'moments_region_2nd_invar', 'moments_region_2nd_rel_invar', 'moments_region_3rd_invar', 'moments_central', 'phi', 'num_connect', 'num_holes', 'projection_horizontal', 'projection_vertical', 'projection_horizontal_invar', 'projection_vertical_invar', 'chord_histo', 'num_runs', 'pixel', 'pixel_invar', 'pixel_binary', 'gradient_8dir', 'cooc', 'moments_gray_plane'}

▷ **SelectionMethod** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Methode zur Auswahl der Merkmale.
Default: 'greedy'
Werteliste: `SelectionMethod` ∈ {'greedy', 'greedy_oscillating'}

▷ **Width** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Breite des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
Default: 15

▷ **Height** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Höhe des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
Default: 16

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen von (optionalen) Parametern für die Steuerung des Verhaltens des verwendeten MLP Klassifikators.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'nu'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer / string
Zu den optionalen generischen Parametern gehörende Werte.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'0.1'}

▷ **OCRHandle** (output_control) . . . . . ocr_mlp ⇝ *handle*
Mit den ausgewählten Merkmalen trainierter OCR-MLP-Klassifikator.

▷ **FeatureSet** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Ausgewählte Merkmale.

▷ **Score** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Klassifikationsrate, die mit dem ausgewählten Merkmalssatz erreicht wurde.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `select_feature_set_trainf_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Alternativen

`select_feature_set_trainf_svm`, `select_feature_set_trainf_knn`

Siehe auch

`select_feature_set_trainf_mlp_protected`, `select_feature_set_mlp`

Modul

OCR/OCV

select_feature_set_trainf_mlp_protected (: : TrainingFile, Password, FeatureList, SelectionMethod, Width, Height, GenParamName, GenParamValue : OCRHandle, FeatureSet, Score)

Wählt aus (geschützten) Trainingsdateien die optimalen Merkmale für ein bestimmtes OCR-Klassifikationsproblem aus.

select_feature_set_trainf_mlp_protected wählt die optimalen Merkmale für ein bestimmtes OCR-Klassifikationsproblem aus. Die Daten für das OCR-Klassifikationsproblem werden mit der Trainingsdatei TrainingFile ausgewählt. Als Klassifikator wird ein mehrschichtiges Perzeptron (MLP) verwendet.

Die Funktionalität des Operators entspricht der Funktionalität von select_feature_set_trainf_mlp, mit der Erweiterung, dass select_feature_set_trainf_mlp_protected sowohl ungeschützte als auch geschützte Trainingsdateien verarbeiten kann. Geschützte Trainingsdateien können nur mit dem korrekten Benutzerpasswort Password verwendet werden. Falls genau ein Passwort Password übergeben wird, werden alle Eingabedateien TrainingFile mit diesem Passwort überprüft, ansonsten muss die Anzahl der Passworte gleich der Anzahl der Eingabedateien sein, und die Eingabedatei an Position n wird mit dem Passwort an Position n überprüft. Für ungeschützte Trainingsdateien werden die übergebenen Passworte ignoriert.

Für eine genauere Beschreibung der Operatorfunktionalität siehe select_feature_set_trainf_mlp. Das Konzept des Schützens von OCR-Trainingsdaten in HALCON ist in protect_ocr_trainf beschrieben.

Achtung

Die Laufzeit dieses Operators kann mit größeren Datensätzen und einer längeren Merkmalsliste unter Umständen sehr lang sein.

Es ist zu beachten, dass dieser Operator nicht aufgerufen werden sollte, wenn für das Training nur ein kleiner Datensatz verfügbar ist. Auf Grund des Risikos der Überanpassung kann der Operator select_feature_set_trainf_mlp_protected zwar einerseits einen Klassifikator mit sehr hohem Score liefern. Andererseits weist der Klassifikator jedoch eine schlechte Erkennungsrate auf, wenn dieser getestet wird.

Parameter

▷ **TrainingFile** (input_control) . . . . . filename.read(-array) ⇝ *string*
Namen der Trainingsdateien.
Default: ”
Dateiendung: .trf, .otr

▷ **Password** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Passworte für geschützte Trainingsdateien.

▷ **FeatureList** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Merkmale, die zur Klassifikation verwendet werden können.
Default: [’zoom_factor’,’ratio’,’width’,’height’,’foreground’,’foreground_grid_9’,’foreground_grid_16’, ’anisometry’,’compactness’,’convexity’,’moments_region_2nd_invar’,’moments_region_2nd_rel_invar’, ’moments_region_3rd_invar’,’moments_central’,’phi’,’num_connect’,’num_holes’,’projection_horizontal’, ’projection_vertical’,’projection_horizontal_invar’,’projection_vertical_invar’,’chord_histo’,’num_runs’, ’pixel’,’pixel_invar’,’pixel_binary’,’gradient_8dir’,’cooc’,’moments_gray_plane’]
Werteliste: FeatureList ∈ {’default’, ’zoom_factor’, ’ratio’, ’width’, ’height’, ’foreground’, ’foreground_grid_9’, ’foreground_grid_16’, ’anisometry’, ’compactness’, ’convexity’, ’moments_region_2nd_invar’, ’moments_region_2nd_rel_invar’, ’moments_region_3rd_invar’, ’moments_central’, ’phi’, ’num_connect’, ’num_holes’, ’projection_horizontal’, ’projection_vertical’, ’projection_horizontal_invar’, ’projection_vertical_invar’, ’chord_histo’, ’num_runs’, ’pixel’, ’pixel_invar’, ’pixel_binary’, ’gradient_8dir’, ’cooc’, ’moments_gray_plane’}

▷ **SelectionMethod** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Methode zur Auswahl der Merkmale.
Default: ’greedy’
Werteliste: SelectionMethod ∈ {’greedy’, ’greedy_oscillating’}

▷ **Width** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Breite des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
Default: 15

▷ **Height** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Höhe des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
Default: 16

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen von (optionalen) Parametern für die Steuerung des Verhaltens des verwendeten MLP Klassifikators.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'nu'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer / string
Zu den optionalen generischen Parametern gehörende Werte.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'0.1'}

▷ **OCRHandle** (output_control) . . . . . ocr_mlp ⇝ *handle*
Mit den ausgewählten Merkmalen trainierter OCR-MLP-Klassifikator.

▷ **FeatureSet** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Ausgewählte Merkmale.

▷ **Score** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Klassifikationsrate, die mit dem ausgewählten Merkmalssatz erreicht wurde.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert select_feature_set_trainf_mlp_protected den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

protect_ocr_trainf

Alternativen

select_feature_set_trainf_svm_protected

Siehe auch

select_feature_set_trainf_mlp, select_feature_set_mlp

Modul

OCR/OCV

serialize_ocr_class_mlp (: : OCRHandle : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines MLP-basierten OCR-Klassifikators.

serialize_ocr_class_mlp serialisiert einen MLP-basierten OCR-Klassifikator (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von write_ocr_class_mlp in eine Datei geschrieben werden. Der OCR-Klassifikator wird in dem Handle OCRHandle übergeben. Der serialisierte OCR-Klassifikator wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_ocr_class_mlp wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_mlp ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert serialize_ocr_class_mlp den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`trainf_ocr_class_mlp`

Nachfolger

`clear_ocr_class_mlp`, `fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_ocr_class_mlp`

Siehe auch

`create_ocr_class_mlp`, `read_ocr_class_mlp`, `write_class_mlp`, `read_class_mlp`, `deserialize_ocr_class_mlp`

Modul

OCR/OCV

`set_regularization_params_ocr_class_mlp` (: : `OCRHandle`, `GenParamName`, `GenParamValue` :)

Setzen der Regularisierungsparameter eines OCR-Klassifikators.

`set_regularization_params_ocr_class_mlp` setzt die Regularisierungsparameter des OCR-Klassifikators, der in `OCRHandle` übergeben wurde. Der zu setzende Regularisierungsparameter wird mit `GenParamName` spezifiziert. Sein Wert wird mit `GenParamValue` spezifiziert.

Wie bei `create_class_mlp` beschrieben, kann es wünschenswert sein, den OCR-Klassifikator (d.h. das MLP des Klassifikators) zu regularisieren, um einen glatteren Übergang der Konfidenzen zwischen zwei Klassen zu erzwingen und um eine Überanpassung des OCR-Klassifikators an die Trainingsdaten zu verhindern. Um dies zu erreichen, kann ein Strafterm für große MLP-Gewichte (die den Hauptgrund für scharfe Übergänge zwischen Klassen darstellen) zum Training des MLPs in `trainf_ocr_class_mlp` hinzugefügt werden. Hierzu muss `GenParamName` auf *'weight_prior'* und `GenParamValue` auf einen Wert > 0 gesetzt werden. Weiterhin können die Regularisierungsparameter automatisch bestimmt werden. Die Details hierzu können bei `set_regularization_params_class_mlp` nachgelesen werden. Falls die Regularisierungsparameter automatisch bestimmt werden sollen, wird dringend empfohlen, die Ratschläge bei `set_regularization_params_class_mlp` genau zu beachten, wie die Parameter `NumHidden` des MLPs und *'num_outer_iterations'* zu wählen sind und welche Auswirkungen die automatische Bestimmung der Regularisierungsparameter auf den Speicherverbrauch und die Laufzeit des Trainings des OCR-Klassifikators hat.

Parameter

▷ **`OCRHandle`** (input_control) ..... ocr_mlp ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des zu setzenden Regularisierungsparameters.
Default: 'weight_prior'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'weight_prior', 'num_outer_iterations', 'num_inner_iterations'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
Wert des Regularisierungsparameters.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0.01, 0.1, 1.0, 10.0, 100.0, 0, 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20}

Beispiel

```
* This example shows how to determine the regularization parameters
* automatically without examining the convergence of the
* regularization parameters.
* Create the OCR classifier.
```

```
read_ocr_trainf_names ('ocr.trf', CharacterNames, CharacterCount)
create_ocr_class_mlp (8, 10, 'constant', 'default', CharacterNames, \
                      40, 'none', |CharacterNames|, 42, OCRHandle)
* Set up the automatic determination of the regularization
* parameters.
set_regularization_params_ocr_class_mlp (OCRHandle, 'weight_prior', \
                                         [0.01,0.01,0.01,0.01])
set_regularization_params_ocr_class_mlp (OCRHandle, \
                                         'num_outer_iterations', 10)
* Train the classifier.
trainf_ocr_class_mlp (OCRHandle, 'ocr.trf', 100, 1, 0.01, Error, \
                      ErrorLog)
* Read out the estimate of the number of well-determined
* parameters.
get_regularization_params_ocr_class_mlp (OCRHandle, \
                                         'fraction_well_determined_params', \
                                          FractionParams)
* If FractionParams differs substantially from 1, consider reducing
* NumHidden appropriately and consider performing a preprocessing that
* reduces the number of input variables to the net, i.e., canonical
* variates or principal components.
write_ocr_class_mlp (OCRHandle, 'ocr.omc')



* This example shows how to determine the regularization parameters
* automatically while examining the convergence of the
* regularization parameters.
* Create the OCR classifier.
read_ocr_trainf_names ('ocr.trf', CharacterNames, CharacterCount)
create_ocr_class_mlp (8, 10, 'constant', 'default', CharacterNames, \
                      40, 'none', |CharacterNames|, 42, OCRHandle)
* Set up the automatic determination of the regularization
* parameters.
set_regularization_params_ocr_class_mlp (OCRHandle, 'weight_prior', \
                                         [0.01,0.01,0.01,0.01])
set_regularization_params_ocr_class_mlp (OCRHandle, \
                                         'num_outer_iterations', 1)
for OuterIt := 1 to 10 by 1
    * Train the classifier.
    trainf_ocr_class_mlp (OCRHandle, 'ocr.trf', 100, 1, 0.01, Error, \
                          ErrorLog)
    * Read out the regularization parameters
    get_regularization_params_ocr_class_mlp (OCRHandle, \
                                             'weight_prior', \
                                             WeightPrior)
    * Inspect the regularization parameters manually for
    * convergence and exit the loop manually if they have
    * converged.
    * [...]
endfor
* Read out the estimate of the number of well-determined
* parameters.
get_regularization_params_ocr_class_mlp (OCRHandle, \
                                         'fraction_well_determined_params', \
                                          FractionParams)
* If FractionParams differs substantially from 1, consider reducing
* NumHidden appropriately and consider performing a preprocessing that
* reduces the number of input variables to the net, i.e., canonical
```

```
* variates or principal components.
write_ocr_class_mlp (OCRHandle, 'ocr.omc')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_regularization_params_ocr_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- OCRHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_ocr_class_mlp`

Nachfolger

`get_regularization_params_ocr_class_mlp`, `trainf_ocr_class_mlp`

Modul

OCR/OCV

set_rejection_params_ocr_class_mlp (: : OCRHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen der Parameter der Rückweisungsklasse eines OCR-Klassifikators.

`set_rejection_params_ocr_class_mlp` setzt die Parameter einer Rückweisungsklasse eines OCR-Klassifikators, der in `OCRHandle` übergeben wurde. Der zu setzende Parameter wird mit `GenParamName` spezifiziert. Sein Wert wird mit `GenParamValue`. Für einige OCR Anwendungen ist es wichtig zu wissen, ob ein Buchstabe ähnlich zu der Trainingsmenge ist oder nicht. Falls der Buchstabe zu der Trainingsmenge verschieden ist kann es als eine Rückweisungsklasse klassifiziert werden. Diese zusätzliche Rückweisungsklasse muss als zusätzlicher Buchstabe in `create_ocr_class_mlp` spezifiziert werden. Die Details, wie eine Rückweisungsklasse spezifiziert wird können bei `set_rejection_params_class_mlp` nachgelesen werden.

Parameter

▷ **OCRHandle** (input_control) ..... ocr_mlp ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **GenParamName** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: 'sampling_strategy'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'sampling_strategy', 'hyperbox_tolerance', 'rejection_sample_factor', 'random_seed', 'rejection_class_index'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Wert des generischen Parameters.
Default: 'hyperbox_around_all_classes'
Werteliste: `GenParamValue` ∈ {'no_rejection_class', 'hyperbox_around_all_classes', 'hyperbox_around_each_class', 'hyperbox_ring_around_each_class'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_rejection_params_ocr_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- OCRHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_ocr_class_mlp`, `read_ocr_class_mlp`

Nachfolger

`trainf_ocr_class_mlp`

Modul

OCR/OCV

`trainf_ocr_class_mlp` (: : `OCRHandle`, `TrainingFile`, `MaxIterations`, `WeightTolerance`, `ErrorTolerance` : `Error`, `ErrorLog`)

Trainieren eines OCR-Klassifikators.

`trainf_ocr_class_mlp` trainiert den OCR-Klassifikator `OCRHandle` mit den Trainingszeichen, die in den durch `TrainingFile` angegebenen OCR-Trainingsdateien enthalten sind. Die Trainingsdateien müssen zuvor, z.B. mit `write_ocr_trainf`, erzeugt worden sein.

Die restlichen Parameter haben dieselbe Bedeutung wie bei `train_class_mlp` und sind dort ausführlich beschrieben. Eine Regularisierung des OCR-Klassifikators und eine automatische Bestimmung der Regularisierungsparameter (siehe `set_regularization_params_ocr_class_mlp`) wird beim Training berücksichtigt. Weiterhin werden vor dem eigentlichen Training die Trainingsdaten für die Rückweisungsklasse erzeugt, falls eine Rückweisungsklasse mittels `set_rejection_params_ocr_class_mlp` spezifiziert wurde.

Es ist zu beachten, dass Trainingszeichen, die keine entsprechende Klasse im Klassifikator `OCRHandle` haben, verworfen werden.

Parameter

▷ **`OCRHandle`** (input_control) . . . . . ocr_mlp ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **`TrainingFile`** (input_control) . . . . . filename.read(-array) ⇝ *string*
Namen der Trainingsdateien.
Default: 'ocr.trf'
Dateiendung: `.trf`, `.otr`

▷ **`MaxIterations`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Maximale Anzahl von Iterationen des Optimierungsverfahrens.
Default: 200
Wertevorschläge: `MaxIterations` ∈ {20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280, 300}

▷ **`WeightTolerance`** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Schwellenwert für den Unterschied der Gewichte des MLP zwischen zwei Iterationen des Optimierungsverfahrens.
Default: 1.0
Wertevorschläge: `WeightTolerance` ∈ {1.0, 0.1, 0.01, 0.001, 0.0001, 0.00001}
Restriktion: WeightTolerance >= 1.0e-8

▷ **`ErrorTolerance`** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Schwellenwert für den Unterschied des mittleren Fehlers des MLP auf den Trainingsdaten zwischen zwei Iterationen des Optimierungsverfahrens.
Default: 0.01
Wertevorschläge: `ErrorTolerance` ∈ {1.0, 0.1, 0.01, 0.001, 0.0001, 0.00001}
Restriktion: ErrorTolerance >= 1.0e-8

▷ **Error** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
Mittlerer Fehler des MLP auf den Trainingsdaten.

▷ **ErrorLog** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Mittlerer Fehler des MLP auf den Trainingsdaten pro Iteration des Optimierungsverfahrens.

Beispiel

```
* Train an OCR classifier
read_ocr_trainf_names ('ocr.trf', CharacterNames, CharacterCount)
create_ocr_class_mlp (8, 10, 'constant', 'default', CharacterNames, 80, \
                      'none', 81, 42, OCRHandle)
trainf_ocr_class_mlp (OCRHandle, 'ocr.trf', 100, 1, 0.01, Error, ErrorLog)
write_ocr_class_mlp (OCRHandle, 'ocr.omc')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `trainf_ocr_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Falls `trainf_ocr_class_mlp` den Fehler 9211 (Matrix ist nicht positiv definit) bei `Preprocessing` = *'canonical_variates'* zurückliefert, bedeutet dies typischerweise, dass für die verschiedenen Klassen zu wenige Trainingsmuster gespeichert worden sind. Für diesen Fall ist es sinnvoll, `Preprocessing` auf *'normalization'* zu setzen. Ansonsten ist es auch möglich, mehr Trainingsmuster hinzuzufügen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- OCRHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_ocr_class_mlp`, `write_ocr_trainf`, `append_ocr_trainf`, `write_ocr_trainf_image`, `set_regularization_params_ocr_class_mlp`

Nachfolger

`do_ocr_single_class_mlp`, `do_ocr_multi_class_mlp`, `write_ocr_class_mlp`

Alternativen

`read_ocr_class_mlp`

Siehe auch

`train_class_mlp`

Modul

OCR/OCV

trainf_ocr_class_mlp_protected (: : OCRHandle, TrainingFile, Password, MaxIterations, WeightTolerance, ErrorTolerance : Error, ErrorLog)

Trainieren eines OCR-Klassifikators mit Daten aus (geschützten) Trainingsdateien.

`trainf_ocr_class_mlp_protected` trainiert den OCR-Klassifikator `OCRHandle` mit den Trainingsdaten, die in den durch `TrainingFile` angegebenen OCR-Trainingsdateien enthalten sind. Die Funktionalität des Operators entspricht der Funktionalität von `trainf_ocr_class_mlp`, mit der Erweiterung, dass `trainf_ocr_class_mlp_protected` sowohl ungeschützte als auch geschützte Trainingsdateien verarbeiten kann. Geschützte Trainingsdateien können nur mit dem korrekten Benutzerpasswort `Password` verwendet

werden. Falls genau ein Passwort `Password` übergeben wird, werden alle Eingabedateien `TrainingFile` mit diesem Passwort überprüft, ansonsten muss die Anzahl der Passworte gleich der Anzahl der Eingabedateien sein, und die Eingabedatei an Position n wird mit dem Passwort an Position n überprüft. Für ungeschützte Trainingsdateien werden die übergebenen Passworte ignoriert.

Für eine genauere Beschreibung der Operatorfunktionalität siehe `trainf_ocr_class_mlp`. Das Konzept des Schützens von OCR-Trainingsdaten in HALCON ist in `protect_ocr_trainf` beschrieben.

Parameter

- ▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_mlp ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.
- ▷ **TrainingFile** (input_control) . . . . . filename.read(-array) ⇝ *string*
  Namen der Trainingsdateien.
  Default: 'ocr.trf'
  Dateiendung: `.trf`, `.otr`
- ▷ **Password** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Passworte für geschützte Trainingsdateien.
- ▷ **MaxIterations** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Maximale Anzahl von Iterationen des Optimierungsverfahrens.
  Default: 200
  Wertevorschläge: `MaxIterations` ∈ {20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280, 300}
- ▷ **WeightTolerance** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Schwellenwert für den Unterschied der Gewichte des MLP zwischen zwei Iterationen des Optimierungsverfahrens.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `WeightTolerance` ∈ {1.0, 0.1, 0.01, 0.001, 0.0001, 0.00001}
  Restriktion: WeightTolerance >= 1.0e-8
- ▷ **ErrorTolerance** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Schwellenwert für den Unterschied des mittleren Fehlers des MLP auf den Trainingsdaten zwischen zwei Iterationen des Optimierungsverfahrens.
  Default: 0.01
  Wertevorschläge: `ErrorTolerance` ∈ {1.0, 0.1, 0.01, 0.001, 0.0001, 0.00001}
  Restriktion: ErrorTolerance >= 1.0e-8
- ▷ **Error** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Mittlerer Fehler des MLP auf den Trainingsdaten.
- ▷ **ErrorLog** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Mittlerer Fehler des MLP auf den Trainingsdaten pro Iteration des Optimierungsverfahrens.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `trainf_ocr_class_mlp_protected` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Falls `trainf_ocr_class_mlp_protected` den Fehler 9211 (Matrix ist nicht positiv definit) bei `Preprocessing` = *'canonical_variates'* zurückliefert, bedeutet dies typischerweise, dass für die verschiedenen Klassen zu wenige Trainingsmuster gespeichert worden sind. Für diesen Fall ist es sinnvoll, `Preprocessing` auf *'normalization'* zu setzen. Ansonsten ist es auch möglich, mehr Trainingsmuster hinzuzufügen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- OCRHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_ocr_class_mlp, write_ocr_trainf, append_ocr_trainf, write_ocr_trainf_image, protect_ocr_trainf

Nachfolger

do_ocr_single_class_mlp, do_ocr_multi_class_mlp, write_ocr_class_mlp

Alternativen

read_ocr_class_mlp

Siehe auch

trainf_ocr_class_mlp, train_class_mlp

Modul

OCR/OCV

write_ocr_class_mlp (: : OCRHandle, FileName :)

Abspeichern eines OCR-Klassifikators in Datei.

write_ocr_class_mlp speichert den OCR-Klassifikator OCRHandle in der Datei FileName ab. Falls keine Datei-Extension in FileName angegeben wird, wird die Standard-Extension '.omc' an FileName angehängt. write_ocr_class_mlp wird typischerweise aufgerufen, nachdem der Klassifikator mit trainf_ocr_class_mlp trainiert wurde. Der Klassifikator kann mit read_ocr_class_mlp wieder eingelesen werden.

Parameter

▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_mlp ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: .omc

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert write_ocr_class_mlp den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

trainf_ocr_class_mlp

Nachfolger

clear_ocr_class_mlp

Siehe auch

create_ocr_class_mlp, read_ocr_class_mlp, write_class_mlp, read_class_mlp

Modul

OCR/OCV

21.6 Segmentation

clear_text_model (: : TextModel :)

Freigeben eines Textmodells.

clear_text_model gibt das Textmodell TextModel und allen zugrundeliegenden Speicher frei.

Parameter

▷ **TextModel** (input_control) . . . . . text_model(-array) ⇝ *handle*
Freizugebendes Textmodell.

Ergebnis

clear_text_model gibt 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- TextModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Siehe auch

create_text_model_reader

Modul

OCR/OCV

clear_text_result (: : TextResultID :)

Freigeben eines Ergebnisses der Textsegmentierung.

clear_text_result gibt TextResultID und allen zugrundeliegenden Speicher frei.

Parameter

▷ **TextResultID** (input_control) . . . . . text_result(-array) ⇝ *handle*
Freizugebendes Ergebnis der Textsegmentierung.

Ergebnis

clear_text_result gibt 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- TextResultID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Modul

Foundation

create_text_model_reader (: : Mode, OCRClassifier : TextModel)

Erzeugen eines Textmodells.

create_text_model_reader erzeugt das neue Textmodell TextModel, welches den Text beschreibt, der von find_text segmentiert werden soll.

Mode bestimmt welche Methode der Textsegmentierung gewählt werden soll. Mögliche Werte für Mode sind *'auto'* und *'manual'*.

Im Allgemeinen sollte Mode auf *'auto'* gesetzt werden, da die automatische Textsegmentierung stabiler ist und weniger Anpassungen notwendig sind. Hierbei ist zu beachten, dass ein OCR Klassifikator OCRClassifier übergeben werden muss. Mode muss nur in den folgenden Fällen auf *'manual'* gesetzt werden:

- Der zu segmentierende Text enthält sehr viele lokale Änderungen der Polarität aufgrund von Reflexionen. Dies ist häufig bei geprägtem Text der Fall.
- Es steht kein geeigneter OCR Klassifikator zur Verfügung (siehe unten).

Für Textmodelle mit Mode = *'auto'*, kann mit find_text automatisch Text jeglicher Größe extrahiert und klassifiziert werden. Es ist aber auch möglich, die Suche auf Buchstaben mit bestimmten Eigenschaften einzuschränken, siehe set_text_model_param. Wenn der zu segmentierende Text Punktdruck-Buchstaben enthält, muss der Textmodell-Parameter *'dot_print'* auf *'true'* gesetzt werden. Für Textmodelle mit Mode = *'auto'* muss ein OCR Klassifikator OCRClassifier übergeben werden, der unter Verwendung eines Convolutional Neural Networks (CNN) oder eines mehrschichtigen Perzeptrons (MLP) erzeugt wurde. Es wird ausdrücklich empfohlen einen CNN-basierten OCR Klassifikator mit Rückweisungsklasse oder einen regularisierten MLP-basierter Klassifikator (siehe set_regularization_params_ocr_class_mlp) zu verwenden, der unbekannte Zeichen zurückweist (siehe set_rejection_params_ocr_class_mlp). Ein geeigneter OCR Klassifikator OCRClassifier kann entweder mit read_ocr_class_cnn oder read_ocr_class_mlp eingelesen, oder mit create_ocr_class_mlp erstellt werden. Außerdem ist es möglich in OCRClassifier einen Pfad zu einem vortrainierten OCR Klassifikator oder einem OCR Klassifikator, der mit write_ocr_class_mlp gespeichert wurde, zu übergeben.

Bei Textmodellen mit Mode = *'manual'* müssen für die Textsegmentierung geeignete Parameter wie die Höhe und Breite von Buchstaben mittels set_text_model_param gesetzt werden. In diesem Fall wird der Wert von OCRClassifier ignoriert.

Parameter des Textmodells werden mit set_text_model_param gesetzt und mit get_text_model_param abgefragt.

Da beim Aufruf von create_text_model_reader und folgenden Operationen für das Textmodell Speicher allokiert wird, sollte das Modell mit clear_text_model freigegeben werden, sobald es nicht mehr benötigt wird.

Parameter

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Modus des Textmodells.
Default: 'auto'
Werteliste: Mode ∈ {'manual', 'auto'}

▷ **OCRClassifier** (input_control) ..... string ⇝ *string* / integer
OCR Klassifikator.
Default: 'Universal_Rej.occ'
Wertevorschläge: OCRClassifier ∈ {'Document_Rej.omc', 'Document_0-9_Rej.omc', 'Document_0-9A-Z_Rej.omc', 'Document_A-Z+_Rej.omc', 'DotPrint_Rej.omc', 'DotPrint_0-9_Rej.omc', 'DotPrint_0-9+_Rej.omc', 'DotPrint_0-9A-Z_Rej.omc', 'DotPrint_A-Z+_Rej.omc', 'HandWritten_0-9_Rej.omc', 'Industrial_Rej.omc', 'Industrial_0-9_Rej.omc', 'Industrial_0-9+_Rej.omc', 'Industrial_0-9A-Z_Rej.omc', 'Industrial_A-Z+_Rej.omc', 'OCRA_Rej.omc', 'OCRA_0-9_Rej.omc', 'OCRA_0-9A-Z_Rej.omc', 'OCRA_A-Z+_Rej.omc', 'OCRB_Rej.omc', 'OCRB_0-9_Rej.omc', 'OCRB_0-9A-Z_Rej.omc', 'OCRB_A-Z+_Rej.omc', 'OCRB_passport_Rej.omc', 'Pharma_Rej.omc', 'Pharma_0-9_Rej.omc', 'Pharma_0-9+_Rej.omc', 'Pharma_0-9A-Z_Rej.omc', 'SEMI_Rej.omc', 'Universal_Rej.occ', 'Universal_0-9_Rej.occ', 'Universal_0-9+_Rej.occ', 'Universal_0-9A-Z_Rej.occ', 'Universal_0-9A-Z+_Rej.occ', 'Universal_A-Z+_Rej.occ'}

▷ **TextModel** (output_control) ..... text_model ⇝ *handle*
Neu erzeugtes Textmodell.

Beispiel

```
read_image (Image, 'numbers_scale')
```

```
create_text_model_reader ('auto', 'Document_Rej.omc', TextModel)
* Optionally specify text properties
set_text_model_param (TextModel, 'min_char_height', 20)
find_text (Image, TextModel, TextResultID)
* Return character regions and corresponding classification results
get_text_object (Characters, TextResultID, 'all_lines')
get_text_result (TextResultID, 'class', Class)
```

Ergebnis

`create_text_model_reader` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`set_text_model_param`, `get_text_model_param`, `find_text`

Siehe auch

`clear_text_model`

Modul

OCR/OCV

find_text (Image : : TextModel : TextResultID)

Segmentieren von Text in einem Bild.

`find_text` segmentiert Text im Bild `Image` welcher durch das Textmodell `TextModel` beschrieben wird und gibt das Ergebnis in `TextResultID` zurück. Die einzelnen Ergebnisse in `TextResultID` können mit `get_text_result` und `get_text_object` abgefragt werden.

Die Ergebnisse in `TextResultID` hängen davon ab, welcher `Mode` bei der Erzeugung von `TextModel` mit `create_text_model_reader` gewählt wurde.

Für Textmodelle mit `Mode` = *'auto'* extrahiert und klassifiziert `find_text` Text jeglicher Größe im Bild `Image`. Es ist außerdem möglich, die Suche auf Buchstaben mit besonderen Eigenschaften (minimale/maximale Höhe, Breite, Strichbreite...) einzuschränken, siehe `set_text_model_param`.

Für die Textsegmentierung mit Textmodellen mit `Mode` = *'manual'* müssen immer geeignete Parameter wie die Höhe und Breite von Buchstaben mittels `set_text_model_param` gesetzt werden. Das Eingabebild wird dann vorverarbeitet, so dass Strukturen die möglicherweise Buchstaben sind hervorgehoben werden. Das vorverarbeitete Bild kann anschließend von `TextResultID` abgefragt werden, falls für `TextModel` *'persistence'* auf *'true'* gesetzt wurde.

Sowohl für Textmodelle mit `Mode` = *'auto'*, als auch für diese mit `Mode` = *'manual'* wendet `find_text` mehrere Schwellenwerte auf das Eingabebild an und selektiert Buchstabenregionen anhand von regionenbasierten und von grauwertbasierten Merkmalen. Anschließend werden diese Regionen zu Zeilen gruppiert. Jede Zeile wird für sich vervollständigt und überprüft ob sie die Restriktionen in `TextModel` erfüllt. Für Textmodelle mit `Mode` = *'auto'* besteht eine Zeile aus mindestens zwei Buchstaben, während für Textmodelle mit `Mode` = *'manual'* eine Zeile aus mindestens drei Buchstaben besteht. Anschließend werden Satz- und Trennzeichen hinzugefügt, sofern die entsprechenden Parameter via `set_text_model_param` gesetzt wurden. Enthält `TextModel` vorgegebenen Zeilenstrukturen (*'text_line_structure'*), so wird getestet, ob die entstandene Zeile zu einer diesen Strukturen passt.

`find_text` segmentiert Text der ungefähr horizontal in `Image` ausgerichtet ist. Die Operatoren `text_line_orientation` und `rotate_image` können verwendet werden um diese Ausrichtung zu erreichen.

Da beim Aufruf von `find_text` und folgenden Operationen für das Ergebnis der Segmentierung Speicher allokiert wird, sollte das Segmentierungsergebnis `TextResultID` mit `clear_text_result` freigegeben werden, sobald es nicht mehr benötigt wird.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **`TextModel`** (input_control) ..... text_model ⇝ *handle*
  Textmodell welches den zu segmentierenden Text beschreibt.
- ▷ **`TextResultID`** (output_control) ..... text_result ⇝ *handle*
  Ergebnis der Segmentierung.

Beispiel

```
read_image (Image, 'numbers_scale')
create_text_model_reader ('auto', 'Document_Rej.omc', TextModel)
* Optionally specify text properties
set_text_model_param (TextModel, 'min_char_height', 20)
find_text (Image, TextModel, TextResultID)
* Return character regions and corresponding classification results
get_text_object (Characters, TextResultID, 'all_lines')
get_text_result (TextResultID, 'class', Class)
```

Ergebnis

Sind alle Parameter gültig, gibt `find_text` 2 (`H_MSG_TRUE`) zurück. Wenn nötig wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`create_text_model_reader`, `set_text_model_param`, `text_line_orientation`, `text_line_slant`

Nachfolger

`get_text_result`, `get_text_object`

Modul

OCR/OCV

`get_text_model_param` (: : TextModel, GenParamName : GenParamValue)

Abfragen von Parametern eines Textmodells.

`get_text_model_param` fragt Parameter des TextModells `TextModel` ab und gibt deren Werte in `GenParamValue` zurück. Mit Ausnahme von *'ocr_classifier'* können alle gültigen Parameter des Textmodells abgefragt werden.

Siehe `set_text_model_param` für eine ausführliche Beschreibung aller möglichen Werte für `GenParamName`.

Parameter

▷ **TextModel** (input_control) . . . . . text_model ⇝ *handle*
Textmodell.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Abzufragende Parameter.
Default: 'min_contrast'
Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'add_fragments', 'dot_print', 'dot_print_max_dot_gap', 'dot_print_min_char_gap', 'dot_print_tight_char_spacing', 'eliminate_border_blobs', 'max_char_height', 'max_char_width', 'max_stroke_width', 'min_char_height', 'min_char_width', 'min_contrast', 'min_stroke_width', 'num_classes', 'polarity', 'return_punctuation', 'return_separators', 'return_whole_line', 'separate_touching_chars', 'text_line_separators', 'text_line_structure', 'text_line_structure_0', 'text_line_structure_1', 'text_line_structure_2', 'manual_add_fragments', 'manual_base_line_tolerance', 'manual_char_height', 'manual_char_width', 'manual_eliminate_border_blobs', 'manual_eliminate_horizontal_lines', 'manual_fragment_size_min', 'manual_is_dotprint', 'manual_is_imprinted', 'manual_max_line_num', 'manual_persistence', 'manual_polarity', 'manual_return_punctuation', 'manual_return_separators', 'manual_stroke_width', 'manual_text_line_structure', 'manual_text_line_structure_0', 'manual_text_line_structure_1', 'manual_text_line_structure_2', 'manual_uppercase_only'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *integer* / real / string
Werte der Parameter.

Ergebnis

Sind alle Eingabeparameter korrekt, gibt `get_text_model_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

`set_text_model_param`

Modul

OCR/OCV

get_text_object (: Characters : TextResultID, ResultName :)

Abfragen von ikonischen Ergebnissen der Textsegmentierung.

`get_text_object` fragt das ikonische Ergebnis `ResultName` im von `find_text` zurückgegebenen `TextResultID` ab. Welche Werte für `ResultName` zulässig sind, hängt davon ab, welche Art von Textmodell für die Textsegmentierung verwendet wurde.

Im Folgenden werden zuerst die erlaubten Parameterwerte für Textmodelle mit `Mode` = *'auto'* und anschließend diese für Textmodelle mit `Mode` = *'manual'* beschrieben.

Die folgenden Ergebnisse können abgefragt werden.

- Ergebnisse der Textsegmentierung mit einem Textmodell mit `Mode` = *'auto'*
  Die Textzeilen sind für jede Polarität getrennt von oben nach unten und von links nach rechts sortiert. Innerhalb einer Zeile sind die Buchstaben von links nach rechts sortiert.

  'all_lines': Gibt die Buchstaben aller segmentierten Zeilen zurück.

  ['line', Zeilenindex]: Gibt die Zeile mit Index *Zeilenindex* zurück. *['line', 0]* gibt zum Beispiel die erste Zeile zurück.

  ['element', Index]: Gibt den Buchstaben an der Position *Index* zurück. *['element', 0]* gibt zum Beispiel den ersten Buchstaben zurück.

- Ergebnisse der Textsegmentierung mit einem Textmodell mit `Mode` = *'manual'*

  'manual_all_lines': Gibt die Buchstaben aller segmentierten Zeilen zurück. Die Zeilen sind von oben nach unten und von links nach rechts sortiert. Innerhalb der Zeilen sind die Buchstaben von links nach rechts sortiert.

  ['manual_line', Index]: Gibt die Zeile mit der Nummer *Index* zurück (*['manual_line',0]* gibt zum Beispiel die erste Zeile zurück). Die Buchstaben sind von links nach rechts sortiert.

  Wurde bei einem Textmodell mit `Mode` = *'manual'*, das benutzt wurde um `TextResultID` zu erzeugen, *'manual_persistence'* gesetzt, kann zusätzlich der folgende Wert abgefragt werden:

  'manual_compensated_image': Das für die Segmentierung vorverarbeitete Bild.

Parameter

▷ **`Characters`** (output_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Zurückgegebenes Ergebnis.

▷ **`TextResultID`** (input_control) ..... text_result ⇝ *handle*
Ergebnis der Textsegmentierung.

▷ **`ResultName`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / integer
Name des abzufragenden Ergebnisses.
Default: 'all_lines'
Werteliste: `ResultName` ∈ {'all_lines', 'element', 'line', 'manual_all_lines', 'manual_line', 'manual_compensated_image'}

Beispiel

```
read_image (Image, 'numbers_scale')
create_text_model_reader ('auto', 'Document_Rej.omc', TextModel)
* Optionally specify text properties
set_text_model_param (TextModel, 'min_char_height', 20)
find_text (Image, TextModel, TextResultID)
* Return character regions and corresponding classification results
get_text_object (Characters, TextResultID, 'all_lines')
get_text_result (TextResultID, 'class', Class)
```

Ergebnis

Sind alle Parameter gültig, gibt `get_text_object` 2 (`H_MSG_TRUE`) zurück. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`find_text`

Siehe auch

`get_text_result`

Modul

Foundation

`get_text_result` (: : TextResultID, ResultName : ResultValue)

Abfragen von Ergebnissen der Textsegmentierung.

`get_text_result` fragt das Ergebnis `ResultName` des von `find_text` erhaltenen Ergebnisses `TextResultID` ab. Welche Werte für `ResultName` zulässig sind, hängt davon ab, welche Art von Textmodell für die Textsegmentierung verwendet wurde.

Im Folgenden werden zuerst die erlaubten Parameterwerte für Textmodelle mit `Mode` = *'auto'* und anschließend diese für Textmodelle mit `Mode` = *'manual'* beschrieben.

Die folgenden Ergebnisse können abgefragt werden.

- **Ergebnisse der Textsegmentierung mit einem Textmodell mit Mode = 'auto'**
  Die Textzeilen sind für jede Polarität getrennt von oben nach unten und von links nach rechts sortiert. Innerhalb einer Zeile sind die Buchstaben von links nach rechts sortiert.

  'num_lines': Anzahl der gefundenen Zeilen.

  'num_classes': Anzahl der abgespeicherten besten Klassen für jeden Buchstaben. Je nachdem wie viele Klassen der verwendete Klassifikator enthält, kann dieser Wert kleiner sein als die im Textmodell gesetzte Anzahl an Klassen, siehe `set_text_model_param`.

  'class': Klassifikationsergebnisse aller segmentierten Buchstaben durch den OCR Klassifikator, der im zugehörigen Textmodell enthalten ist. Falls der Klassifikator mit Rückweisungsklasse trainiert wurde, liefert `get_text_result` für Buchstaben, die als Rückweisungsklasse klassifiziert wurden, das zweitbeste Klassifikationsergebnis zurück.

  ['class', n]: Ähnlich wie *'class'* mit dem Unterschied, dass für jeden Buchstaben das Klassifikationsergebnis mit der (n+1)-höchsten Konfidenz zurückgegeben wird. *['class', 0]* gibt zum Beispiel für jeden Buchstaben das Klassifikationsergebnis mit der höchsten Konfidenz zurück. Falls der Klassifikator des Textmodells mit Rückweisungsklasse trainiert wurde, wird auch die Rückweisungsklasse zurückgegeben (im Gegensatz zu *'class'*).

  ['class_line', Zeilenindex]: Klassifikationsergebnisse der Buchstaben in der Zeile mit Index *Zeilenindex* durch den OCR Klassifikator, der im entsprechenden Textmodell enthalten ist. *['class_line', 0]* gibt zum Beispiel die Klassen der Buchstaben der erste Zeile zurück. Falls der Klassifikator mit Rückweisungsklasse trainiert wurde, liefert `get_text_result` für Buchstaben, die als Rückweisungsklasse klassifiziert wurden, das zweitbeste Klassifikationsergebnis zurück.

  ['class_line', Zeilenindex, n]: Ähnlich wie *['class_line', Zeilenindex]* mit dem Unterschied, dass für jeden Buchstaben das Klassifikationsergebnis mit der (n+1)-höchsten Konfidenz zurückgegeben wird. *['class_line', Zeilenindex, 0]* gibt zum Beispiel für jeden Buchstaben in der Zeile mit Index *Zeilenindex* das Klassifikationsergebnis mit der höchsten Konfidenz zurück. Falls der Klassifikator des Textmodells mit Rückweisungsklasse trainiert wurde, wird auch die Rückweisungsklasse zurückgegeben (im Gegensatz zu *['class_line', Zeilenindex]*).

  ['class_element', Index]: Klassifikationsergebnisse des Buchstabens an Position *Index* durch den OCR Klassifikator, der im zugehörigen Textmodell enthalten ist. *['class_element', 0]* gibt zum Beispiel die *'num_classes'* besten Klassifikationsergebnisse (sortiert nach Konfidenz) des ersten Buchstabens zurück.

  'confidence': Konfidenzen der Klassen aller segmentierten Buchstaben, siehe *'class'*.

  ['confidence', n]: Konfidenzen der Klassen mit der jeweils (n+1)-höchsten Konfidenz, siehe *['class', n]*.

  ['confidence_line', Zeilenindex]: Konfidenzen der Klassen der Buchstaben in der Zeile mit Index *Zeilenindex*, siehe *['class_line', Zeilenindex]*.

  ['confidence_line', Zeilenindex, n]: Konfidenzen der Klassen mit der jeweils (n+1)-höchsten Konfidenz in der Zeile mit Index *Zeilenindex*, siehe *['class_line', Zeilenindex, n]*.

  ['confidence_element', Index]: Konfidenzen der Klassen des Buchstabens an Position *Index*, siehe *['class_element', Index]*.

  'polarity': Polarität aller segmentierten Buchstaben.

  ['polarity_line', Zeilenindex]: Polarität der Buchstaben in der Zeile mit Index *Zeilenindex*. *['polarity_line', 0]* gibt zum Beispiel die Polarität der Buchstaben der erste Zeile zurück.

  ['polarity_element', Index]: Polarität des Buchstaben an der Position *Index*. *['polarity_element', 0]* gibt zum Beispiel die Polarität des ersten Buchstabens zurück.

- **Ergebnisse der Textsegmentierung mit einem Textmodell mit Mode = 'manual'**
  'manual_num_lines': Anzahl der gefundenen Zeilen.

  Wurde bei einem Textmodell mit `Mode` = *'manual'*, das benutzt wurde um `TextResultID` zu erzeugen, *'manual_persistence'* gesetzt, kann zusätzlich der folgende Wert abgefragt werden:

  'manual_thresholds': Die bei der Segmentierung verwendeten Schwellenwerte.

Parameter

- ▷ **TextResultID** (input_control) . . . . . text_result ⇝ *handle*
  Ergebnis der Textsegmentierung.
- ▷ **ResultName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer
  Name des abzufragenden Ergebnisses.
  Default: 'class'
  Werteliste: `ResultName` ∈ {'class', 'class_element', 'class_line', 'confidence', 'confidence_element', 'confidence_line', 'polarity', 'polarity_element', 'polarity_line', 'num_classes', 'num_lines', 'manual_num_lines', 'manual_thresholds'}
- ▷ **ResultValue** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Wert des Ergebnisses.

Beispiel

```
read_image (Image, 'numbers_scale')
create_text_model_reader ('auto', 'Document_Rej.omc', TextModel)
* Optionally specify text properties
set_text_model_param (TextModel, 'min_char_height', 20)
find_text (Image, TextModel, TextResultID)
* Return character regions and corresponding classification results
get_text_object (Characters, TextResultID, 'all_lines')
get_text_result (TextResultID, 'class', Class)
```

Ergebnis

Sind alle Parameter gültig, gibt `get_text_result` 2 (`H_MSG_TRUE`) zurück. Wenn nötig wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`find_text`

Siehe auch

`get_text_object`

Modul

Foundation

segment_characters (Region, Image : ImageForeground, RegionForeground : Method, EliminateLines, DotPrint, StrokeWidth, CharWidth, CharHeight, ThresholdOffset, Contrast : UsedThreshold)

Segmentieren von Zeichen in einem gegebenen Bildbereich.

Dieser Operator wird verwendet, um Zeichen aus einer `Region` im Bild `Image` zu segmentieren. `Region` wird lediglich zum Einschränken des Verarbeitungsbereiches verwendet. Die segmentierten Zeichen werden in `RegionForeground` zurückgeliefert.

Es stehen zwei unterschiedliche Methoden zur Verfügung, um die Zeichen zu detektieren. Beide Methoden gehen davon aus, dass die Zeichen dunkler als der Hintergrund sind. Sollte dies nicht zutreffen, dann sollte das Bild mittels `invert_image` invertiert werden.

Der Parameter `Method` bestimmt den Algorithmus der zur Segmentierung des Textes verwendet wird. Die möglichen Werte sind

'local_contrast_best' Diese Methode extrahiert Text, der lokal von seinem Hintergrund abweicht. Aus diesem Grund eignet er sich für inhomogen beleuchtete Bilder. Die Hervorhebung der Texträndern führt zu einer genaueren Bestimmung des Textes. Dies ist vor allem dann nützlich, wenn der Hintergrund sehr texturiert ist. Der Parameter `Contrast` definiert den minimalen Kontrast, also die minimale Grauwertdifferenz zwischen dem Text und dem Hintergrund. Das Verhalten dieses Segmentierungsverfahrens ist mit dem von `var_threshold` und dem Setzen von LightDark auf *'dark'* identisch.

'local_auto_shape' Der minimale Kontrast wird automatisch so geschätzt, dass die Zahl der winzigen Regionen reduziert wird. Dieses Verfahren ist besonders für verrauschte Bilder geeignet. Der Parameter `ThresholdOffset` kann zum Anpassen des Schwellenwerts verwendet werden. Sei $g(x, y)$ der Grauwert des Eingabebildes `Image` an der Position (x, y), dann wird die Schwellenwertbedingung bestimmt durch:
$g(x, y) \leq$ `UsedThreshold` $+$ `ThresholdOffset`.

Falls zusätzlich zu den Zeichen horizontale oder vertikale Linien in Richtung der Textzeilen segmentiert werden, so sollte `EliminateLines` auf *'true'* gesetzt werden. Das Entfernen der Linien wird durch den maximalen Wert von `CharWidth` und den maximalen Wert von `CharHeight` beeinflusst. Weitere Informationen findet man in deren Parameterbeschreibungen.

`DotPrint`: Sollte auf *'true'* gesetzt werden, wenn Dot-Prints gelesen werden sollen, ansonsten auf *'false'*.

`StrokeWidth`: Spezifiziert die Strichstärke des Textes und wird zur Bestimmung von Filtergrößen für die Zeichendetektion verwendet. Die Filtergrößen werden auch durch die Parameter `DotPrint`, die durchschnittliche Zeichenbreite `CharWidth` und die durchschnittliche Zeichenhöhe `CharHeight` festgelegt.

`CharWidth`: Dieser Parameter kann durch ein Tupel, welches bis zu drei Werten besitzen kann, gesetzt werden. Der erste Wert ist die durchschnittliche Breite, der zweite ist die minimale und der dritte die maximale Zeichenbreite. Wenn die minimale Zeichenbreite auf -1 gesetzt wird, berechnet der Operator den Wert automatisch in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Zeichenbreite. Das gleiche gilt für den Fall, dass der maximale Wert nicht gesetzt wird. Einige Beispiele:

[10] setzt die durchschnittliche Zeichenbreite auf 10, die minimale und maximale Zeichenbreite werden vom Operator berechnet.

[10,-1,20] setzt die durchschnittliche Zeichenbreite auf 10, der minimale Wert wird vom Operator bestimmt und der maximale Wert auf 20 gesetzt.

[10,5,20] setzt die durchschnittliche Zeichenbreite auf 10, der minimale Wert wird auf 5 und der maximale Wert auf 20 gesetzt.

`CharHeight`: Dieser Parameter kann durch ein Tupel, welches bis zu drei Werten besitzen kann, gesetzt werden. Der erste Wert ist die durchschnittliche Höhe, der zweite ist die minimale und der dritte die maximale Zeichenhöhe. Wenn die minimale Zeichenhöhe auf -1 gesetzt wird, berechnet der Operator den Wert automatisch in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Zeichenhöhe. Das gleiche gilt für den Fall, dass der maximale Wert nicht gesetzt wird. Einige Beispiele:

[10] setzt die durchschnittliche Zeichenhöhe auf 10, die minimale und maximale Zeichenhöhe werden vom Operator berechnet.

[10,-1,20] setzt die durchschnittliche Zeichenhöhe auf 10, der minimale Wert wird vom Operator bestimmt und der maximale Wert auf 20 gesetzt.

[10,5,20] setzt die durchschnittliche Zeichenhöhe auf 10, der minimale Wert wird auf 5 und der maximale Wert auf 20 gesetzt.

`ThresholdOffset`: Hiermit kann der Schwellenwert angepasst werden, der verwendet wird, wenn die Segmentierungsmethode `Method` auf den Wert *'local_auto_shape'* gesetzt wurde.

`Contrast`: Definiert den minimalen Kontrast zwischen dem Text und dem Hintergrund. Dieser Parameter wird verwendet, wenn `Method` auf *'local_contrast_best'* gesetzt wurde.

`UsedThreshold`: Dieser Parameter enthält nach der Ausführung den Schwellenwert, der zur Segmentierung der Zeichen verwendet wurde.

`ImageForeground` enthält das Bild, das intern für die Segmentierung verwendet wurde.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Bildbereich mit den Textzeilen.
- ▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **ImageForeground** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Zur Segmentierung verwendetes Bild.
- ▷ **RegionForeground** (output_object) . . . . . singlechannelregion(-array) ⇝ *object*
  Region der Zeichen.
- ▷ **Method** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Methode zum Segmentieren der Textzeichen.
  Default: 'local_auto_shape'
  Werteliste: `Method` ∈ {'local_contrast_best', 'local_auto_shape'}
- ▷ **EliminateLines** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Entfernen von horizontalen und vertikalen Linien?
  Default: 'false'
  Werteliste: `EliminateLines` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **DotPrint** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Sollen Dot-Print-Zeichen detektiert werden?
  Default: 'false'
  Werteliste: `DotPrint` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **StrokeWidth** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Strichstärke der Zeichen.
  Default: 'medium'
  Werteliste: `StrokeWidth` ∈ {'ultra_light', 'light', 'medium', 'bold'}
- ▷ **CharWidth** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Breite eines Zeichens.
  Default: 25
  Wertebereich: 1 ≤ CharWidth
- ▷ **CharHeight** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Höhe eines Zeichens.
  Default: 25
  Wertebereich: 1 ≤ CharHeight
- ▷ **ThresholdOffset** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Wert zur Anpassung der Segmentierung.
  Default: 0
- ▷ **Contrast** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Minimale Grauwertdifferenz zwischen Text und Hintergrund.
  Default: 10
- ▷ **UsedThreshold** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Verwendete Schwellenwert zur Segmentierung der Zeichen.

Beispiel

```
for Index := 1 to 5 by 1
  read_image (Image, 'dot_print_rotated/dot_print_rotated_'+Index$'02d')
  text_line_orientation (Image, Image, 50, rad(-30), rad(30), \
                         OrientationAngle)
  rotate_image (Image, ImageRotate, deg(-OrientationAngle), 'constant')
  segment_characters (ImageRotate, ImageRotate, ImageForeground, \
                      RegionForeground, 'local_auto_shape', 'false', \
                      'false', 'medium', 25, 25, 0, 10, UsedThreshold)
endfor
```

Ergebnis

Sind die Eingabeparameter korrekt besetzt, dann liefert `segment_characters` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`text_line_orientation`

Nachfolger

`select_characters`, `connection`

Alternativen

`threshold`

Modul

Foundation

select_characters (Region : RegionCharacters : DotPrint, StrokeWidth, CharWidth, CharHeight, Punctuation, DiacriticMarks, PartitionMethod, PartitionLines, FragmentDistance, ConnectFragments, ClutterSizeMax, StopAfter :)

Selektieren von Zeichen aus einer gegebenen Region.

`select_characters` selektiert aus der gegebenen `Region` die Bereiche, die Zeichen darstellen. Hierfür werden Eigenschaften wie `StrokeWidth`, `DotPrint`, die Größe der Zeichen und einige weitere verwendet. Die übergebene `Region` sollte vereinigt sein, da ansonsten jede `Region` einzeln verarbeitet wird. Aus diesem Grund sollte der Operator `connection` nicht vorher aufgerufen werden. Sollten mehrere Textbereiche vorhanden sein, so können diese selbstverständlich ohne vorheriges Zusammenfügen der Regionen behandelt werden. Die übergebene `Region` wird typischerweise vom Operator `segment_characters` geliefert, sie kann jedoch auch von anderen Segmentierungsoperatoren bereitgestellt werden.

Der Prozess zur Auswahl der Zeichen kann in vier Schritte unterteilt werden. Jeder Verarbeitungsschritt wird durch die Parameter `StrokeWidth`, `CharHeight` und `CharWidth` beeinflusst. Wenn kleine Objekte wie Punkte verloren gehen, dann sollte die minimale `CharWidth` und die minimale `CharHeight` angepasst werden. Die Ergebnisse der einzelnen Schritte sind allerdings von manchen Parametern besonders abhängig. Eine nähere Beschreibung folgt. Mit dem Parameter `StopAfter` kann die Verarbeitung nach einem bestimmten Schritt beendet werden.

Der erste Schritt ist *'step1_select_candidates'*. In diesem Schritt werden `CharWidth` und `CharHeight` verwendet, um die Kandidaten auszuwählen. Zusätzlich beeinflusst `ClutterSizeMax` das Ergebnis von diesem Schritt.

Im nächsten Schritt, *'step2_partition_characters'*, nehmen die Parameter `PartitionMethod` und `PartitionLines` Einfluss auf das Ergebnis.

Schritt drei, *'step3_connect_fragments'*, verwendet die Parameter `ConnectFragments` und `DotPrint`. Sollen Dot-Prints gelesen werden und manche Punkte werden nicht zu den Zeichen hinzugefügt, so gibt es zwei Möglichkeiten, dieses Problem zu beheben. Zum einen kann man den Wert des Parameter `FragmentDistance` erhöhen und/oder die `StrokeWidth` herunter setzen.

Im letzten Schritt, *'step4_select_characters'*, beeinflussen die Parameter `DiacriticMarks` und `Punctuation` das Ergebnis.

`RegionCharacters`: Nach dem Ausführen enthält `RegionCharacters` die extrahierten Zeichen von der übergebenen `Region`.

`DotPrint`: Sollte auf *'true'* gesetzt werden, wenn Dot-Prints gelesen werden sollen, ansonsten auf *'false'*.

`StrokeWidth`: Spezifiziert die Strichstärke des Textes und wird zur Bestimmung von Filtergrößen für die Zeichendetektion verwendet. Die Filtergrößen werden auch durch die Parameter `DotPrint`, die durchschnittliche Zeichenbreite `CharWidth` und die durchschnittliche Zeichenhöhe `CharHeight` festgelegt.

CharWidth: Dieser Parameter kann durch ein Tupel, welches bis zu drei Werten besitzen kann, gesetzt werden. Der erste Wert ist die durchschnittliche Breite, der zweite ist die minimale und der dritte die maximale Zeichenbreite. Wenn die minimale Zeichenbreite auf -1 gesetzt wird, berechnet der Operator den Wert automatisch in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Zeichenbreite. Das gleiche gilt für den Fall, dass der maximale Wert nicht gesetzt wird. Einige Beispiele:

[10] setzt die durchschnittliche Zeichenbreite auf 10, die minimale und maximale Zeichenbreite werden vom Operator berechnet.

[10,-1,20] setzt die durchschnittliche Zeichenbreite auf 10, der minimale Wert wird vom Operator bestimmt und der maximale auf 20 gesetzt.

[10,5,20] setzt die durchschnittliche Zeichenbreite auf 10, der minimale Wert wird auf 5 und der maximale Wert auf 20 gesetzt.

CharHeight: Dieser Parameter kann durch ein Tupel, welches bis zu drei Werten besitzen kann, gesetzt werden. Der erste Wert ist die durchschnittliche Höhe, der zweite ist die minimale und der dritte die maximale Zeichenhöhe. Wenn die minimale Zeichenhöhe auf -1 gesetzt wird, berechnet der Operator den Wert automatisch in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Zeichenhöhe. Das gleiche gilt für den Fall, dass der maximale Wert nicht gesetzt wird. Einige Beispiele:

[10] setzt die durchschnittliche Zeichenhöhe auf 10, die minimale und maximale Zeichenhöhe werden vom Operator berechnet.

[10,-1,20] setzt die durchschnittliche Zeichenhöhe auf 10, der minimale Wert wird vom Operator bestimmt und der maximale auf 20 gesetzt.

[10,5,20] setzt die durchschnittliche Zeichenhöhe auf 10, der minimale Wert wird auf 5 und der maximale Wert auf 20 gesetzt.

Punctuation: Dieser Parameter sollte auf *'true'* gesetzt werden, wenn der Operator Satzzeichen (wie .,:'´") detektieren soll, ansonsten werden diese unterdrückt.

DiacriticMarks: Dieser Parameter sollte auf *'true'* gesetzt werden, wenn die Anwendung diakritisches Zeichen (wie â,é,ö) enthält oder auf *'false'* um diese zu unterdrücken.

PartitionMethod: Benachbarte Zeichen, welche sehr dicht nebeneinander gedruckt wurden, können teilweise nicht getrennt detektiert werden. Mit diesem Parameter kann die Methode zum Trennen dieser Zeichen festgelegt werden. Die möglichen Werte sind *'none'*, wodurch kein Auftrennen durchgeführt wird. *'fixed_width'* bedeutet, dass die Auftrennung davon ausgeht, dass alle Zeichen gleich breit sind. Falls die Breite der extrahierten Region merklich über der durchschnittlichen Zeichenbreite liegt, wird die Region in Teile getrennt, welche dann die durchschnittliche Zeichenbreite besitzen. Das Aufteilen beginnt an der linken Seite der Region. *'variable_width'* bedeutet, dass die Zeichen an ihrer dünnsten Verbindung getrennt werden. Diese Methode kann für Fonts mit unterschiedlich breiten Zeichen ausgewählt werden, oder falls viele aufeinanderfolgende Zeichen als eines extrahiert werden. Es könnte hilfreich sein, text_line_slant und/oder text_line_orientation auszuführen, bevor select_characters aufgerufen wird.

PartitionLines: Wenn einige Textzeilen oder einige Zeichen von unterschiedlichen Textzeilen verbunden sind, sollte dieser Parameter auf *'true'* gesetzt werden.

FragmentDistance: Dieser Parameter beeinflusst die Verknüpfung von Zeichenfragmenten und Zeichen. Wenn zu viel verbunden wird, sollte der Parameter auf *'narrow'* oder *'medium'* gesetzt werden. Im Fall dass mehr Fragmente verbunden werden sollen, sollte der Parameter auf *'medium'* oder *'wide'* gesetzt werden. Das Verbinden wird außerdem vom Maximum von CharWidth und dem Maximum von CharHeight beeinflusst. Siehe auch ConnectFragments.

ConnectFragments Dieser Parameter sollte auf *'true'* gesetzt werden, wenn die extrahierten Zeichen fragmentiert sind, zum Beispiel wenn ein Zeichen nicht als ein Zeichen detektiert wird, sondern in mehrere Einzelteile zerfällt. Weitere Infos findet man unter FragmentDistance und StopAfter im Schritt *'step3_connect_fragments'*.

ClutterSizeMax: Sollten die segmentierten Zeichen Störungen enthalten, zum Beispiel kleine Regionen neben den Zeichen, sollte dieser Wert erhöht werden. Wenn Teile der Zeichen fehlen, dann sollte dieser Wert verkleinert werden.

StopAfter: Dieser Parameter sollte verwendet werden, wenn select_characters nicht das gewünschte Ergebnis liefert. Durch Modifizieren des Parameters wird bestimmt, nach welchem Schritt der Operator die Ausführung beendet und es werden die dazugehörigen Ergebnisse geliefert. Um den Operator nicht abzubrechen sollte StopAfter auf *'completion'* gesetzt werden.

Parameter

▷ **Region** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Region mit Textzeilen, in der die Zeichen segmentiert werden sollen.

▷ **RegionCharacters** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Selektierte Zeichen.

▷ **DotPrint** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Sollen Dot-Print-Zeichen detektiert werden?
Default: 'false'
Werteliste: `DotPrint` ∈ {'true', 'false'}

▷ **StrokeWidth** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Strichstärke der Zeichen.
Default: 'medium'
Werteliste: `StrokeWidth` ∈ {'ultra_light', 'light', 'medium', 'bold'}

▷ **CharWidth** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Breite eines Zeichens.
Default: 25
Wertebereich: 1 ≤ CharWidth

▷ **CharHeight** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Höhe eines Zeichens.
Default: 25
Wertebereich: 1 ≤ CharHeight

▷ **Punctuation** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Satzzeichen hinzufügen?
Default: 'false'
Werteliste: `Punctuation` ∈ {'true', 'false'}

▷ **DiacriticMarks** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Sind diakritische Zeichen vorhanden?
Default: 'false'
Werteliste: `DiacriticMarks` ∈ {'true', 'false'}

▷ **PartitionMethod** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Methode zum Trennen von benachbarten Zeichen.
Default: 'none'
Werteliste: `PartitionMethod` ∈ {'none', 'fixed_width', 'variable_width'}

▷ **PartitionLines** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Sollen Zeilen getrennt werden?
Default: 'false'
Werteliste: `PartitionLines` ∈ {'true', 'false'}

▷ **FragmentDistance** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Abstand von Fragmenten.
Default: 'medium'
Werteliste: `FragmentDistance` ∈ {'narrow', 'medium', 'wide'}

▷ **ConnectFragments** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Sollen Fragmente zusammengefügt werden?
Default: 'false'
Werteliste: `ConnectFragments` ∈ {'true', 'false'}

▷ **ClutterSizeMax** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Maximaler Größe von Störungen.
Default: 0
Wertebereich: 0 ≤ ClutterSizeMax

▷ **StopAfter** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Beende die Ausführung nach diesem Schritt.
Default: 'completion'
Werteliste: `StopAfter` ∈ {'step1_select_candidates', 'step2_partition_characters', 'step3_connect_fragments', 'step4_select_characters', 'completion'}

Beispiel

```
for Index := 1 to 5 by 1
  read_image (Image, 'dot_print_rotated/dot_print_rotated_'+Index$'02d')
  text_line_orientation (Image, Image, 50, rad(-30), rad(30), \
                         OrientationAngle)
  rotate_image (Image, ImageRotate, deg(-OrientationAngle), 'constant')
  segment_characters (ImageRotate, ImageRotate, ImageForeground, \
                      RegionForeground, 'local_auto_shape', 'false', \
                      'false', 'medium', 25, 25, 0, 10, UsedThreshold)
  select_characters (RegionForeground, RegionCharacters, 'true', \
                     'ultra_light', [60,1,100], [60,1,100], 'false', \
                     'false', 'none', 'true', 'wide', 'true', 0, 'completion')
endfor
```

Ergebnis

Sind die Eingabeparameter korrekt besetzt, dann liefert `select_characters` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`segment_characters`, `text_line_slant`

Nachfolger

`do_ocr_single_class_mlp`, `do_ocr_multi_class_mlp`

Alternativen

`connection`

Modul

Foundation

set_text_model_param (: : TextModel, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen von Parametern eines Textmodells.

`set_text_model_param` setzt Parameter eines Textmodells. Welche Werte für `GenParamName` zulässig sind hängt davon ab, welcher `Mode` bei der Erstellung des Textmodells mittels `create_text_model_reader` gewählt wurde. Im Folgenden werden zuerst die erlaubten Parameterwerte für Textmodelle mit `Mode` = *'auto'* und anschließend diese für Textmodelle mit `Mode` = *'manual'* beschrieben.

Die Parameter und ihre Werte werden in `GenParamName` und `GenParamValue` übergeben werden. Die folgenden Parameter können gesetzt werden:

- **Parameter für Textmodelle mit Mode = 'auto'**
  - **Segmentierungseigenschaften**

    'min_contrast': Minimaler Kontrast zwischen Buchstaben und ihrem Hintergrund.
    Wertebereich: Integer- oder float-Werte zwischen *1* und *255* für Byte-Bilder und zwischen *1* und *65.535* für uint2-Bilder.
    Default: *15*

    'polarity': *'dark_on_light'* wenn der zu segmentierende Text dunkler ist als sein Hintergrund, *'light_on_dark'* wenn der zu segmentierende Text heller ist als sein Hintergrund und *'both'* falls beide Arten von Text segmentiert werden sollen.
    Werteliste: *'dark_on_light'*, *'light_on_dark'*, *'both'*
    Default: *'both'*

'eliminate_border_blobs': *'true'* wenn Regionen, die den Rand des Definitionsbereichs des Bildes berühren verworfen werden sollen, ansonsten *'false'*.
Werteliste: *'true'*,*'false'*
Default: *'false'*

'add_fragments': *'true'* wenn Fragmente wie der Punkt auf einem 'i' zu den segmentierten Buchstaben hinzugefügt werden sollen. Das kann allerdings auch dazu führen, dass Störungen zu den segmentierten Buchstaben hinzugefügt werden.
Werteliste: *'true'*,*'false'*
Default: *'true'*

'separate_touching_chars': Bestimmt die Trennung von Paaren oder kleinen Gruppen nebeneinander liegender Zeichen, die als eine einzige Region segmentiert werden. Wird *'standard'* oder *'enhanced'* gewählt, werden solche Regionen erkannt und in zwei oder mehrere einzelne Zeichen aufgeteilt. Während die Methode *'enhanced'* genauere Ergebnisse liefert, ist die Methode *'standard'* weniger komplex und damit schneller. Wird *'separate_touching_chars'* auf *'false'* gesetzt, wird keine Trennung von sich berührenden Zeichen durchgeführt.
Anmerkung: Für die Methode *'enhanced'* wird die Datei `find_text_support.hotc` aus dem ocr Unterverzeichnis des Hauptverzeichnisses der HALCON-Installation benötigt. Es ist auch möglich, diese Datei im aktuell verwendeten Verzeichnis abzulegen.
Werteliste: *'false'*, *'standard'*, *'enhanced'*
Default: *'standard'*

– **Buchstabengröße**

'min_char_height': Minimale Höhe eines Buchstabens in Pixel. Um Buchstaben jeglicher Höhe zu segmentieren, kann der Wert *'auto'* übergeben werden. *'min_char_height'* schränkt die Höhe von Buchstaben ein, jedoch nicht die Höhe von Satz- oder Trennzeichen.
Default: *'auto'*
Restriktion: Integer- oder float-Werte größer gleich *1*.

'max_char_height': Maximale Höhe eines Buchstabens in Pixel. Um Buchstaben jeglicher Höhe zu segmentieren, kann der Wert *'auto'* übergeben werden. *'max_char_height'* schränkt die Höhe von Buchstaben ein, jedoch nicht die Höhe von Satz- oder Trennzeichen.
Default: *'auto'*
Restriktion: Integer- oder float-Werte größer gleich *1*.

'min_char_width': Minimale Breite eines Buchstabens in Pixel. Um Buchstaben jeglicher Breite zu segmentieren, kann der Wert *'auto'* übergeben werden. *'min_char_width'* schränkt die Breite von Buchstaben ein, jedoch nicht die Breite von Satz- oder Trennzeichen.
Default: *'auto'*
Restriktion: Integer- oder float-Werte größer gleich *1*.

'max_char_width': Maximale Breite eines Buchstabens in Pixel. Um Buchstaben jeglicher Breite zu segmentieren, kann der Wert *'auto'* übergeben werden. *'max_char_width'* schränkt die Breite von Buchstaben ein, jedoch nicht die Breite von Satz- oder Trennzeichen.
Default: *'auto'*
Restriktion: Integer- oder float-Werte größer gleich *1*.

'min_stroke_width': Minimale Strichbreite eines Buchstabens in Pixel. Soll die minimale Strichbreite während der Textsegmentierung automatisch geschätzt werden, kann der Wert *'auto'* übergeben werden. *'min_stroke_width'* schränkt die Strichbreite von Buchstaben ein, jedoch nicht die Strichbreite von Satz- oder Trennzeichen.
Default: *'auto'*
Restriktion: Integer- oder float-Werte größer gleich *1*.

'max_stroke_width': Maximale Strichbreite eines Buchstabens in Pixel. Soll die maximale Strichbreite während der Textsegmentierung automatisch geschätzt werden, kann der Wert *'auto'* übergeben werden. *'max_stroke_width'* schränkt die Strichbreite von Buchstaben ein, jedoch nicht die Strichbreite von Satz- oder Trennzeichen.
Default: *'auto'*
Restriktion: Integer- oder float-Werte größer gleich *1*.

– **Sonderzeichen**

'return_punctuation': *'true'* wenn kleine Satzzeichen, die nahe an der Grundlinie der Textzeile liegen (wie Punkt oder Komma), zu den segmentierten Buchstaben hinzugefügt werden sollen.
Werteliste: *'true'*,*'false'*
Default: *'true'*

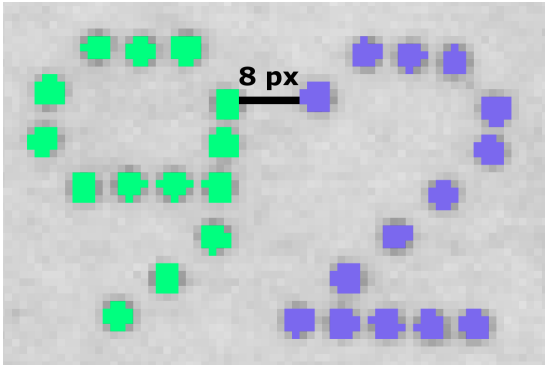
'return_separators': *'true'* wenn Trennzeichen wie ein Minus oder das Gleichheitszeichen zu den segmentierten Buchstaben hinzugefügt werden sollen.
Werteliste: *'true'*,*'false'*
Default: *'true'*

– **Punktdruck-Buchstaben**

'dot_print': *'true'* wenn der zu segmentierende Text Punktdruck-Buchstaben enthält, ansonsten *'false'*.
Werteliste: *'true'*,*'false'*
Default: *'false'*

'dot_print_tight_char_spacing': *'true'* wenn die Lücken zwischen benachbarten Buchstaben kleiner sind als die Lücke zwischen zwei Punkten innerhalb eines Buchstabens, ansonsten *'false'*. Falls *'dot_print'* auf *'false'* gesetzt ist, hat dieser Parameter keine Auswirkung. Ist die genaue Größe der kleinsten Lücke zwischen benachbarten Buchstaben bekannt, kann diese stattdessen mittels *'dot_print_min_char_gap'* gesetzt werden. In diesem Fall wird der Wert von *'dot_print_tight_char_spacing'* ignoriert.
Werteliste: *'true'*,*'false'*
Default: *'false'*

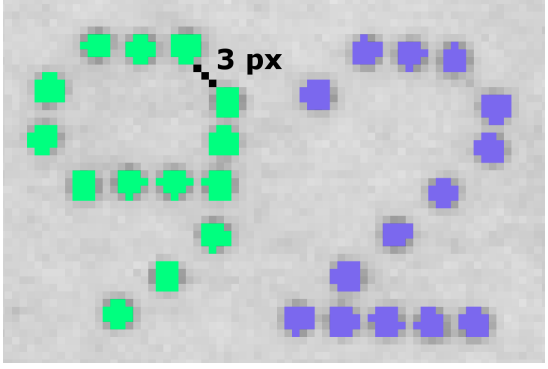
'dot_print_min_char_gap': Größe der kleinsten Lücke zwischen zwei Buchstaben in Pixel. Dieser Parameter kann in Fällen, in denen die Lücken zwischen Buchstaben kleiner sind als die zwischen Punkten innerhalb der Buchstaben, zu einer genaueren Segmentierung führen. Falls die minimale Größe nicht bekannt oder größer als die maximale Lücke zwischen den Punkten innerhalb eines Buchstaben ist, kann der Wert *'auto'* übergeben werden. Falls *'dot_print'* auf *'false'* gesetzt ist, hat dieser Parameter keine Auswirkung. Sind Buchstaben sehr nah nebeneinander gedruckt, jedoch die Größe der minimalen Lücke unbekannt, kann stattdessen *'dot_print_tight_char_spacing'* gesetzt werden.



Hier ist die kleinste Lücke zwischen zwei Buchstaben 8 Pixel.

Default: *'auto'*
Restriktion: Integer- oder float-Werte größer gleich *0*.

'dot_print_max_dot_gap': Größe der größten Lücke zwischen zwei Punkten innerhalb eines Buchstabens in Pixel. Um beliebige Punktdruck-Buchstaben zu segmentieren kann der Wert *'auto'* übergeben werden. Falls *'dot_print'* auf *'false'* gesetzt ist, hat dieser Parameter keine Auswirkung. Ist die größte Lücke zwischen zwei Punkten größer als die kleinste Lücke zwischen zwei Buchstaben, sollte zusätzlich *'dot_print_tight_char_spacing'* oder *'dot_print_min_char_gap'* entsprechend gesetzt werden. Wird *'dot_print_max_dot_gap'* gesetzt, kann die Laufzeit von `find_text` erheblich reduziert werden.



Hier ist die größte Lücke zwischen zwei Punkten 3 Pixel.

Default: *'auto'*
Restriktion: Integer- oder float-Werte größer gleich *1*.

– **Struktur der Textzeilen**

'text_line_structure': legt die Struktur des gesuchten Textes fest. Für jede Zeile wird der Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Buchstaben berechnet. Ausgehend von diesen Abständen wird die Zeile in einzelne Buchstabenblöcke aufgeteilt. Hierbei werden sehr kleine Zeichen wie z.B. '.', '_' und '-' vernachlässigt und als Leerzeichen interpretiert. Darüber hinaus können zusätzliche Trennzeichen angegeben werde, die ebenfalls vernachlässigt werden sollen, siehe *'text_line_separators'*. Für die entstandenen Buchstabenblöcke wird dann geprüft ob sie einer der übergebenen Strukturen entsprechen.
Eine Struktur besteht aus einem String, der die Anzahl der Buchstaben/Ziffern pro Buchstabenblock enthält, welche durch Leerzeichen getrennt sind. Soll zum Beispiel ein Datum mit jeweils zwei Ziffern für Tag, Monat und Jahr gefunden werden, wäre die Struktur '2 2 2'. Kann das Jahr auch aus vier Ziffern bestehen, wäre die Struktur '2 2 2-4', so dass der letzte Block aus zwei bis vier Buchstaben/Ziffern bestehen kann. Es ist möglich mehr als eine Struktur zu setzen, indem ein Index an den Parameter angehängt wird, z.B. *'text_line_structure_0'*, *'text_line_structure_1'*. Wenn *'text_line_structure'* auf einen leeren String *' '* gesetzt ist, kann der zu findende Texte aus jeder beliebigen Struktur bestehen.
Jede gefundene Struktur wird als einzelne Zeile gespeichert. Folglich bezieht sich dann 'line' in `get_text_object` auf die gefundenen Strukturen. Soll stattdessen die komplette Zeile zurückgeliefert werden, die eine Struktur enthält, kann *'return_whole_line'* auf *'true'* gesetzt werden.
Default: *' '*

'text_line_separators': String von Trennzeichen, die bei der Suche nach Strukturen vernachlässigt werden sollen, siehe *'text_line_structure'*. Hierbei ist zu beachten, dass ein solches Trennzeichen immer auch im Klassifikator enthalten sein muss. Sollen z.B. die Zeichen *':'* und *'\'* als Trennzeichen behandelt werden, kann der String *':\\'* übergeben werden. Hierbei ist zu beachten, dass ein vorangestelltes *'\'* jedes Symbol escaped um es als Literal zu verwenden. Um *'\'* als Trennzeichen zu verwenden, muss somit *'\\'* verwendet werden.
Wertevorschläge: *'/'*, *':'*, *':\\'*, *':\\/:'*
Default: *' '*

'return_whole_line': *'true'* falls nur die gefundenen Strukturen als Zeilen zurückgegeben werden sollen, *'false'* falls jede Zeile, die eine passende Struktur enthält komplett zurückgegeben werden soll.
Werteliste: *'true'*,*'false'*
Default: *'false'*

– **OCR Klassifikator**

'ocr_classifier': OCR Klassifikator, der für die Textsegmentierung und Klassifikation verwendet wird. Ein initialer Klassifikator wird bereits bei der Erstellung des Textmodells gesetzt. Siehe `create_text_model_reader` für weitere Informationen.

'num_classes': Anzahl der zu bestimmenden besten Klassen für jeden Buchstaben. (Falls zum Beispiel *'num_classes'* auf 2 gesetzt wird, speichert `find_text` für jeden Buchstaben die Klasse mit der höchsten und der zweithöchsten erreichten Konfidenz ab). Die entsprechenden Klassen können anschließend mit `get_text_result` abgefragt werden. Falls der Wert *'num_classes'* die Anzahl der Klassen des im Textmodell gespeicherten Klassifikators überschreitet, wird *'num_classes'* intern entsprechend reduziert. Die tatsächlich verwendete Anzahl von Klassen kann mittels `get_text_result` abgefragt werden. Für Klassifikatoren mit Rückweisungsklasse sollte *'num_classes'* mindestens 2 sein, um auf das zweitbeste Klassifikationsergebnis zurückgreifen zu können, falls ein Buchstabe als Rückweisungsklasse erkannt wurde.
Default: *2*
Restriktion: Integer größer oder gleich *1*.

- **Parameter für Textmodelle mit Mode = 'manual'**

'manual_char_height': Höhe eines Buchstabens in Pixel. Dieser Wert bezieht sich auf einen Großbuchstaben.
Default: *30*

'manual_char_width': Breite eines Buchstabens in Pixel. Dieser Wert bezieht sich auf einen Großbuchstaben.
Default: *20*

'manual_stroke_width': Strichbreite eines Buchstabens in Pixel.
Default: *4.0*

'manual_base_line_tolerance': Maximale Abweichung der Buchstaben von der Grundlinie einer Zeile in Prozent der Buchstabenhöhe.
Default: *0.15*

'manual_polarity': *'dark_on_light'* wenn der zu segmentierende Text dunkler ist als sein Hintergrund, ansonsten *'light_on_dark'*.
Default: *'dark_on_light'*

'manual_uppercase_only': *'true'* wenn der zu segmentierende Text nur Großbuchstaben oder Zahlen enthält, ansonsten *'false'*.
Default: *'false'*

'manual_is_dotprint': *'true'* wenn der zu segmentierende Text ein Punktdruck ist, ansonsten *'false'*.
Default: *'false'*

'manual_is_imprinted': *'true'* wenn der zu segmentierende Text sehr viele lokale Änderungen der Polarität aufgrund von Reflexionen enthält, ansonsten *'false'*.
Default: *'false'*

'manual_eliminate_horizontal_lines': *'true'* wenn sich Linien in der Nähe des zu segmentierenden Textes befinden, ansonsten *'false'*.
Default: *'false'*

'manual_eliminate_border_blobs': *'true'* wenn Regionen, die den Rand der Bilddomäne berühren verworfen werden sollen, ansonsten *'false'*.
Default: *'false'*

'manual_max_line_num': Maximale Anzahl zu findender Zeilen. Null oder ein negativer Wert impliziert keine Begrenzung. Wird *'manual_max_line_num'* auf einen kleinen Wert gesetzt, kann dies einen positiven Einfluss auf die Laufzeit von `find_text` haben.
Default: ohne Begrenzung

'manual_return_punctuation': *'true'* wenn Interpunktionszeichen (wie Punkt oder Komma) zu den segmentierten Buchstaben hinzugefügt werden sollen.
Default: *'true'*

'manual_return_separators': *'true'* wenn Trennzeichen wie ein Minus oder das Gleichheitszeichen zu den segmentierten Buchstaben hinzugefügt werden sollen.
Default: *'true'*

'manual_add_fragments': *'true'* wenn Fragmente wie der Punkt auf einem 'i' zu den segmentierten Buchstaben hinzugefügt werden sollen. Das kann auch dazu führen, dass Störungen zu den segmentierten Buchstaben hinzugefügt werden.
Default: *'true'*

'manual_fragment_size_min': minimale Größe von Fragmenten die hinzugefügt werden, sofern *'manual_add_fragments'* auf *'true'* gesetzt ist.
Default: *1*

'manual_text_line_structure': legt die Struktur des zu findenden Textes fest um den Suchraum zu verkleinern und falsche Treffer zu vermeiden. Die Struktur besteht aus einem String, der die Anzahl der Buchstaben/Ziffern pro Buchstabenblock enthält, welche durch Leerzeichen getrennt sind. Soll zum Beispiel ein Datum mit jeweils zwei Ziffern für Tag, Monat und Jahr gefunden werden, wäre die Struktur '2 2 2'. Kann das Jahr auch aus vier Ziffern bestehen, wäre die Struktur '2 2 2-4', so dass der letzte Block aus zwei bis vier Buchstaben/Ziffern bestehen kann. Es ist möglich mehr als eine Struktur zu setzen, indem ein Index an den Parameter angehängt wird, z.B. *'manual_text_line_structure_0'*, *'manual_text_line_structure_1'*. Wenn *'manual_text_line_structure'* auf einen leeren String *' '* gesetzt ist, kann der zu findende Texte aus jeder beliebigen Struktur bestehen.
Default: *' '*

'manual_persistence': *'true'* wenn ausgewählte Zwischenergebnisse in der Ausgabe von `find_text` vorgehalten werden sollen, damit sie später mittels `get_text_result` oder `get_text_object` abgefragt werden können.

Parameter

▷ **`TextModel`** (input_control) ..... text_model ⇝ *handle*
Textmodell.

▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Zu setzende Parameter.
Default: 'min_contrast'
Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'add_fragments', 'dot_print', 'dot_print_max_dot_gap',

'dot_print_min_char_gap', 'dot_print_tight_char_spacing', 'eliminate_border_blobs', 'max_char_height', 'max_char_width', 'max_stroke_width', 'min_char_height', 'min_char_width', 'min_contrast', 'min_stroke_width', 'num_classes', 'ocr_classifier', 'polarity', 'return_punctuation', 'return_separators', 'return_whole_line', 'separate_touching_chars', 'text_line_separators', 'text_line_structure', 'text_line_structure_0', 'text_line_structure_1', 'text_line_structure_2', 'manual_add_fragments', 'manual_base_line_tolerance', 'manual_char_height', 'manual_char_width', 'manual_eliminate_border_blobs', 'manual_eliminate_horizontal_lines', 'manual_fragment_size_min', 'manual_is_dotprint', 'manual_is_imprinted', 'manual_max_line_num', 'manual_persistence', 'manual_polarity', 'manual_return_punctuation', 'manual_return_separators', 'manual_stroke_width', 'manual_text_line_structure', 'manual_text_line_structure_0', 'manual_text_line_structure_1', 'manual_text_line_structure_2', 'manual_uppercase_only'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *integer* / real / string
Werte der Parameter.
Default: 10
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'true', 'false', 'dark_on_light', 'light_on_dark', 'both', 'auto', 'standard', 'enhanced'}

Beispiel

```
read_image (Image, 'numbers_scale')
create_text_model_reader ('auto', 'Document_Rej.omc', TextModel)
* Optionally specify text properties
set_text_model_param (TextModel, 'min_char_height', 20)
find_text (Image, TextModel, TextResultID)
* Return character regions and corresponding classification results
get_text_object (Characters, TextResultID, 'all_lines')
get_text_result (TextResultID, 'class', Class)
```

Ergebnis

Sind alle Eingabeparameter korrekt, gibt set_text_model_param den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- TextModel

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_text_model_reader

Nachfolger

find_text

Siehe auch

get_text_model_param

Modul

OCR/OCV

text_line_orientation (Region, Image : : CharHeight, OrientationFrom, OrientationTo : OrientationAngle)

Bestimmen der Orientierung einer Textzeile oder eines Textabschnittes.

text_line_orientation bestimmt die Orientierung einer Textzeile oder eines Textabschnitts in Bezug auf die Bildhorizontale.

Der Parameter Region gibt an, in welchem Bereich des Bildes die Textzeilen liegen. Er dient lediglich zum Einschränken des Verarbeitungsbereichs. Innerhalb dieser Region werden die Grauwerte zur Bestimmung der Orientierung verwendet. Die Textzeilen werden vom Operator selbst segmentiert. Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Zahlenwerte des Orientierungswinkels in einem Tupel abgespeichert, wobei die Position eines Wertes in dem Tupel der Position der Region im Eingabetupel entspricht.

CharHeight gibt die ungefähre Höhe der Textzeilen im Bereich Region an. Hierbei wird angenommen, dass die Textzeilen dunkler sind als der Hintergrund.

Durch OrientationFrom und OrientationTo kann der Suchbereich eingeschränkt werden, womit auch die Laufzeit von text_line_orientation beeinflusst wird.

Mit Hilfe des berechneten Winkels OrientationAngle und Operatoren wie affine_trans_image kann der Bereich Region des Bildes Image so gedreht werden, dass die Textzeilen wieder horizontal im Bild erscheinen. Dies vereinfacht möglicherweise die Zeichensegmentierung für OCR-Anwendungen.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Bildbereich der Textzeilen.
- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **CharHeight** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Höhe der Textzeilen.
  Default: 25
  Wertebereich: 1 ≤ CharHeight
  Restriktion: CharHeight >= 1
- ▷ **OrientationFrom** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Minimale Rotation der Textzeilen.
  Default: -0.523599
  Wertebereich: -3.141593 ≤ OrientationFrom ≤ 3.141593
  Restriktion: OrientationFrom <= OrientationTo
- ▷ **OrientationTo** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Maximale Rotation der Textzeilen.
  Default: 0.523599
  Wertebereich: -3.141593 ≤ OrientationTo ≤ 3.141593
  Restriktion: OrientationFrom <= OrientationTo && OrientationTo < OrientationFrom + pi
- ▷ **OrientationAngle** (output_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Berechnete Rotationswinkel der Textzeilen.

Beispiel

```
read_image(Image,'letters')
text_line_orientation(Image,Image,50,rad(-80),rad(80),OrientationAngle)
rotate_image(Image,ImageRotate,-OrientationAngle/rad(180)*180,'constant')
```

Ergebnis

Sind die Eingabeparameter korrekt besetzt, dann liefert text_line_orientation den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

rotate_image, affine_trans_image, affine_trans_image_size

Modul

Foundation

text_line_slant (Region, Image : : CharHeight, SlantFrom, SlantTo : SlantAngle)

Bestimmen der Neigung von Zeichen einer Textzeile oder eines Textabschnitts.

text_line_slant bestimmt die Neigung der Zeichen einer Textzeile oder eines Textabschnitts.

Der Parameter Region gibt an, in welchem Bereich des Bildes die Textzeilen liegen. Sie dient lediglich zum Einschränken des Verarbeitungsbereichs. Innerhalb dieser Region werden die Grauwerte zur Bestimmung des Neigungswinkels verwendet. Die Textzeilen werden vom Operator selbst segmentiert. Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Zahlenwerte des Neigungswinkels in einem Tupel abgespeichert, wobei die Position eines Wertes in dem Tupel der Position der Region im Eingabetupel entspricht.

CharHeight gibt die ungefähre Höhe der Textzeilen im Bereich Region an. Hierbei wird angenommen, dass die Textzeilen dunkler sind als der Hintergrund.

Durch SlantFrom und SlantTo kann der Suchbereich eingeschränkt werden, womit auch die Laufzeit von text_line_slant beeinflusst wird.

Mit Hilfe des berechneten Winkels SlantAngle und den Operatoren zur affinen Transformation kann die Neigung der Zeichen entfernt werden. Dies vereinfacht möglicherweise die Trennung von Zeichen für OCR-Anwendungen. Damit das Verfahren funktioniert, müssen alle Zeichen einer Region eine ähnliche Neigung besitzen.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Bildbereich der Textzeilen.
- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **CharHeight** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Höhe der Textzeilen.
  Default: 25
  Wertebereich: 1 ≤ CharHeight
- ▷ **SlantFrom** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Minimale Neigung der Zeichen
  Default: -0.523599
  Wertebereich: -0.785398 ≤ SlantFrom ≤ 0.785398
  Restriktion: SlantFrom <= SlantTo
- ▷ **SlantTo** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Maximale Neigung der Zeichen
  Default: 0.523599
  Wertebereich: -0.785398 ≤ SlantTo ≤ 0.785398
  Restriktion: SlantFrom <= SlantTo
- ▷ **SlantAngle** (output_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Berechnete Neigungswinkel der Zeichen in der Region

Beispiel

```
hom_mat2d_identity(HomMat2DIdentity)
read_image(Image,'dot_print_slanted')
* correct slant
text_line_slant(Image,Image,50,rad(-45),rad(45),SlantAngle)
hom_mat2d_slant(HomMat2DIdentity,-SlantAngle,'x',0,0,HomMat2DSlant)
affine_trans_image(Image,Image,HomMat2DSlant,'constant','true')
```

Ergebnis

Sind die Eingabeparameter korrekt besetzt, dann liefert text_line_slant den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

hom_mat2d_slant, affine_trans_image, affine_trans_image_size

Modul

Foundation

21.7 Support-Vektor-Maschinen

clear_ocr_class_svm (: : OCRHandle :)

Löschen eines auf SVM basierenden OCR-Klassifikators.

clear_ocr_class_svm löscht den durch OCRHandle angegebenen OCR-Klassifikator und gibt sämtlichen für den Klassifikator benötigten Speicher frei. Der Klassifikator kann nach dem Aufruf von clear_ocr_class_svm nicht mehr verwendet werden. Der Handle OCRHandle ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **OCRHandle** (input_control) ..... ocr_svm(-array) ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

Ergebnis

Falls OCRHandle korrekt ist, liefert clear_ocr_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- OCRHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

do_ocr_single_class_svm, do_ocr_multi_class_svm

Siehe auch

create_ocr_class_svm, read_ocr_class_svm, write_ocr_class_svm, trainf_ocr_class_svm

Modul

OCR/OCV

create_ocr_class_svm (: : WidthCharacter, HeightCharacter, Interpolation, Features, Characters, KernelType, KernelParam, Nu, Mode, Preprocessing, NumComponents : OCRHandle)

Erzeugen eines OCR-Klassifikators unter Verwendung einer Support-Vektor-Maschine.

create_ocr_class_svm erzeugt einen OCR-Klassifikator unter Verwendung einer Support-Vektor-Maschine (SVM). Der Handle des OCR-Klassifikators wird in OCRHandle zurückgegeben.

Für eine Beschreibung der Funktionsweise einer SVM siehe create_class_svm. create_ocr_class_svm erzeugt eine SVM für die Klassifikation mit dem Modus Mode. Die Länge

des Merkmalsvektors der SVM (NumFeatures in create_class_svm) wird aus den für die OCR zu verwendenden Merkmalen, die in Features übergeben werden, festgelegt. Die Merkmale sind unten beschrieben. Die Kernelfunktion und ihre Parametrisierung wird in KernelType, KernelParam und Nu analog zu create_class_svm angegeben. Die Anzahl der Klassen der SVM (NumClasses in create_class_svm) wird aus den für die OCR zu verwendenden Namen der Zeichen, die in Characters übergeben werden, festgelegt. Wie bei create_class_svm beschrieben, kann mit Preprocessing und NumComponents eine Vorverarbeitung der Daten (Merkmalsvektoren) festgelegt werden. Um die numerische Stabilität zu erhöhen, soll hier im Normalfall *'normalization'* angegeben werden. Um die Klassifikationszeit zu beschleunigen, eignet sich insbesondere *'principal_components'*, da die Anzahl der Eingabefeatures in den Klassifikator deutlich reduziert werden kann, ohne dass sich die Erkennungsrate verschlechtert.

Die zur Klassifikation zu verwendenden Merkmale werden in Features angegeben. Dabei kann Features ein Tupel mit mehreren Merkmalsnamen beinhalten. Jeder dieser Merkmalsnamen führt zur Berechnung von einem oder mehreren Merkmalen für den Klassifikator. Einige der Merkmalsnamen erzeugen Grauwertmerkmale (z.B. *'pixel_invar'*). Da ein Klassifikator immer eine konstante Anzahl von Merkmalen (Eingabevariablen) benötigt, wird ein zu klassifizierendes Zeichen auf eine Standardgröße transformiert, die durch WidthCharacter und HeightCharacter festgelegt wird. Die bei der Transformation anzuwendende Interpolation wird mit Interpolation festgelegt. Sie hat dieselbe Bedeutung wie bei affine_trans_image. Die Interpolation sollte so gewählt werden, dass bei der Transformation keine Aliasing-Effekte auftreten. Im Normalfall sollte Interpolation = *'constant'* verwendet werden. Bei der Wahl der Größe des transformierten Zeichens ist zu beachten, dass die Größe nicht zu groß gewählt wird, da die Generalisierungseigenschaften des Klassifikators sonst sehr schlecht werden können. Insbesondere können bei großen Größen kleine Segmentierungsfehler einen großen Einfluss auf die berechneten Merkmale haben, wenn Grauwertmerkmale verwendet werden, da sich durch die Segmentierungsfehler das umschließende Rechteck des Zeichens ändern kann, was dazu führt, dass das Zeichen anders als trainiert skaliert wird. Im Normalfall sollten Größen zwischen 6×8 und 10×14 verwendet werden.

Mit Features können die folgenden Merkmalsnamen zur Erkennung der Zeichen ausgewählt werden.

'default' *'ratio'* und *'pixel_invar'* werden ausgewählt.

'pixel' Grauwerte des Zeichens (WidthCharacter × HeightCharacter Merkmale).

'pixel_invar' Grauwerte des Zeichens mit automatischer maximaler Grauwertspreizung (WidthCharacter × HeightCharacter Merkmale).

'pixel_binary' Region des Zeichens als Binärbild auf eine Größe von WidthCharacter × HeightCharacter skaliert. (WidthCharacter × HeightCharacter Merkmale).

'gradient_8dir' Die Gradienten des Zeichens werden berechnet. Die Gradientenrichtungen werden in 8 Richtungen diskretisiert. Das Amplitudenbild wird entsprechend der diskretisierten Richtungen in 8 Kanäle aufgeteilt. In jedem der 8 Kanäle werden auf einem 5×5 Gitter Stichproben entnommen. Diese Stichproben bilden die Merkmale (200 Merkmale).

'projection_horizontal' Horizontale Projektion der Grauwerte (siehe gray_projections, HeightCharacter Merkmale).

'projection_horizontal_invar' Horizontale Projektion der Grauwerte, die maximal gespreizt sind (HeightCharacter Merkmale).

'projection_vertical' Vertikale Projektion der Grauwerte (siehe gray_projections, WidthCharacter Merkmale).

'projection_vertical_invar' Vertikale Projektion der Grauwerte, die maximal gespreizt sind (WidthCharacter Merkmale).

'ratio' Seitenverhältnis des Zeichens (siehe height_width_ratio, 1 Merkmal).

'anisometry' Formmerkmal Anisometrie (siehe eccentricity, 1 Merkmal).

'width' Breite des Zeichens vor der Normierung auf die Standardgröße (nicht skalierungsinvariant, siehe height_width_ratio, 1 Merkmal).

'height' Höhe des Zeichens vor der Normierung auf die Standardgröße (nicht skalierungsinvariant, siehe height_width_ratio, 1 Merkmal).

'zoom_factor' Größenunterschied zwischen aktuellem Zeichen und den Werten von WidthCharacter und HeightCharacter (nicht skalierungsinvariant, 1 Merkmal).

'foreground' Relativer Anteil der Vordergrund-Pixel (1 Merkmal).

'foreground_grid_9' Relativer Anteil der Vordergrund-Pixel in einem 3×3 Raster innerhalb des umschließenden Rechtecks des Zeichens (9 Merkmale).

'foreground_grid_16' Relativer Anteil der Vordergrund-Pixel in einem 4×4 Raster innerhalb des umschließenden Rechtecks des Zeichens (16 Merkmale).

'compactness' Formmerkmal Kompaktheit (siehe `compactness`, 1 Merkmal).

'convexity' Formmerkmal Konvexität (siehe `convexity`, 1 Merkmal).

'moments_region_2nd_invar' Normierte zweite geometrische Momente der Region (siehe `moments_region_2nd_invar`, 3 Merkmale).

'moments_region_2nd_rel_invar' Normierte zweite relative geometrische Momente der Region (siehe `moments_region_2nd_rel_invar`, 2 Merkmale).

'moments_region_3rd_invar' Normierte dritte geometrische Momente der Region (siehe `moments_region_3rd_invar`, 4 Merkmale).

'moments_central' Normierte zentrale geometrische Momente der Region (siehe `moments_region_central`, 4 Merkmale).

'moments_gray_plane' Normierte Grauwertmomente und die Winkel der Grauwertebene (siehe `moments_gray_plane`, 4 Merkmale)

'phi' Orientierung (Winkel) des Zeichens (siehe `elliptic_axis`, 1 Merkmal).

'num_connect' Anzahl der Zusammenhangskomponenten (siehe `connect_and_holes`, 1 Merkmal).

'num_holes' Anzahl der Hohlflächen (siehe `connect_and_holes`, 1 Merkmal).

'cooc' Werte der binären Cooccurrence-Matrix (siehe `gen_cooc_matrix`, 12 Merkmale).

'num_runs' Anzahl der Sehnen der Region normiert auf die Höhe (1 Merkmal).

'chord_histo' Häufigkeit der Sehnen pro Zeile (nicht skalierungsinvariant, `HeightCharacter` Merkmale).

Nachdem der Klassifikator erzeugt wurde, wird er mit `trainf_ocr_class_svm` trainiert. Daraufhin kann der Klassifikator mit `write_ocr_class_svm` abgespeichert werden. Alternativ können auch sofort nach dem Training Zeichen mit `do_ocr_single_class_svm` oder `do_ocr_multi_class_svm` klassifiziert werden.

Ein Vergleich zwischen SVM und mehrschichtigem Perzeptron (engl.: multilayer perceptron, MLP; siehe `create_ocr_class_mlp`) zeigt typischerweise, dass SVMs generell schneller trainiert werden, insbesondere bei großen Trainingsdatensätzen, und eine leicht verbesserte Erkennungsrate haben. Das MLP weist schnellere Klassifikationszeiten auf und sollte daher in zeitkritischen Anwendungen verwendet werden. Es ist zu beachten, dass der Vergleich von optimal abgestimmten Parametern ausgeht.

Parameter

▷ **`WidthCharacter`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Breite des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
Default: 8
Wertevorschläge: `WidthCharacter` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 20}
Wertebereich: $4 \leq$ `WidthCharacter` ≤ 20

▷ **`HeightCharacter`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Höhe des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
Default: 10
Wertevorschläge: `HeightCharacter` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 20}
Wertebereich: $4 \leq$ `HeightCharacter` ≤ 20

▷ **`Interpolation`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Interpolationsmodus bei der Skalierung der Zeichen.
Default: 'constant'
Werteliste: `Interpolation` ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic', 'constant', 'weighted'}

▷ **`Features`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Merkmale, die zur Klassifikation verwendet werden.
Default: 'default'
Werteliste: `Features` ∈ {'default', 'pixel', 'pixel_invar', 'pixel_binary', 'gradient_8dir', 'projection_horizontal', 'projection_horizontal_invar', 'projection_vertical', 'projection_vertical_invar', 'ratio', 'anisometry', 'width', 'height', 'zoom_factor', 'foreground', 'foreground_grid_9', 'foreground_grid_16', 'compactness', 'convexity', 'moments_region_2nd_invar', 'moments_region_2nd_rel_invar', 'moments_region_3rd_invar', 'moments_central', 'moments_gray_plane', 'phi', 'num_connect', 'num_holes', 'cooc', 'num_runs', 'chord_histo'}

▷ **Characters** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Alle Zeichen des zu lesenden Zeichensatzes.
Default: ['0','1','2','3','4','5','6','7','8','9']

▷ **KernelType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art des Kernels.
Default: 'rbf'
Werteliste: KernelType ∈ {'linear', 'rbf', 'polynomial_inhomogeneous', 'polynomial_homogeneous'}

▷ **KernelParam** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Zusätzlicher Parameter für die Kernelfunktion.
Default: 0.02
Wertevorschläge: KernelParam ∈ {0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.5}

▷ **Nu** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Regularisierungskonstante der SVM.
Default: 0.05
Wertevorschläge: Nu ∈ {0.0001, 0.001, 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3}
Restriktion: Nu > 0.0 && Nu < 1.0

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Modus der SVM.
Default: 'one-versus-one'
Werteliste: Mode ∈ {'one-versus-all', 'one-versus-one'}

▷ **Preprocessing** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Vorverarbeitung (Transformation) der Merkmalsvektoren.
Default: 'normalization'
Werteliste: Preprocessing ∈ {'none', 'normalization', 'principal_components', 'canonical_variates'}

▷ **NumComponents** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Parameter der Vorverarbeitung: Anzahl der transformierten Merkmale (ignoriert bei Preprocessing = *'none'* und Preprocessing = *'normalization'*).
Default: 10
Wertevorschläge: NumComponents ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100}
Restriktion: NumComponents >= 1

▷ **OCRHandle** (output_control) . . . . . ocr_svm ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

Beispiel

```
read_image (Image, 'letters')
* Segment the image.
binary_threshold(Image,&Region, 'otsu', 'dark', &UsedThreshold);
dilation_circle (Region, RegionDilation, 3.5)
connection (RegionDilation, ConnectedRegions)
intersection (ConnectedRegions, Region, RegionIntersection)
sort_region (RegionIntersection, Characters, 'character', 'true', 'row')
* Generate the training file.
count_obj (Characters, Number)
Classes := []
for J := 0 to 25 by 1
    Classes := [Classes,gen_tuple_const(20,chr(ord('a')+J))]
endfor
Classes := [Classes,gen_tuple_const(20,'.')]
write_ocr_trainf (Characters, Image, Classes, 'letters.trf')
* Generate and train the classifier.
read_ocr_trainf_names ('letters.trf', CharacterNames, CharacterCount)
create_ocr_class_svm (8, 10, 'constant', 'default', CharacterNames, \
                      'rbf', 0.01, 0.01, 'one-versus-all', \
                      'principal_components', 10, OCRHandle)
trainf_ocr_class_svm (OCRHandle, 'letters.trf', 0.001, 'default')
* Re-classify the characters in the image.
do_ocr_multi_class_svm (Characters, Image, OCRHandle, Class)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_ocr_class_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`trainf_ocr_class_svm`

Alternativen

`create_ocr_class_mlp`

Siehe auch

`do_ocr_single_class_svm`, `do_ocr_multi_class_svm`, `clear_ocr_class_svm`, `create_class_svm`, `train_class_svm`, `classify_class_svm`

Modul

OCR/OCV

deserialize_ocr_class_svm (: : SerializedItemHandle : OCRHandle)

Deserialisieren eines serialisierten SVM-basierten OCR-Klassifikators.

`deserialize_ocr_class_svm` deserialisiert einen SVM-basierten OCR-Klassifikator, welcher mit `serialize_ocr_class_svm` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Der serialisierte OCR-Klassifikator wird in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einem dafür automatisch erzeugten OCR-Klassifikator mit dem Handle `OCRHandle` gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **OCRHandle** (output_control) ..... ocr_svm ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_ocr_class_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_ocr_class_svm`

Nachfolger

`do_ocr_single_class_svm`, `do_ocr_multi_class_svm`

Siehe auch

`create_ocr_class_svm`, `write_ocr_class_svm`, `read_class_svm`, `write_class_svm`, `serialize_ocr_class_svm`

Modul

OCR/OCV

do_ocr_multi_class_svm (Character, Image : : OCRHandle : Class)

Klassifikation mehrerer Zeichen mit einem auf SVM basierenden OCR-Klassifikator.

do_ocr_multi_class_svm berechnet mit dem durch OCRHandle gegebenen OCR-Klassifikator zu den durch die Regionen Character und die Grauwerte Image gegebenen Zeichen die jeweils beste Klasse und gibt die Klassen in Class zurück. Im Gegensatz zu do_ocr_single_class_svm kann do_ocr_multi_class_svm also mehrere Zeichen gleichzeitig klassifizieren und ist damit typischerweise schneller als eine Schleife, die do_ocr_single_class_svm zur Klassifikation einzelner Zeichen verwendet. Allerdings kann do_ocr_multi_class_svm nur die beste Klasse des jeweiligen Zeichens zurückliefern. Der OCR-Klassifikator muss vor der Verwendung von do_ocr_multi_class_svm mit trainf_ocr_class_svm trainiert werden.

Parameter

- ▷ **Character** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu erkennende Zeichen.
- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object* : byte / uint2
  Grauwerte der Zeichen.
- ▷ **OCRHandle** (input_control) ..... ocr_svm ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.
- ▷ **Class** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Ergebnis der Klassifikation der Zeichen durch die SVM.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert do_ocr_multi_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

trainf_ocr_class_svm, read_ocr_class_svm

Alternativen

do_ocr_single_class_svm

Siehe auch

create_ocr_class_svm, classify_class_svm

Modul

OCR/OCV

do_ocr_single_class_svm (Character, Image : : OCRHandle,
Num : Class)

Klassifikation eines Zeichens mit einem auf SVM basierenden OCR-Klassifikator.

do_ocr_single_class_svm berechnet mit dem durch OCRHandle gegebenen auf SVM basierendem OCR-Klassifikator zu dem durch die Region Character und die Grauwerte Image gegebenen Zeichen die Num besten Klassen und gibt die Klassen in Class zurück. Da potentiell mehrere Klassen zurückgeliefert werden können, darf Character nur eine Region (ein Zeichen) enthalten. Falls mehrere Zeichen in einem Aufruf klassifiziert werden sollen, muss do_ocr_multi_class_svm verwendet werden. Der OCR-Klassifikator muss vor der Verwendung von do_ocr_single_class_svm mit trainf_ocr_class_svm trainiert werden.

Parameter

- ▷ **Character** (input_object) . . . . . region ⇝ *object*
  Zu erkennendes Zeichen.
- ▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object* : byte / uint2
  Grauwerte des Zeichens.
- ▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_svm ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.
- ▷ **Num** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Anzahl der zu bestimmenden besten Klassen.
  Default: 1
  Wertevorschläge: Num ∈ {1, 2, 3, 4, 5}
- ▷ **Class** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Ergebnis der Klassifikation des Zeichens durch die SVM.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert do_ocr_single_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

trainf_ocr_class_svm, read_ocr_class_svm

Alternativen

do_ocr_multi_class_svm

Siehe auch

create_ocr_class_svm, classify_class_svm

Modul

OCR/OCV

do_ocr_word_svm (Character, Image : : OCRHandle, Expression, NumAlternatives, NumCorrections : Class, Word, Score)

Klassifikation einer Zeichengruppe mit einem OCR-Klassifikator.

do_ocr_word_svm verhält sich wie do_ocr_multi_class_svm, indem es mit dem durch OCRHandle gegebenen OCR-Klassifikator zu den durch die Regionen Character und die Grauwerte Image gegebenen Zeichen die jeweils beste Klasse berechnet und diese in Class zurückgibt.

Im Gegensatz zu do_ocr_multi_class_svm behandelt do_ocr_word_svm die Zeichengruppe als eine Einheit, die durch Aneinanderhängen von Klassennamen für jedes einzelne Zeichen ein Wort Word liefert. Dies ermöglicht die Einschränkung der erlaubten Klassifikationsergebnisse auf Textebene durch Angabe eines Ausdrucks Expression, der das erwartete Wort beschreibt.

Ein Ausdruck kann das Wort auf ein festes Lexikon, welches zuvor durch create_lexicon oder import_lexicon erzeugt wurde, einschränken, indem der Name des Lexikons in spitzen Klammern wie in *'<meinlexikon>'* angegeben wird. Ist der Ausdruck nicht von dieser Form, so wird er als regulärer Ausdruck mit derselben Syntax wie für tuple_regexp_match interpretiert. Bei Verwendung von Quantifikatoren wie '*' sollte man normalerweise mit einem Ausdruck der Form '^...$' dafür sorgen, dass das gesamte Wort verwendet wird.

Im Gegensatz zu tuple_regexp_match erlaubt do_ocr_word_svm **keine** Angabe von zusätzlichen Optionen für Expression in einem Tupel.

Falls das aus den jeweils besten Klassen abgeleitete Wort dem Ausdruck nicht genügt, versucht do_ocr_word_svm eine Korrektur durch Berücksichtigung der NumAlternatives besten Klassen für jedes Zeichen, so wie sie von do_ocr_single_class_svm für ein einzelnes Zeichen bestimmt werden. Hierzu

werden alle möglichen Korrekturen ausprobiert, bei denen die Klassifikation von höchstens NumCorrections Zeichenregionen geändert wird. Zu beachten ist hierbei, dass NumAlternatives und NumCorrections Auswirkungen auf die Komplexität des Algorithmus haben und daher in manchen Fällen intern beschränkt werden müssen. Für weitere Informationen siehe den Abschnitt 'Komplexität' weiter unten.

Falls der Ausdruck ein Lexikon beschreibt und die obige Prozedur nicht zum Erfolg führte, so wird das ähnlichste Wort aus dem Lexikon zurückgegeben, solange für die Korrektur weniger als NumCorrections Editieroperationen benötigt werden (siehe suggest_lexicon).

Das Ergebnis wird mit einem Score zwischen 0.0 (keine Korrektur gefunden) und 1.0 (ursprüngliches Wort war schon korrekt) bewertet. Verringert wird der Score durch das Anbringen einer Strafe entsprechend der Anzahl korrigierter Zeichen und einer (kleineren) Strafe für das Ignorieren besserer Klassen um um einen Ausdruck Expression zu erhalten:

$$\texttt{Score} = 1.0 - \texttt{PenaltyCorrections} - \texttt{PenaltyAlternatives}$$

$$\begin{aligned} \texttt{PenaltyCorrections} &= \alpha * \texttt{num_corr} \\ \texttt{PenaltyAlternatives} &= \alpha * \beta * \texttt{num_alt} \end{aligned}$$

wobei num_corr die Anzahl tatsächlich angebrachter Korrekturen und num_alt die Anzahl ignorierter Alternativen ist.

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{1}{\texttt{NumCorrections} + 1} \\ \beta &= \frac{1}{\texttt{NumCorrections} * (\texttt{NumAlternatives} - 1) + 2} \end{aligned}$$

Parameter

- ▷ **Character** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu erkennende Zeichen.
- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Grauwerte der Zeichen.
- ▷ **OCRHandle** (input_control) ..... ocr_svm ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.
- ▷ **Expression** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Ausdruck, der die erlaubte Wortstruktur beschreibt
- ▷ **NumAlternatives** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Klassen pro Zeichen, die für die interne Wortkorrektur berücksichtigt werden.
  Default: 3
  Wertevorschläge: NumAlternatives ∈ {3, 4, 5}
  Wertebereich: 1 ≤ NumAlternatives
- ▷ **NumCorrections** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Maximale Anzahl der korrigierten Zeichen.
  Default: 2
  Wertevorschläge: NumCorrections ∈ {1, 2, 3, 4, 5}
  Wertebereich: 0 ≤ NumCorrections
- ▷ **Class** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Ergebnis der Klassifikation der Zeichen durch die SVM.
  Parameteranzahl: Class == Character
- ▷ **Word** (output_control) ..... string ⇝ *string*
  Text des Wortes nach Klassifikation und Korrektur.
- ▷ **Score** (output_control) ..... real ⇝ *real*
  Ähnlichkeitsmaß von korrigiertem Wort zum Original.

Komplexität

Die Komplexität des Prüfens aller möglichen Korrekturen hat die Größenordnung $O((n*a)^{min(c,n)})$, wobei a die Anzahl der Alternativen, n die Anzahl der Zeichenregionen und c die Anzahl der erlaubten Korrekturen ist. Als Absicherung gegen quasi-unendliche Schleifen im Falle von großem n wird der Wert von c intern beschränkt auf 5, 3, oder 1, falls $a*n >= 30$, 60, bzw. 90.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `do_ocr_word_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`trainf_ocr_class_svm`, `read_ocr_class_svm`

Alternativen

`do_ocr_multi_class_svm`

Siehe auch

`create_ocr_class_svm`, `classify_class_svm`

Modul

OCR/OCV

get_features_ocr_class_svm (Character : : OCRHandle, Transform : Features)

Berechnung der Merkmale eines Zeichens.

`get_features_ocr_class_svm` berechnet die Merkmale des Zeichens, das durch `Character` angegeben wird, mit dem OCR-Klassifikator `OCRHandle` und gibt sie in `Features` zurück. Im Gegensatz zu `do_ocr_single_class_svm` und `do_ocr_multi_class_svm` wird das Zeichen als ein Bildobjekt angegeben. Vor der Verwendung von `get_features_ocr_class_svm` muss also `reduce_domain` aufgerufen werden. Der Parameter `Transform` legt fest, ob die im Klassifikator durch `Preprocessing` in `create_ocr_class_svm` festgelegte Merkmalstransformation angewendet werden soll (`Transform` = *'true'*) oder ob die untransformierten Merkmale zurückgegeben werden sollen (`Transform` = *'false'*). `get_features_ocr_class_svm` kann dazu verwendet werden, die zur Klassifikation verwendeten Merkmale zu inspizieren.

Parameter

▷ **Character** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object* : byte / uint2
Eingabezeichen.

▷ **OCRHandle** (input_control) ..... ocr_svm ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **Transform** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Soll der Merkmalsvektor mit der Vorverarbeitung transformiert werden?
Default: 'true'
Werteliste: `Transform` ∈ {'true', 'false'}

▷ **Features** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Merkmalsvektor des Zeichens.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_features_ocr_class_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`trainf_ocr_class_svm`

Siehe auch

`create_ocr_class_svm`

Modul

OCR/OCV

get_params_ocr_class_svm (: : OCRHandle : WidthCharacter, HeightCharacter, Interpolation, Features, Characters, KernelType, KernelParam, Nu, Mode, Preprocessing, NumComponents)

Auslesen der Parameter eines OCR-Klassifikators.

`get_params_ocr_class_svm` gibt die Parameter des durch `OCRHandle` angegebenen OCR-Klassifikators, die bei der Erzeugung mit `create_ocr_class_svm` verwendet wurden, zurück. Dies ist insbesondere nützlich, wenn der Klassifikator mit `read_ocr_class_svm` eingelesen wurde. Die Ausgabedaten von `get_params_ocr_class_svm` können z.B. verwendet werden, um zu überprüfen, ob ein zu lesendes Zeichen in dem Klassifikator vorhanden ist. Zur Beschreibung der Parameter siehe `create_ocr_class_svm`.

Parameter

- ▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_svm ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.
- ▷ **WidthCharacter** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Breite des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
- ▷ **HeightCharacter** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Höhe des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
- ▷ **Interpolation** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Interpolationsmodus bei der Skalierung der Zeichen.
- ▷ **Features** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Merkmale, die zur Klassifikation verwendet werden.
- ▷ **Characters** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Zeichen des zu lesenden Zeichensatzes.
- ▷ **KernelType** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Art des Kernels.
- ▷ **KernelParam** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Zusätzliche Parameter für die Kernelfunktion.
- ▷ **Nu** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Regularisierungskonstante der SVM.
- ▷ **Mode** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Modus der SVM.
- ▷ **Preprocessing** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Art der Vorverarbeitung (Transformation) der Merkmalsvektoren.
- ▷ **NumComponents** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Parameter der Vorverarbeitung: Anzahl der transformierten Merkmale (ignoriert bei `Preprocessing` = *'none'* und `Preprocessing` = *'normalization'*).

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_params_ocr_class_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_ocr_class_svm, read_ocr_class_svm

Nachfolger

do_ocr_single_class_svm, do_ocr_multi_class_svm

Siehe auch

trainf_ocr_class_svm, get_params_class_svm

Modul

OCR/OCV

get_prep_info_ocr_class_svm (: : OCRHandle, TrainingFile, Preprocessing : InformationCont, CumInformationCont)

Berechnung des Informationsgehaltes der vorverarbeiteten Merkmalsvektoren eines OCR-Klassifikators.

get_prep_info_ocr_class_svm berechnet den Informationsgehalt der mit der durch Preprocessing gegebenen Vorverarbeitung transformierten Komponenten der Trainingsvektoren. Preprocessing kann auf *'principal_components'* oder *'canonical_variates'* gesetzt werden. Der OCR-Klassifikator OCRHandle muss mit create_ocr_class_svm erzeugt worden sein. Die zugrundeliegenden Vorverarbeitungen sind bei create_class_svm beschrieben. Der Informationsgehalt wird aus die Variation der transformierten Komponenten der Trainingsvektoren berechnet, d.h. er wird rein aufgrund der Trainingsdaten unabhängig von einer Fehlerrate bei einer Klassifikation der Trainingsdaten berechnet. Der Informationsgehalt wird für alle relevanten Komponenten der transformierten Merkmalsvektoren (NumFeatures für *'principal_components'* und $\min(\texttt{NumClasses} - 1, \texttt{NumFeatures})$ für *'canonical_variates'*, siehe create_class_svm) in InformationCont zurückgegeben. Der Informationsgehalt wird als eine Zahl zwischen 0 und 1 dargestellt. Ein prozentualer Informationsgehalt kann leicht durch Multiplikation mit 100 berechnet werden. Der kumulierte Informationsgehalt der ersten n Komponenten wird in der n-ten Komponente von CumInformationCont zurückgegeben, d.h. CumInformationCont enthält die Summen der ersten n Elemente von InformationCont. Um get_prep_info_ocr_class_svm verwenden zu können, müssen Trainingsmuster in den durch TrainingFile angegebenen Trainingsdateien abgespeichert werden (siehe write_ocr_trainf).

InformationCont und CumInformationCont können dazu verwendet werden, um zu entscheiden, wie viele Komponenten der transformierten Merkmalsvektoren relevante Information enthalten. Ein oft verwendetes Kriterium ist z.B. zu verlangen, dass die transformierten Daten x% (z.B. 90%) der Daten enthalten sollten. Dies kann leicht anhand des ersten Wertes von CumInformationCont, der über x% liegt, bestimmt werden. Der so erhaltene Wert kann bei einem neuerlichen Aufruf von create_ocr_class_svm als NumComponents verwendet werden. Da zum Aufruf von get_prep_info_ocr_class_svm schon ein Klassifikator mit create_ocr_class_svm erzeugt werden muss, also auch ein initialer Wert von NumComponents bei create_ocr_class_svm angegeben werden muss, aber bei Verwendung von get_prep_info_ocr_class_svm typischerweise noch nicht bekannt ist, wie viele Komponenten relevant sind, empfiehlt sich folgendes zweistufiges Vorgehen, um NumComponents zu bestimmen: In einem ersten Schritt wird ein Klassifikator mit der maximalen Anzahl von NumComponents (NumFeatures für *'principal_components'* und $\min(\texttt{NumClasses} - 1, \texttt{NumFeatures})$ für *'canonical_variates'*) erzeugt. Dann werden die Trainingsmuster mit write_ocr_trainf in einer Datei gespeichert. Anschließend wird mit get_prep_info_ocr_class_svm der Informationsgehalt der Komponenten und somit NumComponents bestimmt. Danach wird ein neuer Klassifikator mit der gewünschten Anzahl Komponenten erzeugt und der Klassifikator mit trainf_ocr_class_svm trainiert.

Parameter

▷ **OCRHandle** (input_control) ..... ocr_svm ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **TrainingFile** (input_control) ..... filename.read(-array) ⇝ *string*
Name(n) der Trainingsdatei(en).
Default: 'ocr.trf'
Dateiendung: .trf, .otr

▷ **Preprocessing** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art der Vorverarbeitung (Transformation) der Merkmalsvektoren.
Default: 'principal_components'
Werteliste: Preprocessing ∈ {'principal_components', 'canonical_variates'}

▷ **InformationCont** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Relativer Informationsgehalt der transformierten Merkmalsvektoren.

▷ **CumInformationCont** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Kumulierter Informationsgehalt der transformierten Merkmalsvektoren.

Beispiel

```
* Create the initial OCR classifier.
read_ocr_trainf_names ('ocr.trf', CharacterNames, CharacterCount)
create_ocr_class_svm (8, 10, 'constant', 'default', CharacterNames, \
                      'rbf', 0.01, 0.01, 'one-versus-one', \
                      'principal_components', 81, OCRHandle)
* Get the information content of the transformed feature vectors.
get_prep_info_ocr_class_svm (OCRHandle, 'ocr.trf', 'principal_components', \
                             InformationCont, CumInformationCont)
* Determine the number of transformed components.
* NumComp = [...]
* Create the final OCR classifier.
create_ocr_class_svm (8, 10, 'constant', 'default', CharacterNames, \
                      'rbf', 0.01, 0.01,'one-versus-one', \
                      'principal_components', NumComp, OCRHandle)
* Train the final classifier.
trainf_ocr_class_svm (OCRHandle, 'ocr.trf', 0.001, 'default')
write_ocr_class_svm (OCRHandle, 'ocr.osc')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_prep_info_ocr_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Falls get_prep_info_ocr_class_svm den Fehler 9211 (Matrix ist nicht positiv definit) bei Preprocessing = *'canonical_variates'* zurückliefert, bedeutet dies typischerweise, dass für die verschiedenen Klassen zu wenige Trainingsmuster gespeichert worden sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_ocr_class_svm, write_ocr_trainf, append_ocr_trainf, write_ocr_trainf_image

Nachfolger

clear_ocr_class_svm, create_ocr_class_svm

Modul

OCR/OCV

get_support_vector_num_ocr_class_svm (: : OCRHandle : NumSupportVectors, NumSVPerSVM)

Auslesen der Anzahl der Support-Vektoren eines OCR-Klassifikators.

get_support_vector_num_ocr_class_svm liefert in NumSupportVectors die Anzahl der in dem durch OCRHandle angegebenen SVM abgespeicherten Support-Vektoren zurück. get_support_vector_num_ocr_class_svm sollte aufgerufen werden, bevor mit

get_support_vector_class_svm die einzelnen Indizes der SV ausgelesen werden, z.B. um zu Visualisieren, welche der Trainingsdaten SV geworden sind (siehe get_support_vector_ocr_class_svm). Die Anzahl der SV in jeder einzelnen SVM wird in NumSVPerSVM zurückgegeben. Die Summe der einzelnen Klassifikatoren unterscheidet sich von NumSupportVectors, da einzelne SV-Auswertungen innerhalb der verschiedenen binären Sub-SVMs wiederverwendet werden.

Parameter

- ▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_svm ⇝ *handle*
  Handle des OCR.
- ▷ **NumSupportVectors** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Gesamtanzahl der Support-Vektoren.
- ▷ **NumSVPerSVM** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Anzahl der SV jeder einzelnen Sub-SVM.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_sample_num_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

trainf_ocr_class_svm

Nachfolger

get_support_vector_ocr_class_svm

Siehe auch

create_ocr_class_svm

Modul

OCR/OCV

get_support_vector_ocr_class_svm (: : OCRHandle, IndexSupportVector : Index)

Auslesen des Index eines Support-Vektors aus einem trainierten auf SVM basierenden OCR-Klassifikators.

Der Operator get_support_vector_ocr_class_svm erlaubt eine Beziehung zwischen originalem Trainingsdatensatz und der durch das Training entstandenen Support-Vektoren (SV) innerhalb einer auf SVM basierenden OCR (gegeben in OCRHandle) herzustellen. Der Index des abzufragenden SV wird mit IndexSupportVector festgelegt. Er wird ab 0 gezählt, d.h. IndexSupportVector muss zwischen 0 und NumSupportVectors − 1 liegen, wobei NumSupportVectors mit get_support_vector_num_ocr_class_svm bestimmt werden kann. Der Index, den dieser Datensatz im ursprünglichen Trainingdatensatz hatte, wird in Index zurückgegeben. get_support_vector_ocr_class_svm kann z.B. dazu verwendet werden, die Support-Vektoren zu visualisieren. Dazu muss die Trainingsdatei, mit dem die SVM trainiert wurde, mit read_ocr_trainf eingelesen werden. Der um *1* erhöhte Wert von Index kann dann mit select_obj verwendet werden, um die Support-Vektoren aus den Trainingszeichen auszuwählen. Falls mehrere Trainingsdateien in trainf_ocr_class_svm angegeben worden sind, verhält sich Index so, als ob die Trainingsdateien vorher mit concat_ocr_trainf zu einer großen Trainingsdatei zusammengefügt worden wären.

Parameter

- ▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_svm ⇝ *handle*
  Handle des OCR.
- ▷ **IndexSupportVector** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Anzahl der gespeicherten Support-Vektoren.

▷ **Index** (output_control) ..... real ⇝ *real*
Index des Support-Vektors im Trainingsdatensatz.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_support_vector_ocr_class_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`trainf_ocr_class_svm`, `get_support_vector_num_ocr_class_svm`

Siehe auch

`create_ocr_class_svm`, `read_ocr_trainf`, `append_ocr_trainf`, `concat_ocr_trainf`

Modul

OCR/OCV

read_ocr_class_svm (: : FileName : OCRHandle)

Lesen eines OCR-Klassifikators aus Datei.

`read_ocr_class_svm` liest einen mit `write_ocr_class_svm` abgespeicherten OCR-Klassifikator ein. Da das Trainieren eines OCR-Klassifikators relativ lange dauern kann, wird der Klassifikator typischerweise in einem Offline-Prozess trainiert und mit `write_ocr_class_svm` gespeichert. Im Online-Prozess wird der Klassifikator mit `read_ocr_class_svm` gelesen und danach zur Klassifikation mit `do_ocr_single_class_svm` oder `do_ocr_multi_class_svm` verwendet.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.osc`, `.fnt`

▷ **OCRHandle** (output_control) ..... ocr_svm ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_ocr_class_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`do_ocr_single_class_svm`, `do_ocr_multi_class_svm`

Siehe auch

`create_ocr_class_svm`, `write_ocr_class_svm`, `read_class_svm`, `write_class_svm`

Modul

OCR/OCV

reduce_ocr_class_svm (: : OCRHandle, Method, MinRemainingSV, MaxError : OCRHandleReduced)

Approximieren einer bereits trainierten auf SVM basierenden OCR-Klassifikators durch eine reduzierte SVM.

reduce_ocr_class_svm erzeugt eine reduzierte Kopie des auf SVM basierenden OCR-Klassifikator OCRHandle und gibt diesen in OCRHandleReduced zurück. Die Parameter Method, MinRemainingSV und MaxError haben dieselbe Bedeutung wie bei reduce_class_svm und werden dort beschrieben. Hier ist anzumerken, dass die Klassifikationszeit signifikant auch durch eine Vorverarbeitung in create_ocr_class_svm reduziert werden kann, wobei eventuell weniger Fehler entstehen.

Parameter

▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_svm ⇝ *handle*
Handle der originalen SVM-basierten OCR-Klassifikators.

▷ **Method** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Nachbearbeitung, um die Anzahl der SV zu reduzieren.
Default: 'bottom_up'
Werteliste: Method ∈ {'bottom_up'}

▷ **MinRemainingSV** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Minimale Anzahl der verbleibenden SV.
Default: 2
Wertevorschläge: MinRemainingSV ∈ {2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 50}
Restriktion: MinRemainingSV >= 2

▷ **MaxError** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximal erlaubter Fehler, der durch die Reduktion erzeugt wird.
Default: 0.001
Wertevorschläge: MaxError ∈ {0.0001, 0.0002, 0.0005, 0.001, 0.002, 0.005, 0.01, 0.02, 0.05}
Restriktion: MaxError > 0.0

▷ **OCRHandleReduced** (output_control) . . . . . ocr_svm ⇝ *handle*
Handle des reduzierten OCR-Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert reduce_ocr_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

trainf_ocr_class_svm, get_support_vector_num_ocr_class_svm

Nachfolger

do_ocr_single_class_svm, do_ocr_multi_class_svm, get_support_vector_ocr_class_svm, get_support_vector_num_ocr_class_svm

Siehe auch

create_ocr_class_svm

Literatur

Bernhard Schölkopf, Alexander J.Smola: „Learning with Kernels“; The MIT Press, London; 1999.

Modul

OCR/OCV

select_feature_set_trainf_svm (: : TrainingFile, FeatureList, SelectionMethod, Width, Height, GenParamName, GenParamValue : OCRHandle, FeatureSet, Score)

Wählt die optimalen Merkmale für ein bestimmtes OCR-Klassifikationsproblem aus.

select_feature_set_trainf_svm wählt die optimalen Merkmale für ein bestimmtes OCR-Klassifikationsproblem aus. Die Daten für das OCR-Klassifikationsproblem werden mit der Trainingsdatei TrainingFile ausgewählt. Als Klassifikator wird eine Support-Vektor-Maschine (SVM) verwendet.

Es wird eine Untermenge aller angegebenen OCR-Merkmale gewählt. Alle zu untersuchenden Merkmale werden in FeatureList spezifiziert. Die Liste der möglichen OCR-Merkmale wird in der Dokumentation von create_ocr_class_svm näher erläutert. Die letztendlich ausgewählte Merkmalsuntermenge wird in FeatureSet zurückgegeben.

select_feature_set_trainf_svm ist auf OCR-Klassifikationsprobleme spezialisiert und unterstützt nur Merkmale, die in der Auswahlliste stehen. Für andere Merkmale bietet sich somit die Nutzung des generellen Operators select_feature_set_svm an.

Für den Selektionsprozess können in SelectionMethod zwei verschiedene Methoden ausgewählt werden: entweder die Greedy-Variante *'greedy'* (das momentan erfolgversprechendste Merkmal wird zur Auswahl hinzugefügt) oder die dynamisch oszillierende Suche *'greedy_oscillating'* (Das momentan erfolgversprechendste Merkmal wird zur Auswahl hinzugefügt. Danach wird getestet ob eines der hinzugefügten Merkmale entbehrlich ist.). Während *'greedy'* schneller terminiert, kann *'greedy_oscillating'* bessere Ergebnisse erzielen wenn viele Trainingsdaten vorliegen.

Als Optimierungskriterium dient die Klassifikationsrate, die mit einem zwei-fachen Kreuzvalidierungsverfahren ermittelt wird. Die beste erreichte Klassifikationsrate wird in Score zurückgegeben. OCRHandle gibt einen Klassifikator zurück, der mit der entsprechenden Merkmalsauswahl parametrisiert und trainiert wurde.

Die Parameter *'nu'* und *'gamma'*, die für das SVM benötigt werden, können über die generischen Parameter GenParamName und GenParamValue entweder direkt auf einen Wert oder auf *'auto'* gesetzt werden. Wenn *'auto'* ausgewählt ist, wird für den entsprechenden Wert auch eine Optimierung durchgeführt. Diese automatische Schätzung kann die Ausführung der Merkmalsauswahl signifikant verlangsamen, was bei größeren Datensätzen zu Rechenzeiten im Bereich von Stunden führen kann. Eine genauere Erklärung des Parameters *'nu'* und des Kernelparameter des RBF-Kernels *'gamma'* (RBF = radial basis function) findet sich in der Beschreibung von create_class_svm.

Achtung

Die Laufzeit dieses Operators kann mit größeren Datensätzen und einer längeren Merkmalsliste unter Umständen sehr lang sein.

Es ist zu beachten, dass dieser Operator nicht aufgerufen werden sollte, wenn für das Training nur ein kleiner Datensatz verfügbar ist. Auf Grund des Risikos der Überanpassung kann der Operator select_feature_set_trainf_svm zwar einerseits einen Klassifikator mit sehr hohem Score liefern. Andererseits weist der Klassifikator jedoch eine schlechte Erkennungsrate auf, wenn dieser getestet wird.

Parameter

▷ **TrainingFile** (input_control) . . . . . filename.read(-array) ⇝ *string*
Namen der Trainingsdateien.
Default: ''
Dateiendung: .trf, .otr

▷ **FeatureList** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Merkmale, die zur Klassifikation verwendet werden können.
Default: ['zoom_factor','ratio','width','height','foreground','foreground_grid_9','foreground_grid_16', 'anisometry','compactness','convexity','moments_region_2nd_invar','moments_region_2nd_rel_invar', 'moments_region_3rd_invar','moments_central','phi','num_connect','num_holes','projection_horizontal', 'projection_vertical','projection_horizontal_invar','projection_vertical_invar','chord_histo','num_runs', 'pixel','pixel_invar','pixel_binary','gradient_8dir','cooc','moments_gray_plane']
Werteliste: FeatureList ∈ {'default', 'zoom_factor', 'ratio', 'width', 'height', 'foreground', 'foreground_grid_9', 'foreground_grid_16', 'anisometry', 'compactness', 'convexity', 'moments_region_2nd_invar', 'moments_region_2nd_rel_invar', 'moments_region_3rd_invar', 'moments_central', 'phi', 'num_connect', 'num_holes', 'projection_horizontal', 'projection_vertical', 'projection_horizontal_invar', 'projection_vertical_invar', 'chord_histo', 'num_runs', 'pixel', 'pixel_invar', 'pixel_binary', 'gradient_8dir', 'cooc', 'moments_gray_plane'}

▷ **SelectionMethod** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Methode zur Auswahl der Merkmale.
Default: 'greedy'
Werteliste: SelectionMethod ∈ {'greedy', 'greedy_oscillating'}

▷ **Width** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Breite des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
Default: 15

▷ **Height** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Höhe des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
Default: 16

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen von (optionalen) Parametern für die Steuerung des Verhaltens verwendeten des SVMs.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'nu', 'gamma'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer / string
Zu den optionalen generischen Parametern gehörende Werte.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'auto', '0.1', '0.3'}

▷ **OCRHandle** (output_control) . . . . . ocr_svm ⇝ *handle*
Mit den selektierten Merkmalen trainierter SVM-Klassifikator.

▷ **FeatureSet** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Ausgewählten Merkmale.

▷ **Score** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Klassifikationsrate, die mit dem ausgewählten Merkmalssatz erreicht wurde.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `select_feature_set_trainf_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Alternativen

`select_feature_set_trainf_mlp`, `select_feature_set_trainf_knn`, `select_feature_set_trainf_mlp_protected`

Siehe auch

`select_feature_set_trainf_svm_protected`, `select_feature_set_svm`

Modul

OCR/OCV

select_feature_set_trainf_svm_protected (: : TrainingFile, Password, FeatureList, SelectionMethod, Width, Height, GenParamName, GenParamValue : OCRHandle, FeatureSet, Score)

Wählt aus (geschützten) Trainingsdateien die optimalen Merkmale für ein bestimmtes OCR-Klassifikationsproblem aus.

`select_feature_set_trainf_svm_protected` wählt die optimalen Merkmale für ein bestimmtes OCR-Klassifikationsproblem aus. Die Daten für das OCR-Klassifikationsproblem werden mit der Trainingsdatei `TrainingFile` ausgewählt. Als Klassifikator wird eine Support-Vektor-Maschine (SVM) verwendet.

Die Funktionalität des Operators entspricht der Funktionalität von `select_feature_set_trainf_svm`, mit der Erweiterung, dass `select_feature_set_trainf_svm_protected` sowohl ungeschützte als auch geschützte Trainingsdateien verarbeiten kann. Geschützte Trainingsdateien können nur mit dem korrekten Benutzerpasswort `Password` verwendet werden. Falls genau ein Passwort `Password` übergeben wird, werden alle Eingabedateien `TrainingFile` mit diesem Passwort überprüft, ansonsten muss die Anzahl der Passworte gleich

der Anzahl der Eingabedateien sein, und die Eingabedatei an Position n wird mit dem Passwort an Position n überprüft. Für ungeschützte Trainingsdateien werden die übergebenen Passworte ignoriert.

Für eine genauere Beschreibung der Operatorfunktionalität siehe `select_feature_set_trainf_svm`. Das Konzept des Schützens von OCR-Trainingsdaten in HALCON ist in `protect_ocr_trainf` beschrieben.

Achtung

Die Laufzeit dieses Operators kann mit größeren Datensätzen und einer längeren Merkmalsliste unter Umständen sehr lang sein.

Es ist zu beachten, dass dieser Operator nicht aufgerufen werden sollte, wenn für das Training nur ein kleiner Datensatz verfügbar ist. Auf Grund des Risikos der Überanpassung kann der Operator `select_feature_set_trainf_svm_protected` zwar einerseits einen Klassifikator mit sehr hohem Score liefern. Andererseits weist der Klassifikator jedoch eine schlechte Erkennungsrate auf, wenn dieser getestet wird.

Parameter

▷ **`TrainingFile`** (input_control) . . . . . filename.read(-array) ⇝ *string*
Namen der Trainingsdateien.
Default: ”
Dateiendung: `.trf`, `.otr`

▷ **`Password`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Passworte für geschützte Trainingsdateien.

▷ **`FeatureList`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Merkmale, die zur Klassifikation verwendet werden können.
Default: [’zoom_factor’,’ratio’,’width’,’height’,’foreground’,’foreground_grid_9’,’foreground_grid_16’, ’anisometry’,’compactness’,’convexity’,’moments_region_2nd_invar’,’moments_region_2nd_rel_invar’, ’moments_region_3rd_invar’,’moments_central’,’phi’,’num_connect’,’num_holes’,’projection_horizontal’, ’projection_vertical’,’projection_horizontal_invar’,’projection_vertical_invar’,’chord_histo’,’num_runs’, ’pixel’,’pixel_invar’,’pixel_binary’,’gradient_8dir’,’cooc’,’moments_gray_plane’]
Werteliste: `FeatureList` ∈ {’default’, ’zoom_factor’, ’ratio’, ’width’, ’height’, ’foreground’, ’foreground_grid_9’, ’foreground_grid_16’, ’anisometry’, ’compactness’, ’convexity’, ’moments_region_2nd_invar’, ’moments_region_2nd_rel_invar’, ’moments_region_3rd_invar’, ’moments_central’, ’phi’, ’num_connect’, ’num_holes’, ’projection_horizontal’, ’projection_vertical’, ’projection_horizontal_invar’, ’projection_vertical_invar’, ’chord_histo’, ’num_runs’, ’pixel’, ’pixel_invar’, ’pixel_binary’, ’gradient_8dir’, ’cooc’, ’moments_gray_plane’}

▷ **`SelectionMethod`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Methode zur Auswahl der Merkmale.
Default: ’greedy’
Werteliste: `SelectionMethod` ∈ {’greedy’, ’greedy_oscillating’}

▷ **`Width`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Breite des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
Default: 15

▷ **`Height`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Höhe des Rechtecks, auf die die Grauwerte des segmentierten Zeichens skaliert werden.
Default: 16

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen von (optionalen) Parametern für die Steuerung des Verhaltens verwendeten des SVMs.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {’nu’, ’gamma’}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer / string
Zu den optionalen generischen Parametern gehörende Werte.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {’auto’, ’0.1’, ’0.3’}

▷ **`OCRHandle`** (output_control) . . . . . ocr_svm ⇝ *handle*
Mit den selektierten Merkmalen trainierter SVM-Klassifikator für OCR.

▷ **`FeatureSet`** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Ausgewählten Merkmale.

▷ **`Score`** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Klassifikationsrate, die mit dem ausgewählten Merkmalssatz erreicht wurde.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `select_feature_set_trainf_svm_protected` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`protect_ocr_trainf`

Alternativen

`select_feature_set_trainf_mlp_protected`

Siehe auch

`select_feature_set_trainf_svm`, `select_feature_set_svm`

Modul

OCR/OCV

serialize_ocr_class_svm (: : OCRHandle : SerializedItemHandle)

Serialisieren eines SVM-basierten OCR-Klassifikators.

`write_ocr_class_svm` serialisiert einen SVM-basierten OCR-Klassifikator (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von `write_ocr_class_svm` in eine Datei geschrieben werden. Der OCR-Klassifikator wird in dem Handle `OCRHandle` übergeben. Der serialisierte OCR-Klassifikator wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und kann mit `deserialize_ocr_class_svm` wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **OCRHandle** (input_control) ..... ocr_svm ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_ocr_class_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`trainf_ocr_class_svm`

Nachfolger

`clear_ocr_class_svm`, `fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_ocr_class_svm`

Siehe auch

`create_ocr_class_svm`, `read_ocr_class_svm`, `write_class_svm`, `read_class_svm`, `deserialize_ocr_class_svm`

Modul

OCR/OCV

trainf_ocr_class_svm (: : OCRHandle, TrainingFile, Epsilon, TrainMode :)

Trainieren eines OCR-Klassifikators.

trainf_ocr_class_svm trainiert den OCR-Klassifikator OCRHandle mit den Trainingszeichen, die in den durch TrainingFile angegebenen OCR-Trainingsdateien enthalten sind. Die Trainingsdateien müssen zuvor, z.B. mit write_ocr_trainf, erzeugt worden sein. Die Parameter Epsilon und TrainMode haben dieselbe Bedeutung wie bei train_class_svm und werden dort beschrieben. Es ist zu beachten, dass Trainingszeichen, die keine entsprechende Klasse im Klassifikator OCRHandle haben, verworfen werden.

Parameter

- ▷ **OCRHandle** (input_control) . . . . . ocr_svm ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.
- ▷ **TrainingFile** (input_control) . . . . . filename.read(-array) ⇝ *string*
  Namen der Trainingsdateien.
  Default: 'ocr.trf'
  Dateiendung: .trf, .otr
- ▷ **Epsilon** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Abbruchparameter für das Training.
  Default: 0.001
  Wertevorschläge: Epsilon ∈ {0.00001, 0.0001, 0.001, 0.01, 0.1}
- ▷ **TrainMode** (input_control) . . . . . number ⇝ *string* / integer
  Modus des Trainings.
  Default: 'default'
  Werteliste: TrainMode ∈ {'default', 'add_sv_to_train_set'}

Beispiel

```
* Train an OCR classifier
read_ocr_trainf_names ('ocr.trf', CharacterNames, CharacterCount)
create_ocr_class_svm (8, 10, 'constant', 'default', CharacterNames, \
                      'rbf', 0.01, 0.01, 'one-versus-one', \
                      'normalization', 81, OCRHandle)
trainf_ocr_class_svm (OCRHandle, 'ocr.trf', 0.001, 'default')
write_ocr_class_svm (OCRHandle, 'ocr.osc')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert trainf_ocr_class_svm den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Falls trainf_ocr_class_svm den Fehler 9211 (Matrix ist nicht positiv definit) bei Preprocessing = *'canonical_variates'* zurückliefert, bedeutet dies typischerweise, dass für die verschiedenen Klassen zu wenige Trainingsmuster gespeichert worden sind. Für diesen Fall ist es sinnvoll, Preprocessing auf *'normalization'* zu setzen. Ansonsten ist es auch möglich, mehr Trainingsmuster hinzuzufügen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- OCRHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_ocr_class_svm`, `write_ocr_trainf`, `append_ocr_trainf`, `write_ocr_trainf_image`

Nachfolger

`do_ocr_single_class_svm`, `do_ocr_multi_class_svm`, `write_ocr_class_svm`

Alternativen

`read_ocr_class_svm`

Siehe auch

`train_class_svm`

Modul

OCR/OCV

`trainf_ocr_class_svm_protected` `( : : OCRHandle, TrainingFile, Password, Epsilon, TrainMode : )`

Trainieren eines OCR-Klassifikators mit Daten aus (geschützten) Trainingsdateien.

`trainf_ocr_class_svm_protected` trainiert den OCR-Klassifikator `OCRHandle` mit den Trainingszeichen, die in den durch `TrainingFile` angegebenen OCR-Trainingsdateien enthalten sind. Die Funktionalität des Operators entspricht der Funktionalität von `trainf_ocr_class_svm`, mit der Erweiterung, dass `trainf_ocr_class_svm_protected` sowohl ungeschützte als auch geschützte Trainingsdateien verarbeiten kann. Geschützte Trainingsdateien können nur mit dem korrekten Benutzerpasswort `Password` verwendet werden. Falls genau ein Passwort `Password` übergeben wird, werden alle Eingabedateien `TrainingFile` mit diesem Passwort überprüft, ansonsten muss die Anzahl der Passworte gleich der Anzahl der Eingabedateien sein, und die Eingabedatei an Position n wird mit dem Passwort an Position n überprüft. Für ungeschützte Trainingsdateien werden die übergebenen Passworte ignoriert.

Für eine genauere Beschreibung der Operatorfunktionalität siehe `trainf_ocr_class_svm`. Das Konzept des Schützens von OCR-Trainingsdaten in HALCON ist in `protect_ocr_trainf` beschrieben.

Parameter

- ▷ **`OCRHandle`** (input_control) . . . . . ocr_svm ⇝ *handle*
  Handle des OCR-Klassifikators.
- ▷ **`TrainingFile`** (input_control) . . . . . filename.read(-array) ⇝ *string*
  Namen der Trainingsdateien.
  Default: 'ocr.trf'
  Dateiendung: `.trf`, `.otr`
- ▷ **`Password`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Passworte für geschützte Trainingsdateien.
- ▷ **`Epsilon`** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Abbruchparameter für das Training.
  Default: 0.001
  Wertevorschläge: `Epsilon` ∈ {0.00001, 0.0001, 0.001, 0.01, 0.1}
- ▷ **`TrainMode`** (input_control) . . . . . number ⇝ *string* / integer
  Modus des Trainings.
  Default: 'default'
  Werteliste: `TrainMode` ∈ {'default', 'add_sv_to_train_set'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `trainf_ocr_class_svm_protected` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Falls `trainf_ocr_class_svm` den Fehler 9211 (Matrix ist nicht positiv definit) bei `Preprocessing` = *'canonical_variates'* zurückliefert, bedeutet dies typischerweise, dass für die verschiedenen Klassen zu wenige Trainingsmuster gespeichert worden sind. Für diesen Fall ist es sinnvoll, `Preprocessing` auf *'normalization'* zu setzen. Ansonsten ist es auch möglich, mehr Trainingsmuster hinzuzufügen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- OCRHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_ocr_class_svm`, `write_ocr_trainf`, `append_ocr_trainf`, `write_ocr_trainf_image`, `protect_ocr_trainf`

Nachfolger

`do_ocr_single_class_svm`, `do_ocr_multi_class_svm`, `write_ocr_class_svm`

Alternativen

`read_ocr_class_svm`

Siehe auch

`trainf_ocr_class_svm`, `train_class_svm`

Modul

OCR/OCV

`write_ocr_class_svm` (: : OCRHandle, FileName :)

Abspeichern eines OCR-Klassifikators in Datei.

`write_ocr_class_svm` speichert den OCR-Klassifikator `OCRHandle` in der Datei `FileName` ab. Falls keine Datei-Extension in `FileName` angegeben wird, wird die Standard-Extension `'.osc'` an `FileName` angehängt. `write_ocr_class_svm` wird typischerweise aufgerufen, nachdem der Klassifikator mit `trainf_ocr_class_svm` trainiert wurde. Der Klassifikator kann mit `read_ocr_class_svm` wieder eingelesen werden.

Parameter

▷ **`OCRHandle`** (input_control) . . . . . ocr_svm ⇝ *handle*
Handle des OCR-Klassifikators.

▷ **`FileName`** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.osc`

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `write_ocr_class_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`trainf_ocr_class_svm`

Nachfolger

`clear_ocr_class_svm`

Siehe auch

create_ocr_class_svm, read_ocr_class_svm, write_class_svm, read_class_svm

Modul

OCR/OCV

21.8 Trainingsdateien

append_ocr_trainf (Character, Image : : Class, TrainingFile :)

Anhängen von Trainingszeichen an eine Datei.

append_ocr_trainf dient zum Vorbereiten des Trainings mit trainf_ocr_class_mlp oder trainf_ocr_class_svm. Hierzu werden Regionen, die Buchstaben darstellen, mit ihren Grauwerten (Region und Pixel) und dem zugehörigen Klassennamen auf Datei geschrieben. Es können beliebig viele Regionen aus einem Bild übergeben werden. Für jedes Zeichen (Region) in Character muss der zugehörige Name (Klasse) in Class übergeben werden. Die Grauwerte übergibt man in Image. Im Gegensatz zu write_ocr_trainf werden die Zeichen im gleichen Dateiformat an die bestehende Datei angefügt. Falls die Datei zum Zeitpunkt des Aufrufs noch nicht existiert, wird die Datei neu angelegt. In diesem Fall kann das Dateiformat durch den Parameter *'ocr_trainf_version'* des Operators set_system gewählt werden. Besitzt der Dateiname in TrainingFile keine Erweiterung, wird dem Namen die Erweiterung '.trf' angefügt.

Parameter

- ▷ **Character** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu trainierende Zeichen.
- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Grauwerte für die Zeichen.
- ▷ **Class** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Klasse (Name) der Zeichen.
- ▷ **TrainingFile** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
  Name der Trainingsdatei.
  Default: 'train_ocr'
  Dateiendung: .trf, .otr

Beispiel

```
char       name[128];
char       class[128];

read_image(&Image,"character.tiff");
binary_threshold(Image,&Dark, 'otsu', 'dark', &UsedThreshold);
connection(Dark,&Character);
count_obj(Character,&num);
create_tuple(&Class,num);
open_window(0,0,-1,-1,0,"","",&WindowHandle);
set_color(WindowHandle,"red");
for (i=0; i<num; i++) {
  select_obj(Character,&SingleCharacter,i);
  disp_region(SingleCharacter,WindowHandle);
  printf("class of character %d ?\n",i);
  scanf("%s\n",class);
  append_ocr_trainf(Character,Image,name,class);
}
```

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert append_ocr_trainf den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

threshold, connection, read_ocr_trainf

Nachfolger

trainf_ocr_class_mlp, trainf_ocr_class_svm, write_ocr_trainf

Alternativen

write_ocr_trainf, write_ocr_trainf_image

Modul

OCR/OCV

concat_ocr_trainf (: : SingleFiles, ComposedFile :)

Zusammenfügen mehrerer Trainingsdateien.

concat_ocr_trainf speichert alle Zeichen, die in den Dateien von SingleFiles abgelegt sind, in einer neuen Datei mit Namen ComposedFile ab. Das Dateiformat kann mit Hilfe des Parameters *'ocr_trainf_version'* des Operators set_system gewählt werden. Besitzt der Dateiname in ComposedFile keine Erweiterung, wird dem Namen die Erweiterung '.trf' angefügt. Es ist nicht möglich, eine der Dateien von SingleFiles als neue Datei ComposedFile zu verwenden.

Parameter

▷ **SingleFiles** (input_control) . . . . . filename.read(-array) ⇝ *string*
Namen der einzelnen Trainingsdateien.
Default: ''
Dateiendung: .trf, .otr

▷ **ComposedFile** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der zusammengesetzten Trainingsdatei.
Default: 'all_characters'
Dateiendung: .trf

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert concat_ocr_trainf den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

write_ocr_trainf, append_ocr_trainf

Nachfolger

trainf_ocr_class_mlp, trainf_ocr_class_svm, write_ocr_trainf

Modul

OCR/OCV

protect_ocr_trainf (: : TrainingFile, Password, TrainingFileProtected :)

Schützen von Trainingsdaten.

Das Erlangen von Trainingsdaten für einen OCR-Klassifikator kann ein komplizierter und langwieriger Vorgang sein. Trainingsdaten sind demnach wertvoll und es kann notwendig sein, deren Verwendung zu schützen. Das grundlegende Konzept hierfür ist, dass geschützte OCR-Trainingsdaten weder sichtbar sind, noch modifiziert werden können und dass sichergestellt ist, dass deren Verwendung, z.B. für das Trainieren eines Klassifikators, durch ein Benutzerpasswort geschützt ist.

Das Vorgehen in HALCON ist, dass OCR-Trainingsdaten zunächst auf die übliche Weise erlangt und in eine ungeschützte OCR-Trainingsdatei geschrieben werden. Anschließend wird eine neue Datei erzeugt, die die mit einem Benutzerpasswort geschützten Trainingsdaten enthält. Geschützte Trainingsdaten können mit speziellen Operatoren verarbeitet werden, wobei für das Verwenden der Daten das korrekte Benutzerpasswort bekannt sein muss.

Dabei ist zu beachten, dass Daten in geschützten OCR-Trainingsdateien weder sichtbar sind, noch in irgendeiner Art und Weise modifiziert werden können, d.h. es ist wichtig, dass die ungeschützten Trainingsdateien mit den Originaldaten auch nach dem Schützen vorhanden bleiben.

Geschützte OCR-Trainingsdateien können für das Trainieren von MLP-Klassifikatoren und SVM-Klassifikatoren verwendet werden.

`protect_ocr_trainf` schützt die OCR-Trainingsdaten in der Datei `TrainingFile` und schreibt diese in die geschützte Trainingsdatei `TrainingFileProtected`. Das Schützen der Daten erfolgt über das Benutzerpasswort `Password`. Dasselbe Passwort muss später bei der Verwendung der geschützten Trainingsdaten angegeben werden, z.B. bei den Operatoren `trainf_ocr_class_mlp_protected` oder `read_ocr_trainf_names_protected`. Leere Passworte (oder Passworte, die den leeren String beinhalten) sind nicht erlaubt. Falls genau ein Passwort `Password` übergeben wird, werden alle Ausgabedateien `TrainingFileProtected` mit diesem Passwort geschützt, ansonsten muss die Anzahl der Passworte gleich der Anzahl der Ein- und Ausgabedateien sein, und die Ausgabedatei an Position n wird mit dem Passwort an Position n geschützt.

Parameter

▷ **`TrainingFile`** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Namen der Trainingsdateien.
Default: ”
Dateiendung: `.trf`, `.otr`

▷ **`Password`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Passworte zum Schützen der Trainingsdateien.

▷ **`TrainingFileProtected`** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Namen der geschützten Trainingsdateien.
Dateiendung: `.trf`

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert `protect_ocr_trainf` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`write_ocr_trainf`, `append_ocr_trainf`, `concat_ocr_trainf`

Nachfolger

`read_ocr_trainf_names_protected`, `trainf_ocr_class_mlp_protected`, `trainf_ocr_class_svm_protected`, `select_feature_set_trainf_mlp_protected`, `select_feature_set_trainf_svm_protected`

Siehe auch

`select_feature_set_trainf_mlp`

Modul

OCR/OCV

read_ocr_trainf (: Characters : TrainingFile : CharacterNames)

Einlesen von Trainingszeichen für OCR als Bilder.

read_ocr_trainf liest alle Zeichen aus den angegebenen Trainings-Dateien ein und wandelt sie in Bilder um. Die Dateiendung für die Trainings-Dateien ist in HALCON 'trf'. Die Definitionsbereiche werden auf die Vordergrundregion der Zeichen (gemäß write_ocr_trainf) beschränkt. Die Namen der Zeichen werden im Parameter CharacterNames zurückgegeben. Es kann mehr als eine Datei eingelesen werden, dabei werden die Dateien entsprechend der Ordnung der Dateinamen abgearbeitet.

Parameter

- ▷ **Characters** (output_object) ..... image-array ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingelesene Zeichen.
- ▷ **TrainingFile** (input_control) ..... filename.read(-array) ⇝ *string*
  Namen der Trainingsdateien.
  Default: ''
  Dateiendung: .trf, .otr
- ▷ **CharacterNames** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
  Bezeichnung der eingelesenen Zeichen.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert read_ocr_trainf den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

write_ocr_trainf

Nachfolger

disp_image, select_obj, zoom_image_size

Alternativen

read_ocr_trainf_select

Modul

OCR/OCV

read_ocr_trainf_names (: : TrainingFile : CharacterNames, CharacterCount)

Abfragen der Zeichen, die in Trainings-Dateien abgelegt sind.

read_ocr_trainf_names bestimmt die Namen aller Zeichen und deren Anzahl in den angegebenen Trainings-Dateien.

Parameter

- ▷ **TrainingFile** (input_control) ..... filename.read(-array) ⇝ *string*
  Namen der Trainingsdateien.
  Default: ''
  Dateiendung: .trf, .otr
- ▷ **CharacterNames** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Bezeichnung der eingelesenen Zeichen.
- ▷ **CharacterCount** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Anzahl der jeweiligen Zeichen.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_ocr_trainf_names` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`write_ocr_trainf`

Siehe auch

`trainf_ocr_class_svm`, `trainf_ocr_class_mlp`

Modul

OCR/OCV

`read_ocr_trainf_names_protected` `( : : TrainingFile, Password : CharacterNames, CharacterCount )`

Abfragen der Zeichen, die in (geschützten) Trainings-Dateien abgelegt sind.

`read_ocr_trainf_names_protected` bestimmt die Namen aller Zeichen und deren Anzahl in den angegebenen Trainings-Dateien. Die Funktionalität des Operators entspricht der Funktionalität von `read_ocr_trainf_names`, mit der Erweiterung, dass `read_ocr_trainf_names_protected` sowohl ungeschützte als auch geschützte Trainingsdateien verarbeiten kann. Geschützte Trainingsdateien können nur mit dem korrekten Benutzerpasswort `Password` verwendet werden. Falls genau ein Passwort `Password` übergeben wird, werden alle Eingabedateien `TrainingFile` mit diesem Passwort überprüft, ansonsten muss die Anzahl der Passworte gleich der Anzahl der Eingabedateien sein, und die Eingabedatei an Position n wird mit dem Passwort an Position n überprüft. Für ungeschützte Trainingsdateien werden die übergebenen Passworte ignoriert.

Für eine genauere Beschreibung der Operatorfunktionalität siehe `read_ocr_trainf_names`. Das Konzept des Schützens von OCR-Trainingsdaten in HALCON ist in `protect_ocr_trainf` beschrieben.

Parameter

- ▷ **`TrainingFile`** (input_control) ..... filename.read(-array) ⇝ *string*
  Namen der Trainingsdateien.
  Default: ”
  Dateiendung: `.trf`, `.otr`
- ▷ **`Password`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Passworte für geschützte Trainingsdateien.
- ▷ **`CharacterNames`** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Bezeichnung der eingelesenen Zeichen.
- ▷ **`CharacterCount`** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Anzahl der jeweiligen Zeichen.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_ocr_trainf_names_protected` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`protect_ocr_trainf`

Siehe auch

read_ocr_trainf_names

Modul

OCR/OCV

read_ocr_trainf_select (: Characters : TrainingFile, SearchNames : FoundNames)

Einlesen von ausgewählten Trainingszeichen für OCR als Bilder.

read_ocr_trainf_select liest die in SearchNames angegebenen Zeichen aus den Trainings-Dateien ein und wandelt sie in Bilder um. Es arbeitet analog zu read_ocr_trainf nur können die zu extrahierenden Zeichen vorgegeben werden.

Parameter

- ▷ **Characters** (output_object) ..... image-array ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingelesene Zeichen.
- ▷ **TrainingFile** (input_control) ..... filename.read(-array) ⇝ *string*
  Namen der Trainingsdateien.
  Default: ”
  Dateiendung: .trf, .otr
- ▷ **SearchNames** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Namen der zu extrahierenden Zeichen.
  Default: ’0’
- ▷ **FoundNames** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Bezeichnung der eingelesenen Zeichen.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert read_ocr_trainf_select den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

write_ocr_trainf

Nachfolger

disp_image, select_obj, zoom_image_size

Alternativen

read_ocr_trainf

Modul

OCR/OCV

write_ocr_trainf (Character, Image : : Class, TrainingFile :)

Abspeichern von Trainingszeichen in eine Datei.

write_ocr_trainf dient zum Vorbereiten des Trainings mit trainf_ocr_class_mlp, trainf_ocr_class_svm oder trainf_ocr_class_box. Hierzu werden Regionen, die Buchstaben darstellen, mit ihren Grauwerten (Region und Pixel) und dem zugehörigen Klassennamen auf Datei geschrieben. Es können beliebig viele Regionen aus einem Bild übergeben werden. Für jedes Zeichen (Region) in Character muss der zugehörige Name (Klasse) in Class übergeben werden. Die Grauwerte übergibt man in Image. Besitzt der Dateiname in TrainingFile keine Erweiterung wird dem Namen die Erweiterung ’.trf’ angefügt.

Die Version des Dateiformats, mit welcher die Daten geschrieben werden, kann mit Hilfe des Parameters *'ocr_trainf_version'* des Operators `set_system` gewählt werden.

Parameter

- ▷ **`Character`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu trainierende Zeichen.
- ▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Grauwerte für die Zeichen.
- ▷ **`Class`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Klasse (Name) der Zeichen.
- ▷ **`TrainingFile`** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
  Name der Trainingsdatei.
  Default: 'train_ocr'
  Dateiendung: `.trf`

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert `write_ocr_trainf` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`threshold`, `connection`, `read_ocr_trainf`

Nachfolger

`trainf_ocr_class_mlp`, `trainf_ocr_class_svm`

Modul

OCR/OCV

`write_ocr_trainf_image` (Character : : Class, TrainingFile :)

Speichern von Zeichen in eine Trainingsdatei.

`write_ocr_trainf_image` dient zum Vorbereiten des Trainings mit `trainf_ocr_class_mlp`, `trainf_ocr_class_svm` oder `trainf_ocr_class_box`. Hierzu werden Regionen, die Buchstaben darstellen, mit ihren Grauwerten (Region und Pixel) und dem zugehörigen Klassennamen in eine Datei geschrieben. Es können beliebig viele Regionen aus einem Bild übergeben werden. Für jedes Zeichen (Region) in `Character` muss der zugehörige Name (Klasse) in `Class` übergeben werden. Besitzt der Dateiname in `TrainingFile` keine Erweiterung, wird dem Namen die Erweiterung '.trf' angefügt. Im Gegensatz zu `write_ocr_trainf` wird pro Zeichen ein Bild übergeben, dessen Definitionsbereich den Vordergrund des Zeichens angibt. Das Dateiformat kann mit Hilfe des Parameters *'ocr_trainf_version'* des Operators `set_system` gewählt werden.

Parameter

- ▷ **`Character`** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
  Zu trainierende Zeichen.
- ▷ **`Class`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Klasse (Name) der Zeichen.
- ▷ **`TrainingFile`** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
  Name der Trainingsdatei.
  Default: 'train_ocr'
  Dateiendung: `.trf`

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert `write_ocr_trainf_image` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`threshold`, `connection`, `read_ocr_trainf`

Nachfolger

`trainf_ocr_class_mlp`, `trainf_ocr_class_svm`

Alternativen

`write_ocr_trainf`, `append_ocr_trainf`

Modul

OCR/OCV

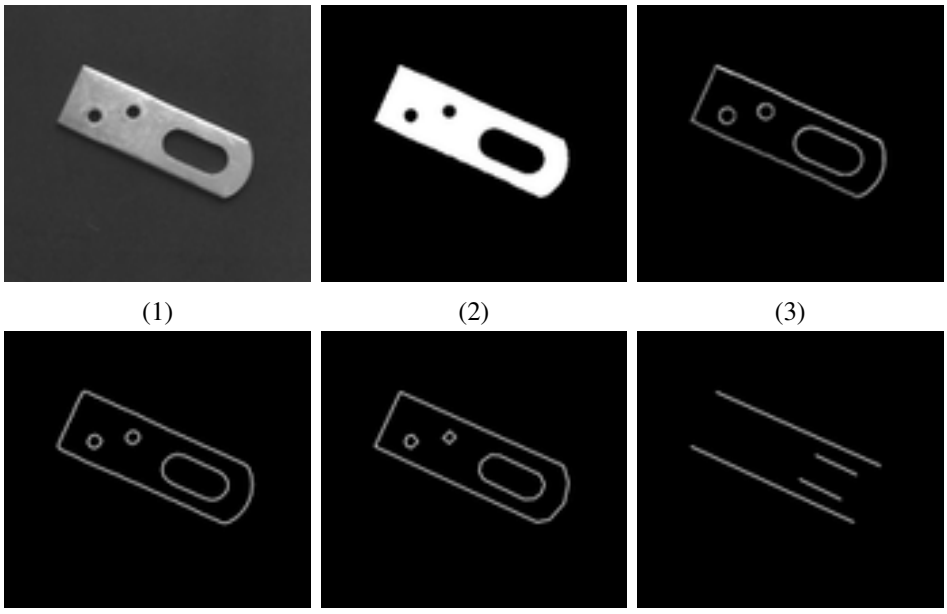
Kapitel 22

Objekt

Dieses Kapitel beschreibt Operatoren, die benutzt werden, um zum einen Informationen zu ikonischen Objekten abzurufen und zum anderen ikonische Objekte zu manipulieren.

Verfügbare Ikonische Objekte

In HALCON stehen verschiedene ikonische Objekte zur Verfügung, die für unterschiedliche Zwecke geeignet sind:



(1) (2) (3)

(4) (5) (6)

In dem Bild eines Metallstücks (1) werden eine Region (2), eine ROI, die unter Verwendung des dilatierten Regionenrands erzeugt wird (3), Konturen (4), Polygone (5), und Parallelen (6) extrahiert.

Bilder: Ein Bild besteht aus ein oder mehreren Kanälen, d.h., Matrizen gleicher Größe, die Grauwerte verschiedener Pixeltypen enthalten. Bilder stellen den Ausgangspunkt der meisten Aufgaben im Bereich der industriellen Bildverarbeitung dar.

Regionen: Eine Region ist als ein Set von Pixeln definiert. Die Pixel einer Region müssen dabei nicht zusammenhängend sein. D.h., eine beliebige Auswahl von Pixeln kann als eine einzige Region behandelt werden. Die Regionenverarbeitung ist z.B. für Blob-Analyse-Aufgaben geeignet. Vor allem eignet sie sich aber auch, um eine 'Region of Interest' (ROI) für nachfolgende subpixel-genaue Operationen festzulegen.

XLDs: XLD ist die Abkürzung für eXtended Line Description und umfasst alle kontur- und polygonbasierten Daten. XLD Konturen werden dabei von sehr vielen Operatoren zurückgegeben oder genutzt, während XLD Polygone und XLD Parallelen nur in besonderen Fällen benötigt werden. Eine Kontur ist eine Sequenz von

subpixel-genauen 2D Kontrollpunkten, die durch Linien miteinander verbunden sind. Typischerweise entspricht der Abstand zwischen den Kontrollpunkten etwa einem Pixel. XLD Objekte enthalten neben den Kontrollpunkten sogenannte lokale und globale Attribute. Typische Beispiele für diese sind die Kantenamplitude eines Kontrollpunktes oder die Regressionsparameter eines Kontursegments. Die Konturverarbeitung ist z.B. für subpixel-genaue Messungen geeignet. Subpixel-genaue Operationen können beschleunigt werden, wenn sie in einer geeigneten ROI ausgeführt werden.

Weiterführende Information

Weitere Details zu den in HALCON verfügbaren Datenstrukturen finden sich im „Quick Guide".

22.1 Information

compare_obj (Objects1, Objects2 : : Epsilon : IsEqual)

Vergleich von ikonischen Objekten hinsichtlich ihrer Gleichheit.

Der Operator compare_obj vergleicht ikonische Objekte. Die ikonischen Objekte werden in den beiden Eingabeparametern Objects1 und Objects2 in Form von (möglicherweise gemischten) Tupeln von Bildern, Regionen oder XLDs übergeben. Dabei wird (für alle n) das n-te Objekt in Objects1 mit dem n-ten Objekt in Objects2 verglichen. Wenn die beiden übergebenen Objekttupel gleich lang und alle Objekte identisch sind, wird der Parameter IsEqual auf 1 gesetzt, andernfalls auf 0.

Die in HALCON verfügbaren ikonischen Objekte werden bei der Einleitung zu Kapitel Objekt vorgestellt.

Abhängig vom Typ der Eingabeobjekte müssen verschiedene Bedingungen erfüllt werden, damit zwei Objekte als gleich gelten. Im Folgenden sind die Bedingungen für die möglichen Objekte aufgelistet:

Bilder: Für alle Kanäle dürfen sich die Grauwerte der entsprechenden Pixel um nicht mehr als Epsilon unterscheiden. Dabei ist zu beachten, dass Bilder nur innerhalb ihres Definitionsbereich (ROI) miteinander verglichen werden und sie nur dann identisch sind, wenn sie auch den gleichen Definitionsbereich(ROI) aufweisen.

Regionen: Die Regionen müssen identisch sein. Der Parameter Epsilon hat keine Auswirkung auf den Vergleich von Regionen.

XLD Konturen: XLD Konturen müssen die gleiche Anzahl an Punkten sowie die gleichen Attribute haben. Die Koordinaten der Punkte und die Attributwerte dürfen sich um nicht mehr als Epsilon unterscheiden.

XLD Polygone: XLD Polygone müssen die gleiche Anzahl an Liniensegmenten aufweisen. Die Länge und die Orientierung dieser Segmente sowie die Koordinaten der Kontrollpunkte dürfen sich um nicht mehr als Epsilon unterscheiden.

XLD Parallelen und erweiterte XLD Parallelen: XLD Parallelen müssen einen identischen Index für das Start- und Endliniensegment der Parallelen des ersten Polygons (P1) und des zweiten Polygons (P2) sowie identische Zeiger zu der zugrundeliegenden Kontur aufweisen.

Modifizierte XLD Parallelen: Für modifizierte XLD Parallelen gelten dieselben Bedingungen wie für XLD Parallelen und erweiterte XLD Parallelen. Zusätzlich muss auch der Abstand zwischen den Liniensegmenten der parallelen Polygone identisch sein.

Im Gegensatz zu test_equal_obj, vergleicht compare_obj den tatsächlichen Inhalt der Objekte. Bei test_equal_obj wird hingegen nur bei Regionen der tatsächlichen Inhalt verglichen, während bei allen anderen Objekten nur geprüft wird, ob sie denselben Speicherort besitzen.

Parameter

▷ **Objects1** (input_object) . . . . . object(-array) ⇝ *object*
Referenzobjekte.

▷ **Objects2** (input_object) . . . . . object(-array) ⇝ *object*
Vergleichsobjekte.

▷ **Epsilon** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Maximal erlaubte Differenz zwischen zwei Grauwerten oder Koordinaten etc.
Default: 0.0
Wertevorschläge: Epsilon ∈ {0.0, 1.e-5}

▷ **IsEqual** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Boolescher Ergebniswert.

Ergebnis

compare_obj liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Unterscheidet sich die Anzahl der Objekte, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Ansonsten liefert compare_obj den Wert 2 (H_MSG_TRUE)

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

test_equal_obj, test_equal_region

Modul

Foundation

count_obj (Objects : : : Number)

Anzahl von Objekten in einem Tupel.

count_obj bestimmt für den Objektparameter Objects die Anzahl der Objekte, die dieser enthält. Dabei ist zu beachten, dass Objekt nicht gleichzusetzen ist mit Zusammenhangskomponente (siehe connection). Somit ist beispielsweise die Anzahl der Objekte einer Region, die aus drei nicht zusammenhängenden Teilen besteht, gleich 1.

Die in HALCON verfügbaren ikonischen Objekte werden bei der Einleitung zu Kapitel Objekt vorgestellt.

Parameter

▷ **Objects** (input_object) . . . . . object-array ⇝ *object*
Zu untersuchende Objekte.
▷ **Number** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Objekte im Tupel Objects.

Komplexität

Laufzeitkomplexität: $O(|\text{Objects}|)$.

Ergebnis

count_obj liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

copy_obj, obj_to_integer, connection, set_system

Modul

Foundation

get_channel_info (Object : : Request, Channel : Information)

Informationen über die Komponenten eines Bildobjektes.

get_channel_info liefert Informationen über die Komponenten eines Bildobjektes. Folgende Abfragen (Request) sind derzeit möglich:

'creator' Ausgabe der Namen der Prozeduren, die die Komponenten (nicht das Objekt) ursprünglich angelegt haben.

'type' Ausgabe des Typs der Bildkomponente (byte, int1, int2, uint2 int4, real, direction, cyclic, complex, vector_field). Die Komponente 0 ist vom Typ 'region' oder 'xld'.

Im Tupel Channel werden die Nummern der Komponenten angegeben, über die Informationen gewünscht werden. Information enthält nach Ausführung von get_channel_info ein Tupel von Strings (je ein String pro Eintrag in Channel) mit den gewünschten Informationen.

Die in HALCON verfügbaren ikonischen Objekte werden bei der Einleitung zu Kapitel Objekt vorgestellt.

Parameter

▷ **Object** (input_object) ..... object ⇝ *object*
Zu untersuchendes Bildobjekt.

▷ **Request** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Gewünschte Information über Objektkomponenten.
Default: 'creator'
Werteliste: Request ∈ {'creator', 'type'}

▷ **Channel** (input_control) ..... channel(-array) ⇝ *integer*
Zu untersuchende Komponenten (0 für Region/XLD).
Default: 0
Wertevorschläge: Channel ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}

▷ **Information** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Angeforderte Information.

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, liefert get_channel_info den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_image

Siehe auch

count_relation

Modul

Foundation

get_obj_class (Object : : : Class)

Name der Klasse eines Bildobjektes.

get_obj_class liefert zu jedem Objekt den Namen der zugehörigen Klasse. Folgende Klassen sind möglich:

'image' Objekt mit Region (Definitionsbereich) und mindestens einem Kanal.

'region' Objekt mit einer Region ohne Grauwerte.

'xld_cont' XLD-Objekt als Kontur

'xld_poly' XLD-Objekt als Polygon

'xld_parallel' XLD-Objekt mit parallelen Polygonen

Die in HALCON verfügbaren ikonischen Objekte werden bei der Einleitung zu Kapitel Objekt vorgestellt.

Parameter

▷ **Object** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Bildobjekte.

▷ **Class** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Name der Klasse.

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, liefert `get_obj_class` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`disp_image`, `disp_region`, `disp_xld`

Siehe auch

`get_channel_info`, `count_relation`

Modul

Foundation

test_equal_obj (Objects1, Objects2 : : : IsEqual)

Vergleich von Bildobjekten auf Gleichheit.

`test_equal_obj` vergleicht die Regionen und Grauwertkomponenten aller Objekte der beiden Eingabeparameter. Verglichen wird das n-te Objekt in `Objects1` mit dem n-ten Objekt in `Objects2` (für alle n). Falls alle entsprechenden Regionen gleich sind und auch die Anzahl der Regionen identisch ist, erhält `IsEqual` den Wert TRUE, ansonsten FALSE.

Die in HALCON verfügbaren ikonischen Objekte werden bei der Einleitung zu Kapitel Objekt vorgestellt.

Achtung

Bildmatrizen und XLDs werden nicht auf ihren Inhalt verglichen. Zwei Bilder resp. XLDs sind daher „gleich“, wenn sie an der gleichen Stelle im Speicher stehen. Im Gegensatz dazu wird bei Regionen, die nicht an der gleichen Stelle im Speicher stehen, der tatsächliche Inhalt verglichen. Falls die Eingabeparameter leer sind und das Verhalten mit `set_system(::'no_object_result','true':)` gesetzt wurde, wird `IsEqual` auf TRUE gesetzt, da alle Eingaben (= leere Menge) gleich sind.

Parameter

▷ **Objects1** (input_object) ..... object-array ⇝ *object*
Testobjekte.

▷ **Objects2** (input_object) ..... object-array ⇝ *object*
Vergleichsobjekte.

▷ **IsEqual** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Boolescher Ergebniswert.

Komplexität

Sei F die Fläche einer Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität bei Ergebnis TRUE $O(1)$ oder $O(sqrt(F))$ und bei Ergebnis FALSE $O(sqrt(F))$.

Ergebnis

`test_equal_obj` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::`

'no_object_result',<Result>:) festlegen. Unterscheidet sich die Anzahl der Objekte, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Ansonsten liefert test_equal_obj den Wert 2 (H_MSG_TRUE)

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

compare_obj, test_equal_region

Modul

Foundation

22.2 Manipulation

clear_obj (Objects : : :)

Löschen von Bildobjekten aus der HALCON-Datenbank.

clear_obj löscht ikonische Objekte in der Datenbank, die nicht mehr benötigt werden. Es ist zu beachten, dass clear_obj in HALCON/C die einzige Möglichkeit ist, Objekte in der Datenbank zu löschen und damit den Speicherplatz freizugeben. In allen anderen HALCON-Sprachschnittstellen darf clear_obj **nicht** verwendet werden, da die Objekte automatisch durch geeignete Destruktoren freigegeben werden.

Bildmatrizen und Regionen werden von mehreren Bildobjekten gemeinsam verwendet (Speicherplatz!). Dies hat Konsequenzen für das Löschen: Eine Region oder ein Bild werden erst gelöscht, wenn alle Bildobjekte, die sie verwenden gelöscht wurden.

Mit reset_obj_db kann das System zurückgesetzt und alle verbliebenen Bildobjekte gelöscht werden.

Die in HALCON verfügbaren ikonischen Objekte werden bei der Einleitung zu Kapitel Objekt vorgestellt.

Achtung

Zur Verwendung von lokalen Variablen in HALCON/C: Da beim Verlassen einer Prozedur nur die lokalen Variablen beseitigt werden, die Datenbank von HALCON dabei aber nicht modifiziert wird, ist es nötig, vor dem Verlassen der Prozedur lokale Objekte zu löschen.

Parameter

▷ **Objects** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Zu löschende Objekte.

Ergebnis

Sind die Surrogate korrekt, d.h. alle Objekte in der HALCON-Datenbank vorhanden, dann liefert clear_obj den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Sind nicht alle Surrogate zulässig (z.B. schon gelöscht), so führt dies zu einer Fehlerbehandlung, die zur Folge hat, dass auch korrekte Surrogate nicht gelöscht werden. Mit dem Aufruf set_check ('~clear') wird erreicht, dass bei fehlerhaften Surrogaten keine Fehlerbehandlung erfolgt und alle möglichen Löschungen ausgeführt werden. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabeobjekte vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

reset_obj_db

Siehe auch

set_check

Modul

none

concat_obj (Objects1, Objects2 : ObjectsConcat : :)

Konkatenieren von zwei Objekttupeln zu einem Tupel von Objekten.

concat_obj konkateniert die Objekttupel Objects1 und Objects2 zu einem neuen Tupel ObjectsConcat. Dieses enthält also alle ikonischen Objekte, die in den beiden Eingabelisten enthalten sind:

ObjectsConcat = [Objects1,Objects2]

In ObjectsConcat werden erst alle Objekte aus Objects1 und dann die Objekte von Objects2 abgelegt. Die Reihenfolge der Objekte wird dabei nicht verändert. Zu beachten ist, dass dabei Referenzen auf die Bilder und Regionen angelegt werden, aber nicht die Bilder und Regionen selber kopiert werden. Das bedeutet, dass Änderungen an Eingabebildern, die z.B. mit set_grayval, overpaint_gray oder overpaint_region durchgeführt werden, auch die Bilder des Ausgabetupels ObjectsConcat betreffen und umgekehrt.

concat_obj ist nicht mit union1 oder union2 zu verwechseln, bei denen die Regionen vereinigt werden, also die Anzahl der Objekte verändert wird.

Mit concat_obj ist es möglich, Objekte verschiedener Bildobjekttypen (z.B. Bilder und XLD-Konturen) zu einem Objekt zu konkatenieren. Dies ist ausschließlich dann sinnvoll, wenn es unumgänglich ist, in einer Objektvariable z.B. alle Ergebnisse einer Bildverarbeitungssequenz aufzusammeln. Dabei ist zu beachten, dass die einzigen Operatoren, die diese Art von gemischten Objekttupeln verarbeiten können, concat_obj, copy_obj, select_obj und disp_obj sind.

Die in HALCON verfügbaren ikonischen Objekte werden bei der Einleitung zu Kapitel Objekt vorgestellt.

Parameter

- ▷ **Objects1** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
  Objekttupel 1.
- ▷ **Objects2** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
  Objekttupel 2.
- ▷ **ObjectsConcat** (output_object) ..... object-array ⇝ *object*
  Enthält (Kopien aller) Objekte aus Objects1 und Objects2.

Beispiel

```
/* generate a tuple of a circle and a rectangle */

gen_circle(&Circle,200.0,400.0,23.0);
gen_rectangle1(&Rectangle,23.0,44.0,203.0,201.0);
concat_obj(Circle,Rectangle,&CircleAndRectangle);
disp_region(CircleAndRectangle,WindowHandle);
```

Komplexität

Laufzeitkomplexität: $O(|\texttt{Objects1}| + |\texttt{Objects2}|)$;

Speicherplatzkomplexität der Ergebnisdaten: $O(|\texttt{Objects1}| + |\texttt{Objects2}|)$

Ergebnis

Sind die Surrogate korrekt, d.h. alle Objekte in der HALCON-Datenbank vorhanden, dann liefert concat_obj den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabeobjekte vorhanden) lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

`count_obj`, `copy_obj`, `select_obj`, `disp_obj`

Modul

Foundation

`copy_obj` (`Objects` : `ObjectsSelected` : `Index`, `NumObj` :)

Kopieren von Bildobjekten in der HALCON-Datenbank.

`copy_obj` kopiert `NumObj` Bildobjekte ab Position `Index` (beginnend mit 1) aus dem Tupel von Eingabeobjekten in `Objects`. Das resultierende Tupel von Ausgabeobjekten wird in `ObjectsSelected` abgelegt. Wird für `NumObj` der Wert -1 verwendet, dann werden alle Objekte ab `Index` kopiert. Beim Kopieren werden die Region und die Bilder nicht dupliziert. Es werden neue Objekte angelegt, die Verweise auf die Regionen und Bilder enthalten. Die Anzahl von Objekten in einem Tupel kann mit `count_obj` abgefragt werden.

Die in HALCON verfügbaren ikonischen Objekte werden bei der Einleitung zu Kapitel Objekt vorgestellt.

Parameter

▷ **`Objects`** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Objekte, die kopiert werden sollen.

▷ **`ObjectsSelected`** (output_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Kopierte Objekte.

▷ **`Index`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Ab dieser Position in dem Tupel Object werden Bildobjekte kopiert.
Default: 1
Wertevorschläge: `Index` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000}
Wertebereich: 1 ≤ Index
Restriktion: Index <= number(Objects)

▷ **`NumObj`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der zu kopierenden Bildobjekte oder -1.
Default: 1
Wertevorschläge: `NumObj` ∈ {-1, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000}
Wertebereich: -1 ≤ NumObj
Restriktion: NumObj + Index - 1 <= number(Objects) && NumObj != 0

Beispiel

```
gen_circle (Circles, [100,200,400], [200,100,400], [100,100,50])
copy_obj (Circles, CircleCopy, 2, 3)
erosion_circle (CircleCopy, CircleErosion, 15.5)
dev_set_color ('red')
dev_set_draw ('fill')
dev_display(Circles)
dev_set_color ('white')
dev_set_draw ('margin')
dev_display (CircleCopy)
dev_set_color ('green')
dev_display (CircleErosion)
```

Komplexität

Laufzeitkomplexität: $O(|\texttt{Objects}| + \texttt{NumObj})$;

Speicherkomplexität der Ausgabedaten: $O(\texttt{NumObj})$

Ergebnis

Sind die Surrogate korrekt, d.h. alle Objekte in der HALCON-Datenbank vorhanden und die Parameter korrekt, dann liefert `copy_obj` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabeobjekte vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`count_obj`

Alternativen

`select_obj`

Siehe auch

`count_obj`, `concat_obj`, `obj_to_integer`, `copy_image`

Modul

Foundation

`gen_empty_obj ( : EmptyObject : : )`

Erzeugen eines leere Objekttupels.

`gen_empty_obj` erzeugt eine leeres Tupel. Dies bedeutet, dass der Ausgabeparameter keine Objekte enthält. `count_obj` liefert also 0. Es kann aber `clear_obj` für die Ausgabe aufgerufen werden. Es ist zu beachten, dass keine Objekte nicht mit einer leeren Region zu verwechseln sind. Bei einer leeren Region, d.h. einer Region mit 0 Bildpunkten liefert `count_obj` den Wert 1.

Die in HALCON verfügbaren ikonischen Objekte werden bei der Einleitung zu Kapitel Objekt vorgestellt.

Parameter

▷ **`EmptyObject`** (output_object) ..... object ⇝ *object*
Keine Objekte.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

`insert_obj ( Objects, ObjectsInsert : ObjectsExtended : Index : )`

Einfügen von Bildobjekten in ein ikonisches Objekt-Tupel.

`insert_obj` fügt die Elemente von `ObjectsInsert` in das Object-Tupel `Objects` an der Stelle `Index` ein und gibt das Ergebnis in `ObjectsExtended` zurück.

`Index` muss einen einelementigen Integerwert enthalten. Dabei ist zu beachten, dass die Indizes anders als bei Steuerungs-Tupeln bei Objekt-Tupeln mit 1 beginnen. Die Länge von `ObjectsExtended` ist die Summe der Länge von `Objects` und `ObjectsInsert`. Bilder, Regionen und XLDs können in `Objects` und `ObjectsInsert` gemischt verwendet werden.

Parameter

- ▷ **Objects** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
  Eingabe Objekt-Tupel.
- ▷ **ObjectsInsert** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
  Einzufügendes Objekt-Tupel.
- ▷ **ObjectsExtended** (output_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
  Erweitertes Ausgabe Objekt-Tupel.
- ▷ **Index** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
  Einfüge-Index.

Beispiel

```
gen_image_const (Image1, 'byte', 1, 1)
gen_image_const (Image3, 'byte', 3, 3)
concat_obj (Image1, Image3, Images)
gen_image_const (Image, 'byte', 2, 2)
insert_obj (Images, Image, Images, 2)
```

Komplexität

Typische Komplexität der Laufzeit: $O(|\texttt{Objects}| + |\texttt{ObjectsInsert}|)$.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`count_obj`

Nachfolger

`count_obj`

Alternativen

`concat_obj`

Siehe auch

`count_obj`, `select_obj`, `copy_obj`, `remove_obj`

Modul

Foundation

integer_to_obj (: Objects : SurrogateTuple :)

Konversion von „ganzen Zahlen“ zu Surrogaten (Bildobjekten).

`integer_to_obj` arbeitet invers zu `obj_to_integer`. Alle Surrogate auf Steuerparameterpositionen werden als Objekte abgelegt. Es ist zu beachten, dass im Gegensatz zu `obj_to_integer` die Objekte dupliziert werden. `integer_to_obj` ist speziell für HALCON/C, da hier Bildobjekte und Steuerparameter unterschiedlich behandelt werden. Bitte beachten Sie, dass das Program abstürzt, wenn in `SurrogateTuple` der Wert *0* übergeben wird, da dies kein gültiger Zeiger ist.

Die in HALCON verfügbaren ikonischen Objekte werden bei der Einleitung zu Kapitel Objekt vorgestellt.

Achtung

Die Objekte werden in der Datenbank dupliziert.

Parameter

▷ **Objects** (output_object) . . . . . object(-array) ⇝ *object*
Surrogate auf Bildobjektposition.

▷ **SurrogateTuple** (input_control) . . . . . pointer(-array) ⇝ *integer*
Tupel von Surrogaten.

Ergebnis

`integer_to_obj` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameterwerte korrekt sind, es sich also um Objektschlüssel handelt. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabeobjekte vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

`obj_to_integer`

Modul

Foundation

obj_diff (Objects, ObjectsSub : ObjectsDiff : :)

Mengendifferenz zweier Objekttupel.

`obj_diff` berechnet die Mengendifferenz von Objekttupeln:

(Objekte aus `Objects`) − (Objekte aus `ObjectsSub`)

Das Ergebnistupel `ObjectsDiff` berechnet sich aus dem Eingabetupel `Objects` minus aller Objekte aus `ObjectsSub`.

Die in HALCON verfügbaren ikonischen Objekte werden bei der Einleitung zu Kapitel Objekt vorgestellt.

Achtung

Bildmatrizen und XLDs werden nicht auf ihren Inhalt verglichen. Zwei Bilder resp. XLDs sind daher „gleich“, wenn sie an der gleichen Stelle im Speicher stehen. Im Gegensatz dazu wird bei Regionen, die nicht an der gleichen Stelle im Speicher stehen, der tatsächliche Inhalt verglichen.

Parameter

▷ **Objects** (input_object) . . . . . object(-array) ⇝ *object*
Objekttupel 1.

▷ **ObjectsSub** (input_object) . . . . . object(-array) ⇝ *object*
Objekttupel 2.

▷ **ObjectsDiff** (output_object) . . . . . object(-array) ⇝ *object*
Enthält (Kopien aller) Objekte aus `Objects`, die nicht in `ObjectsSub` enthalten sind.

Ergebnis

`obj_diff` liefert immer den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

`test_equal_obj`, `count_obj`, `copy_obj`, `select_obj`

Modul

Foundation

obj_to_integer (Objects : : Index, Number : SurrogateTuple)

Konversion von Surrogaten (Bildobjekten) zu „ganzen Zahlen“.

`obj_to_integer` speichert ab der angegebenen Stelle (`Index`) die gewünschte Anzahl von Surrogaten der Objekte (Objektschlüssel) aus `Objects` als Integer-Werte im Ausgabeparameter `SurrogateTuple`. Wird für `Number` der Wert -1 verwendet, dann werden alle Objekte ab `Index` kopiert. Damit wird ein Direktzugriff auf ein beliebiges Element von `Objects` möglich. Im Zusammenhang mit `count_obj` (liefert die Anzahl der in `Objects` enthaltenen Objekte) kann man so eine sukzessive Abarbeitung der einzelnen Objekte in `Objects` durchführen. Die Objekte werden von `obj_to_integer` nicht dupliziert und dürfen deshalb nicht gelöscht (`clear_obj`) werden.

Die in HALCON verfügbaren ikonischen Objekte werden bei der Einleitung zu Kapitel Objekt vorgestellt.

Achtung

Die Daten der Objekte werden nicht dupliziert.

Parameter

- ▷ **Objects** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
  Objekte, deren Surrogate ausgegeben werden.
- ▷ **Index** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Ab diesem Element werden die Surrogate der Objekte ausgegeben.
  Default: 1
  Wertebereich: 1 ≤ Index
- ▷ **Number** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der zu übergebenden Surrogate.
  Default: -1
  Restriktion: Number == -1 || Number + Index <= number(Objects)
- ▷ **SurrogateTuple** (output_control) ..... pointer(-array) ⇝ *integer*
  Tupel der Surrogate

Beispiel

```
* Access the i-th element:
obj_to_integer(Objects,i,1,Surrogat)
```

Komplexität

Laufzeitkomplexität: $O(|\texttt{Objects}| + \texttt{Number})$

Ergebnis

`obj_to_integer` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameterwerte korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabeobjekte vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

copy_obj, select_obj, copy_image, gen_image_proto

Siehe auch

integer_to_obj, count_obj

Modul

Foundation

remove_obj (Objects : ObjectsReduced : Index :)

Entferne Objekte aus einem ikonischen Objekt-Tupel.

remove_obj entfernt die von Index referenzierten Objekte dem Objekt-Tupel Objects und gibt die verbleibenden Objekte in dem Tupel ObjectsReduced zurück. Index bestimmt die Indizes der Elemente, die entfernt werden sollen. Dabei ist zu beachten, dass die Indizes anders als bei Steuerungs-Tupeln bei Objekt-Tupeln mit 1 beginnen. Duplikate und Indizes außerhalb des Bereiches werden ignoriert.

Parameter

- ▷ **Objects** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
  Eingabe Objekt-Tupel.
- ▷ **ObjectsReduced** (output_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
  Verbleibende Objekt-Tupel.
- ▷ **Index** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *integer*
  Indizes der zu entfernenden Objekte.

Beispiel

```
gen_empty_obj (Images)
for Index := 1 to 10 by 1
  gen_image_const (Image, 'byte', Index, Index)
  concat_obj (Images, Image, Images)
endfor

remove_obj (Images, Images, [7, 4])
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

select_obj

Siehe auch

count_obj, select_obj, copy_obj, insert_obj

Modul

Foundation

replace_obj (Objects, ObjectsReplace : Replaced : Index :)

Ersetzen einzelner Elemente aus einem ikonischen Objekt-Tupel.

replace_obj ersetzt einzelne Elemente aus einem ikonischen Objekt-Tupel Objects und gibt das veränderte Tupel mit dem Parameter Replaced zurück. Der Parameter Index enthält hierbei die Indizes der Elemente und ObjectsReplace die entsprechenden ikonischen Elementwerte, die ersetzt werden. Folglich darf Index

ausschließlich ganze Zahlen beinhalten (falls Index eine Gleitkommazahl enthält, so muss diese eine ganze Zahl repräsentieren; alle Nachkommastellen der Zahl müssen also 0 sein). Ikonische Tupelindizes werden beginnend mit 1 gezählt, das heißt das erste Tupelelement wird über den Index 1 ausgewählt. Falls ObjectsReplace nur ein Objekt enthält, dann wird dieses an allen in Index angegebenen Indizes eingesetzt. Falls ein Indexwert größer als die Tupellänge des Eingabeobjektes ist, so wird das Ergebnistupel Replaced entsprechend verlängert und mit leeren Regionen aufgefüllt.

Sonderfall: Leere Eingabewerte

Ist einer der beiden Eingabeparameter Index und ObjectsReplace leer und das andere nicht, wird eine Fehlermeldung angezeigt. Sind beide leer, entspricht das Ausgabeobjekt Replaced dem Eingabeobjekt Objects. Sind beide nicht leer, aber das Eingabeobjekt Objects ist leer, wird das leere Objekt entsprechend der oben beschriebenen Vorgehensweise erweitert.

Parameter

- ▷ **Objects** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
  Ikonisches Eingabeobjekt.
- ▷ **ObjectsReplace** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
  Ikonisches Objekt-Tupel mit den einzusetzenden Elementen.
- ▷ **Replaced** (output_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
  Ikonisches Ausgabe-Tupel mit den ersetzten Elementen.
- ▷ **Index** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *integer*
  Indizes der zu ersetzenden Elemente.

Beispiel

```
gen_empty_obj (Images)
for Index := 1 to 10 by 1
  gen_image_const (Image, 'byte', Index, Index)
  concat_obj (Images, Image, Images)
endfor
gen_empty_obj (Replace)

replace_obj (Images, Replace, Images, 1)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

select_obj

Siehe auch

count_obj, select_obj, copy_obj, insert_obj

Modul

Foundation

select_obj (Objects : ObjectSelected : Index :)

Selektieren von Bildobjekten.

select_obj kopiert die Bildobjekte an den Positionen, die durch Index (beginnend mit 1) gegeben sind, aus dem Tupel von Eingabeobjekten in Objects. Beim Kopieren werden die Region und die Bilder nicht dupliziert. Es werden neue Objekte angelegt, die Verweise auf die Regionen und Bilder enthalten. Die Anzahl von Objekten in einem Tupel kann mit count_obj abgefragt werden.

Die in HALCON verfügbaren ikonischen Objekte werden bei der Einleitung zu Kapitel Objekt vorgestellt.

Parameter

▷ **Objects** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Eingabeobjekte.

▷ **ObjectSelected** (output_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Selektierte Objekte.

▷ **Index** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Indizes der Objekte, die selektiert werden sollen.
Default: 1
Wertevorschläge: `Index` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000}
Restriktion: Index >= 1

Beispiel

```
/* Access to all Regions */

count_obj(Regions,&Num);
for (i=1; i<=Num; i++)
{
  select_obj(Regions,&Single,i);
  T_get_region_polygon(Single,5.0,&Row,&Column);
  T_disp_polygon(WindowHandleTuple,Row,Column);
  destroy_tuple(Row);
  destroy_tuple(Column);
}
```

Komplexität

Laufzeitkomplexität: $O(|\texttt{Objects}|)$

Ergebnis

Sind die Surrogate korrekt, d.h. alle Objekte in der HALCON-Datenbank vorhanden und die Parameter korrekt, dann liefert `select_obj` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabeobjekte vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Unterstützt Objekte auf Compute Devices.
- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`count_obj`

Alternativen

`copy_obj`

Siehe auch

`count_obj`, `concat_obj`, `obj_to_integer`

Modul

Foundation

Kapitel 23

Regionen

Für Informationen zum grundlegenden Konzept von Regionen in HALCON siehe das Beispielprogramm `halcon_basic_concepts.hdev`.

23.1 Generierung

gen_checker_region (: RegionChecker : WidthRegion, HeightRegion, WidthPattern, HeightPattern :)

Erzeugen einer schachbrettartigen Region.

`gen_checker_region` liefert eine schachbrettartige Region. Dabei gehören jeweils die schwarzen Felder des Schachbretts zur Region. Die horizontale und vertikale Ausdehnung der Region wird durch `WidthRegion` bzw. `HeightRegion` begrenzt, die Größe der Felder des Schachbrettes durch `WidthPattern` × `HeightPattern`.

Achtung

Wird das Muster sehr klein gewählt (`WidthPattern` < 4) und die Begrenzung groß, so benötigt die erzeugte Region viel Speicher.

Parameter

- ▷ **RegionChecker** (output_object) ..... region ⇝ *object*
  Erzeugte Schachbrett-Region.
- ▷ **WidthRegion** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Größter auftretender x-Wert der Region.
  Default: 511
  Wertevorschläge: `WidthRegion` ∈ {10, 20, 31, 63, 127, 255, 300, 400, 511}
  Wertebereich: $1 \leq$ WidthRegion (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- ▷ **HeightRegion** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Größter auftretender y-Wert der Region.
  Default: 511
  Wertevorschläge: `HeightRegion` ∈ {10, 20, 31, 63, 127, 255, 300, 400, 511}
  Wertebereich: $1 \leq$ HeightRegion (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **WidthPattern** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
Breite eines Feldes des Schachbrettes.
Default: 64
Wertevorschläge: WidthPattern ∈ {1, 2, 4, 8, 16, 20, 32, 64, 100, 128, 200, 300, 500}
Wertebereich: 1 ≤ WidthPattern (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10
Restriktion: WidthPattern < WidthRegion

▷ **HeightPattern** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
Höhe eines Feldes des Schachbrettes.
Default: 64
Wertevorschläge: HeightPattern ∈ {1, 2, 4, 8, 16, 20, 32, 64, 100, 128, 200, 300, 500}
Wertebereich: 1 ≤ HeightPattern (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10
Restriktion: HeightPattern < HeightRegion

Beispiel

```
gen_checker_region(Checker,512,512,32,64)
dev_set_draw('fill')
dev_display (Checker)
```

Komplexität

Der benötigte Speicher (in Byte) für die Region ist:

$O((\texttt{WidthRegion} * \texttt{HeightRegion})/\texttt{WidthPattern})$

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gen_checker_region den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Das Clipping am aktuellen Bildformat wird durch set_system ('clip_region',<'true'/'false'>) festgelegt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

paint_region

Alternativen

gen_grid_region, gen_region_polygon_filled, gen_region_points, gen_region_runs, gen_rectangle1, concat_obj, gen_random_region, gen_random_regions

Siehe auch

reduce_domain

Modul

Foundation

gen_circle (: Circle : Row, Column, Radius :)

Erzeugen eines Kreises.

gen_circle generiert einen oder mehrere Kreise, die durch Mittelpunkt und Radius beschrieben werden. Sollen mehrere Kreise erzeugt werden, sind die Koordinaten in Form von Tupeln zu übergeben.

gen_circle erzeugt ausschließlich symmetrische Kreise. Dazu wird intern der Radius auf ein Vielfaches von 0.5 abgerundet. Wird für den Radius ein ganzzahliger Wert (1, 2, 3, ...) angegeben, so ergibt sich ein geradzahliger Durchmesser und damit ein Kreis, der nur bezüglich eines Mittelpunktes mit Nachkommaanteil 0.5 symmetrisch

sein kann. Intern werden also in diesem Fall die Koordinaten des Mittelpunktes auf die nächstgelegenen Koordinaten mit einem Nachkommaanteil von 0.5 angepasst. Hierbei werden ganzzahlige Koordinaten auf die nächstkleineren Koordinaten mit einem Nachkommaanteil von 0.5 abgerundet. Bei ungeradzahligem Durchmesser (Radius = 1.5, 2.5, 3.5, ...) erhält man einen Kreis, der nur bezüglich eines Mittelpunktes mit ganzzahligen Koordinaten symmetrisch sein kann. Intern werden also in diesem Fall die Koordinaten des Mittelpunktes auf die nächstgelegenen ganzzahligen Koordinaten gerundet. Es ist zu beachten, dass durch den obigen Algorithmus Kreise mit einem geradzahliger Durchmesser *nicht* in Kreisen mit dem nächstgrößeren ungeradzahligem Durchmesser enthalten sein müssen, selbst wenn die in `Row` und `Column` angegebenen Koordinaten identisch sind.

Falls der Kreis über den Bildrand reicht, wird je nach Wert des Systemflags *'clip_region'* (`set_system`) der Kreis auf das aktuelle Bildformat beschnitten.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Elemente erzeugt und zurückgegeben werden.

Achtung

Aus Geschwindigkeitsgründen kann die Ergebnisregion zusätzliche Pixel am Rand enthalten, und einige einzelne Pixel am Rand können fehlen. Dies kann zu einer Inkonsistenz zwischen den Operatoren `smallest_circle` und `gen_circle` führen.

Parameter

- ▷ **`Circle`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Erzeugter Kreis.
- ▷ **`Row`** (input_control) ..... circle.center.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenindex des Schwerpunktes.
  Default: 200.0
  Wertevorschläge: `Row` ∈ {0.0, 10.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0}
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 1.0
  Empfohlene Schrittweite: 10.0
- ▷ **`Column`** (input_control) ..... circle.center.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenindex des Schwerpunktes.
  Default: 200.0
  Wertevorschläge: `Column` ∈ {0.0, 10.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0}
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 1.0
  Empfohlene Schrittweite: 10.0
- ▷ **`Radius`** (input_control) ..... circle.radius(-array) ⇝ *real* / integer
  Radius des Kreises.
  Default: 100.5
  Wertevorschläge: `Radius` ∈ {1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5, 9.5, 11.5, 15.5, 20.5, 25.5, 31.5, 50.5}
  (lin)
  Restriktion: Radius > 0.0

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
gen_circle(Circle,300.0,200.0,150.5)
reduce_domain(Image,Circle,Mask)
dev_clear_window ()
dev_display (Mask)
```

Komplexität

Laufzeitkomplexität: $O(\texttt{Radius} * 2)$

Speicherplatzkomplexität (Byte): $O(\texttt{Radius} * 8)$

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_circle` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Das Clipping am aktuellen Bildformat wird

durch set_system('clip_region',<'true'/'false'>) festgelegt. Entsteht durch Clipping (der Kreis liegt völlig außerhalb des Bildformats) eine leere Region, dann legt set_system ('store_empty_region',<'true'/'false'>) fest, ob die leere Region ausgegeben wird.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

paint_region, reduce_domain

Alternativen

gen_ellipse, gen_region_polygon_filled, gen_region_points, gen_region_runs, draw_circle

Siehe auch

disp_circle, set_shape, smallest_circle, reduce_domain

Modul

Foundation

gen_circle_sector (: CircleSector : Row, Column, Radius, StartAngle, EndAngle :)

Erzeugen eines Kreisausschnitts.

gen_circle_sector generiert einen oder mehrere Kreisschnitte, die durch Mittelpunkt und Radius beschrieben werden. Sollen mehrere Kreise erzeugt werden, sind die Koordinaten in Form von Tupeln zu übergeben.

gen_circle_sector erzeugt ausschließlich symmetrische Kreise. Dazu wird intern der Radius auf ein Vielfaches von 0.5 abgerundet. Wird für den Radius ein ganzzahliger Wert (1, 2, 3, ...) angegeben, so ergibt sich ein geradzahliger Durchmesser und damit ein Kreis, der nur bezüglich eines Mittelpunktes mit Nachkommaanteil 0.5 symmetrisch sein kann. Intern werden also in diesem Fall die Koordinaten des Mittelpunktes auf die nächstgelegenen Koordinaten mit einem Nachkommaanteil von 0.5 angepasst. Hierbei werden ganzzahlige Koordinaten auf die nächstkleineren Koordinaten mit einem Nachkommaanteil von 0.5 abgerundet. Bei ungeradzahligem Durchmesser (Radius = 1.5, 2.5, 3.5, ...) erhält man einen Kreis, der nur bezüglich eines Mittelpunktes mit ganzzahligen Koordinaten symmetrisch sein kann. Intern werden also in diesem Fall die Koordinaten des Mittelpunktes auf die nächstgelegenen ganzzahligen Koordinaten gerundet. Es ist zu beachten, dass durch den obigen Algorithmus Kreise mit einem geradzahliger Durchmesser *nicht* in Kreisen mit dem nächstgrößeren ungeradzahligem Durchmesser enthalten sein müssen, selbst wenn die in Row und Column angegebenen Koordinaten identisch sind.
Die Winkel werden in Bogenmaß in mathematisch positivem Drehsinn angegeben. Dies wird in der unten folgenden Illustration veranschaulicht. Der Wert *'rad(360)'* ist äquivalent zu *0*. Entsprechend ergibt ein Sektor mit StartAngle = *0* und EndAngle = *'rad(360)'* eine leere Region.

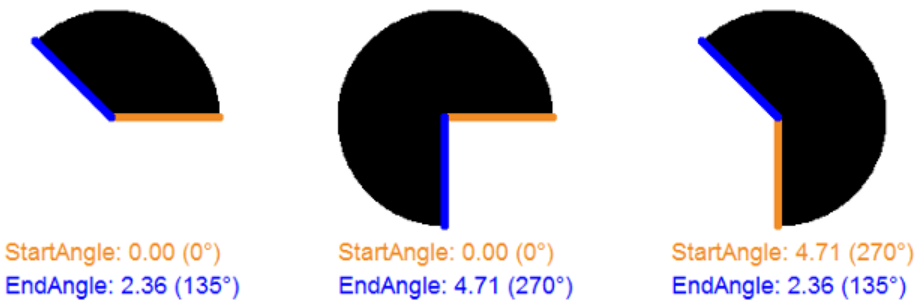


Illustration verschiedener Winkelkombinationen.

Falls der Kreis über den Bildrand reicht, wird je nach Wert des Systemflags *'clip_region'* (`set_system`) der Kreis auf das aktuelle Bildformat beschnitten.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Elemente erzeugt und zurückgegeben werden.

Parameter

- ▷ **`CircleSector`** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Erzeugter Kreisausschnitt.
- ▷ **`Row`** (input_control) . . . . . coordinates.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenindex des Schwerpunktes.
  Default: 200.0
  Wertevorschläge: `Row` ∈ {0.0, 10.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0}
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 1.0
  Empfohlene Schrittweite: 10.0
- ▷ **`Column`** (input_control) . . . . . coordinates.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenindex des Schwerpunktes.
  Default: 200.0
  Wertevorschläge: `Column` ∈ {0.0, 10.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0}
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 1.0
  Empfohlene Schrittweite: 10.0
- ▷ **`Radius`** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Radius des Kreises.
  Default: 100.5
  Wertevorschläge: `Radius` ∈ {1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5, 9.5, 11.5, 15.5, 20.5, 25.5, 31.5, 50.5}
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 1.0
  Empfohlene Schrittweite: 10.0
  Restriktion: Radius > 0.0
- ▷ **`StartAngle`** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
  Startwinkel des Kreisausschnittes.
  Default: 0.0
  Wertevorschläge: `StartAngle` ∈ {0.0, 0.785398, 1.5708, 2.35619, 3.14159, 3.92699, 4.71239, 5.49779, 6.28318}
  Wertebereich: 0 ≤ `StartAngle` ≤ 6.28318 (lin)
- ▷ **`EndAngle`** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
  Endwinkel des Kreisausschnittes.
  Default: 3.14159
  Wertevorschläge: `EndAngle` ∈ {0.0, 0.785398, 1.5708, 2.35619, 3.14159, 3.92699, 4.71239, 5.49779, 6.28318}
  Wertebereich: 0 ≤ `EndAngle` ≤ 6.28318 (lin)

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
gen_circle_sector(CircleSector,300.0,200.0,150.5,0,rad(120))
reduce_domain(Image,CircleSector,Mask)
dev_clear_window ()
dev_display (Mask)
```

Komplexität

Laufzeitkomplexität: $O(\texttt{Radius} * 2)$

Speicherplatzkomplexität (Byte): $O(\texttt{Radius} * 8)$

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_circle` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Das Clipping am aktuellen Bildformat wird durch `set_system('clip_region',<'true'/'false'>)` festgelegt. Entsteht durch Clipping (der Kreis liegt völlig außerhalb des Bildformats) eine leere Region, dann legt `set_system('store_empty_region',<'true'/'false'>)` fest, ob die leere Region ausgegeben wird.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`paint_region`, `reduce_domain`

Alternativen

`gen_ellipse`, `gen_ellipse_sector`, `gen_region_polygon_filled`, `gen_region_points`, `gen_region_runs`, `draw_circle`

Siehe auch

`disp_circle`, `disp_region`, `set_shape`, `smallest_circle`, `reduce_domain`

Modul

Foundation

gen_ellipse (: Ellipse : Row, Column, Phi, Radius1, Radius2 :)

Erzeugen einer Ellipse.

`gen_ellipse` generiert eine oder mehrere Ellipsen mit dem Schwerpunkt (`Row`, `Column`), der Orientierung `Phi` und den Halbradien (Halbachsen) `Radius1` und `Radius2`. Der Winkel wird in Bogenmaß bzgl. der x-Achse in mathematisch positivem Drehsinn angegeben. Es kann mehr als eine Region erzeugt werden, indem Tupel von Parameterwerten übergeben werden.

Der Schwerpunkt muss innerhalb der Bildkoordinaten liegen. Das Koordinatensystem läuft von (0,0) (linkes oberes Eck) bis (Width-1,Height-1). Siehe hierzu auch `get_system` und `reset_obj_db`. Falls die Ellipse über den Bildrand reicht, wird je nach dem Wert des Systemflags *'clip_region'* (`set_system`) die Ellipse auf das aktuelle Bildformat beschnitten.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Elemente erzeugt und zurückgegeben werden.

Parameter

▷ **Ellipse** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Erzeugte Ellipse(n).

▷ **Row** (input_control) . . . . . ellipse.center.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenindex des Schwerpunktes.
Default: 200.0
Wertevorschläge: `Row` ∈ {0.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 256.0, 300.0, 400.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Column** (input_control) . . . . . ellipse.center.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenindex des Schwerpunktes.
Default: 200.0
Wertevorschläge: `Column` ∈ {0.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 256.0, 300.0, 400.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Phi** (input_control) . . . . . ellipse.angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
Orientierung des längeren Radius (Radius1).
Default: 0.0
Wertevorschläge: Phi ∈ {-1.178097, -0.785398, -0.392699, 0.0, 0.392699, 0.785398, 1.178097}
(lin)

▷ **Radius1** (input_control) . . . . . ellipse.radius1(-array) ⇝ *real* / integer
Längerer Radius.
Default: 100.0
Wertevorschläge: Radius1 ∈ {2.0, 5.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 256.0, 300.0, 400.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0
Restriktion: Radius1 > 0

▷ **Radius2** (input_control) . . . . . ellipse.radius2(-array) ⇝ *real* / integer
Kürzerer Radius.
Default: 60.0
Wertevorschläge: Radius2 ∈ {1.0, 2.0, 4.0, 5.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 256.0, 300.0, 400.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0
Restriktion: Radius2 > 0

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
gen_ellipse (Ellipse, 200, 200, rad(10), 160, 90)
reduce_domain (Image, Ellipse, ImageReduced)
dev_clear_window ()
dev_display (ImageReduced)
```

Komplexität

Laufzeitkomplexität: $O(\texttt{Radius1} * 2)$

Speicherplatzkomplexität (Byte): $O(\texttt{Radius1} * 8)$

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gen_ellipse den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Das Clipping am aktuellen Bildformat wird durch set_system ('clip_region',<'true'/'false'>) festgelegt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

paint_region, reduce_domain

Alternativen

gen_circle, gen_region_polygon_filled, draw_ellipse

Siehe auch

disp_ellipse, set_shape, smallest_circle, reduce_domain

Modul

Foundation

gen_ellipse_sector (: EllipseSector : Row, Column, Phi, Radius1, Radius2, StartAngle, EndAngle :)

Erzeugen eines Ellipsenausschnittes.

gen_ellipse_sector generiert eine oder mehrere Ellipsen mit dem Schwerpunkt (Row, Column), der Orientierung Phi, den Halbradien Radius1 und Radius2 und den Start- und End-winkeln StartAngle und EndAngle. Der Winkel wird in Bogenmaß in mathematisch positivem Drehsinn angegeben. Eine Illustration zu den Winkeln kann bei dem Operator gen_circle_sector gefunden werden. Der Wert *'rad(360)'* ist äquivalent zu *0*. Entsprechend ergibt ein Sektor mit StartAngle = *0* und EndAngle = *'rad(360)'* eine leere Region. Es kann mehr als eine Region erzeugt werden, indem Tupel von Parameterwerten übergeben werden.

Der Schwerpunkt muss innerhalb der Bildkoordinaten liegen. Das Koordinatensystem läuft von (0,0) (linkes oberes Eck) bis (Width-1,Height-1). Siehe hierzu auch get_system und reset_obj_db. Falls die Ellipse über den Bildrand reicht, wird je nach dem Wert des Systemflags *'clip_region'* (set_system) die Ellipse auf das aktuelle Bildformat beschnitten.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Elemente erzeugt und zurückgegeben werden.

Parameter

▷ **EllipseSector** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Erzeugte Ellipse(n).

▷ **Row** (input_control) . . . . . coordinates.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenindex des Schwerpunktes.
Default: 200.0
Wertevorschläge: Row ∈ {0.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 256.0, 300.0, 400.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Column** (input_control) . . . . . coordinates.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenindex des Schwerpunktes.
Default: 200.0
Wertevorschläge: Column ∈ {0.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 256.0, 300.0, 400.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Phi** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
Orientierung des längeren Radius (Radius1).
Default: 0.0
Wertevorschläge: Phi ∈ {-1.5707, -1.1781, -0.785398, -0.392699, 0.0, 0.392699, 0.785398, 1.1781, 1.5707}
Wertebereich: -1.570796 ≤ Phi ≤ 1.570796 (lin)
Restriktion: - pi / 2 <= Phi <= pi / 2

▷ **Radius1** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
Längerer Radius.
Default: 100.0
Wertevorschläge: Radius1 ∈ {2.0, 5.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 256.0, 300.0, 400.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0
Restriktion: Radius1 > 0

▷ **Radius2** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
Kürzerer Radius.
Default: 60.0
Wertevorschläge: Radius2 ∈ {1.0, 2.0, 4.0, 5.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 256.0, 300.0, 400.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0
Restriktion: Radius2 > 0

▷ **StartAngle** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
Startwinkel des Ellipsenausschnittes.
Default: 0.0
Wertevorschläge: StartAngle ∈ {0.0, 0.785398, 1.5708, 2.35619, 3.14159, 3.92699, 4.71239, 5.49779,

6.28318}
Wertebereich: 0 ≤ StartAngle ≤ 6.28318 (lin)

▷ **EndAngle** (input_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
Endwinkel des Ellipsenausschnittes.
Default: 3.14159
Wertevorschläge: EndAngle ∈ {0.0, 0.785398, 1.5708, 2.35619, 3.14159, 3.92699, 4.71239, 5.49779, 6.28318}
Wertebereich: 0 ≤ EndAngle ≤ 6.28318 (lin)

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
gen_ellipse_sector (EllipseSector, 200, 200, rad(30),\
                    150, 90, rad(45), rad(280))
reduce_domain (Image, EllipseSector, ImageReduced)
dev_clear_window ()
dev_display (ImageReduced)
```

Komplexität

Laufzeitkomplexität: $O(\texttt{Radius1} * 2)$

Speicherplatzkomplexität (Byte): $O(\texttt{Radius1} * 8)$

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gen_ellipse den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Das Clipping am aktuellen Bildformat wird durch set_system ('clip_region',<'true'/'false'>) festgelegt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

paint_region, reduce_domain

Alternativen

gen_circle, gen_circle_sector, gen_region_polygon_filled, draw_ellipse, gen_ellipse

Siehe auch

disp_ellipse, set_shape, smallest_circle, reduce_domain

Modul

Foundation

gen_empty_region (: EmptyRegion : :)

Erzeugen eine leere Region.

gen_empty_region erzeugt eine leere Region. Dies bedeutet, dass der Ausgabeparameter ein Objekt enthält. count_obj liefert also 1. Die Fläche der Region ist 0. Die meisten Formmerkmale sind undefiniert (0). Es ist zu beachten, dass eine leere Region nicht mit dem leeren Tupel zu verwechseln ist.

Parameter

▷ **EmptyRegion** (output_object) ..... region ⇝ *object*
Leere Region (keine Punkte).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

gen_grid_region (: RegionGrid : RowSteps, ColumnSteps, Type, Width, Height :)

Erzeugen einer Region aus Linien oder Punkten.

gen_grid_region erzeugt ein Raster, das aus Linien (Type = 'lines') oder Punkten (Type = 'points') aufgebaut ist. Bei 'lines' werden durchgezogene Linien bei 'points' nur die Schnittpunkte der Linien ausgegeben. Ausgehend von dem Punkt (0,0) bis zum Punkt (Height-1,Width-1) wird das Raster in der Schrittweite RowSteps in Zeilenrichtung und ColumnSteps in Spaltenrichtung aufgebaut. Die Schrittweiten müssen größer als *1* sein. Ausnahmen sind im Modus 'lines', in dem RowSteps bzw. ColumnSteps auf *0* gesetzt werden kann. In diesem Fall werden nur Spalten bzw. Zeilen erzeugt.

Achtung

Wird das Muster sehr klein gewählt (RowSteps $<$ 4 or ColumnSteps $<$ 4), so benötigt die erzeugte Region viel Speicher.

Im Modus 'points' dürfen RowSteps und ColumnSteps nicht auf *0* gesetzt werden.

Parameter

▷ **RegionGrid** (output_object) . . . . . region ⇝ *object*
Erzeugte Linien/Punkte-Region.

▷ **RowSteps** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer* / real
Schrittweite in Zeilenrichtung oder Null.
Default: 10
Wertevorschläge: RowSteps ∈ {0, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 50, 100}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10
Restriktion: RowSteps > 1 || RowSteps == 0

▷ **ColumnSteps** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer* / real
Schrittweite in Spaltenrichtung oder Null.
Default: 10
Wertevorschläge: ColumnSteps ∈ {0, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 50, 100}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10
Restriktion: ColumnSteps > 1 || ColumnSteps == 0

▷ **Type** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art des erzeugten Musters.
Default: 'lines'
Werteliste: Type ∈ {'lines', 'points'}

▷ **Width** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Maximale Breite des Musters.
Default: 512
Wertevorschläge: Width ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ Width (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Height** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Maximale Höhe des Musters.
Default: 512
Wertevorschläge: Height ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ Height (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
gen_grid_region(Raster,10,10,'lines',512,512)
reduce_domain(Image,Raster,Mask)
sobel_amp(Mask,GridSobel,'sum_abs',3)
dev_display(GridSobel)
```

Komplexität

Der benötigte Speicher (in Byte) für die Region ist:

$O((ImageWidth/ColumnSteps) * (ImageHeight/RowSteps))$

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gen_grid_region den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Das Clipping am aktuellen Bildformat wird durch set_system ('clip_region',<'true'/'false'>) festgelegt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

reduce_domain, paint_region

Alternativen

gen_region_line, gen_region_polygon, gen_region_points, gen_region_runs

Siehe auch

gen_checker_region, reduce_domain

Modul

Foundation

gen_random_region (: RegionRandom : Width, Height :)

Erzeugen einer Zufallsregion.

gen_random_region liefert eine Zufallsregion. Dabei wird im Bildbereich [0...Width-1] [0...Height-1] jeder Punkt mit Wahrscheinlichkeit 0.5 in die Region aufgenommen. Man kann sich die erzeugte Region als die Schwellenwertbildung in einem Bild mit Rauschen vorstellen.

Diese Prozedur ist insbesondere wichtig für die Erzeugung von unkorrelierten Binärmustern.

Das Zufallsmuster wird mit Hilfe der C-Funktion „nrand48()“ generiert. Für Informationen zu den verwendeten Seeds siehe den Parameter *'seed_rand'* in set_system.

Achtung

Wenn Width und Height groß gewählt werden (> 100), dann kann die erzeugte Region durch die intern verwendete Lauflängenkodierung viel Speicherplatz benötigen. Die Grauwerte der Ausgaberegion sind undefiniert.

Parameter

▷ **RegionRandom** (output_object) ..... region ⇝ *object*
Erzeugte Zufallsregion mit Ausdehnung `Width` x `Height`.

▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
Maximale horizontale Ausdehnung der Zufallsregion.
Default: 128
Wertevorschläge: `Width` ∈ {16, 32, 50, 64, 100, 128, 256, 300, 400, 512}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10
Restriktion: Width > 0

▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
Maximale vertikale Ausdehnung der Zufallsregion.
Default: 128
Wertevorschläge: `Height` ∈ {16, 32, 50, 64, 100, 128, 256, 300, 400, 512}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10
Restriktion: Height > 0

Komplexität

Der schlimmste Fall für die Speicherplatzkomplexität für die erzeugte Region (in Byte) ist: $O(Width*Height*2)$.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_random_region` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Das Clipping am aktuellen Bildformat wird durch `set_system ('clip_region',<'true'/'false'>)` festgelegt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`paint_region`, `reduce_domain`

Siehe auch

`gen_checker_region`, `add_noise_distribution`, `add_noise_white`, `reduce_domain`

Modul

Foundation

```
gen_random_regions ( : Regions : Type, WidthMin, WidthMax,
    HeightMin, HeightMax, PhiMin, PhiMax, NumRegions, Width,
    Height : )
```

Erzeugen zufälliger Regionen wie Kreise, Rechtecke und Ellipsen.

`gen_random_regions` erzeugt Regionen, deren Parameter innerhalb der gegebenen Grenzwerte zufällig erzeugt werden, und gibt diese in `Regions` zurück.

Der Parameter `NumRegions` gibt an wie viele Regionen erzeugt werden sollen.

Die Position ist immer zufällig und kann nicht über Parameter bestimmt werden, die Schwerpunkte liegen jedoch stets im Bildbereich [0...`Width`-1][0...`Height`-1].

Der Parameter `Type` definiert die Art der Regionen. Die Bedeutung der Unter- bzw. Obergrenzen ist von `Type` abhängig:

- *'rectangle1'*: Minimale/maximale Breite/Höhe.
  `PhiMin` und `PhiMax` sind ohne Bedeutung.

- *'rectangle2'*: Minimale/maximale halbe Kantenlängen, minimaler/maximaler Orientierungswinkel. Dabei wird der größere Wert für die erste halbe Kantenlänge verwendet. Die Parameter entsprechen den Parametern `Length1`, `Lenght2` und `Phi` von `gen_rectangle2`.
- *'circle'*: `WidthMin` und `WidthMax` bestimmen die minimalen und maximalen Radien. Der Parameter entspricht dem Parameter `Radius` von `gen_circle`.
  `HeightMin` und `HeightMax` sowie `PhiMin` und `PhiMax` sind ohne Bedeutung.
- *'ellipse'*: Minimale/maximale Halbradien und minimaler/maximaler Orientierungswinkel. Dabei wird der größere Wert für den ersten Halbradius verwendet. Die Parameter entsprechen den Parametern `Radius1`, `Radius2` und `Phi` von `gen_ellipse`.
- *'ring'*: Minimale/maximale Radien, wobei der größere Wert den Radius des Außenkreises bestimmt und der kleinere Wert den des Lochs.
  `PhiMin` und `PhiMax` sind ohne Bedeutung.

Die Zufallsparameter werden mit Hilfe der C-Funktion „nrand48()“ generiert. Für Informationen zu den verwendeten Seeds siehe den Parameter *'seed_rand'* in `set_system`.

Parameter

▷ **`Regions`** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Erzeugte Regionen.

▷ **`Type`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art der zu erzeugenden Regionen.
Default: 'circle'
Werteliste: `Type` ∈ {'circle', 'ring', 'ellipse', 'rectangle1', 'rectangle2'}

▷ **`WidthMin`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Minimale typ- und wertabhängige Objektgröße.
Default: 10.0
Wertevorschläge: `WidthMin` ∈ {1.0, 3.0, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0, 80.0}
Wertebereich: 0 ≤ WidthMin (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **`WidthMax`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Maximale typ- und wertabhängige Objektgröße.
Default: 20.0
Wertevorschläge: `WidthMax` ∈ {1.0, 3.0, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0, 80.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0
Restriktion: WidthMin <= WidthMax

▷ **`HeightMin`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Minimale typ- und wertabhängige Objektgröße.
Default: 10.0
Wertevorschläge: `HeightMin` ∈ {1.0, 3.0, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0, 80.0}
Wertebereich: 0 ≤ HeightMin (lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **`HeightMax`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Maximale typ- und wertabhängige Objektgröße.
Default: 30.0
Wertevorschläge: `HeightMax` ∈ {1.0, 3.0, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0, 80.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0
Restriktion: HeightMin <= HeightMax

▷ **`PhiMin`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Minimaler Rotationswinkel der Regionen.
Default: -0.7854
Wertevorschläge: `PhiMin` ∈ {0.0, 0.1, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5}
Wertebereich: 0.0 ≤ `PhiMin` ≤ 6.28 (lin)
Restriktion: PhiMin > 0

▷ **PhiMax** (input_control) ..... number ⇝ *real / integer*
Maximaler Rotationswinkel der Regionen.
Default: 0.7854
Wertevorschläge: PhiMax ∈ {0.0, 0.1, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5}
Wertebereich: 0.0 ≤ PhiMax ≤ 6.28 (lin)
Restriktion: PhiMax > 0

▷ **NumRegions** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Regionen.
Default: 100
Wertevorschläge: NumRegions ∈ {1, 5, 20, 100, 200, 500, 1000, 2000}
Wertebereich: 1 ≤ NumRegions (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Width** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Maximale horizontale Ausdehnung der Schwerpunkte.
Default: 512
Wertevorschläge: Width ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ Width (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Height** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Maximale vertikale Ausdehnung der Schwerpunkte.
Default: 512
Wertevorschläge: Height ∈ {128, 256, 512, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ Height (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gen_random_regions den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Das Clipping am aktuellen Bildformat wird durch set_system ('clip_region',<'true'/'false'>) festgelegt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

paint_region

Modul

Foundation

gen_rectangle1 (: Rectangle : Row1, Column1, Row2, Column2 :)

Erzeugen eines Rechtecks parallel zu den Koordinatenachsen.

gen_rectangle1 generiert ein oder mehrere Rechtecke parallel zu den Koordinatenachsen, welche durch das linke obere Eck (Row1, Column1) und das rechte untere Eck (Row2, Column2) beschrieben werden. Es kann mehr als eine Region erzeugt werden, indem ein Tupel von Eckpunkten übergeben wird. Das Koordinatensystem läuft von (0,0) (linkes oberes Eck) bis (Width-1,Height-1). Siehe hierzu auch get_system und reset_obj_db.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Elemente erzeugt und zurückgegeben werden.

Parameter

▷ **Rectangle** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Erzeugtes Rechteck.

▷ **Row1** (input_control) . . . . . rectangle.origin.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeile des linken oberen Eckpunkts.
Default: 30.0
Wertevorschläge: `Row1` ∈ {0.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Column1** (input_control) . . . . . rectangle.origin.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spalte des linken oberen Eckpunkts.
Default: 20.0
Wertevorschläge: `Column1` ∈ {0.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Row2** (input_control) . . . . . rectangle.corner.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeile des rechten unteren Eckpunkts.
Default: 100.0
Wertevorschläge: `Row2` ∈ {10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0, 400.0, 500.0, 511.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0
Restriktion: Row2 >= Row1

▷ **Column2** (input_control) . . . . . rectangle.corner.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spalte des rechten unteren Eckpunkts.
Default: 200.0
Wertevorschläge: `Column2` ∈ {10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0, 400.0, 500.0, 511.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0
Restriktion: Column2 >= Column1

Beispiel

```
* Contrast improvement in a rectangular region of interest
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle)
read_image(Image,'mreut')
dev_display (Image)
draw_rectangle1(WindowHandle,Row1,Column1,Row2,Column2)
gen_rectangle1(Rectangle,Row1,Column1,Row2,Column2)
reduce_domain(Image,Rectangle,Mask)
emphasize(Mask,Emphasize,9,9,1.0)
dev_display (Emphasize)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_rectangle1` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Das Clipping am aktuellen Bildformat wird durch `set_system ('clip_region',<'true'/'false'>)` festgelegt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

paint_region, reduce_domain

Alternativen

gen_rectangle2, gen_region_polygon, fill_up, gen_region_runs, gen_region_points, gen_region_line

Siehe auch

draw_rectangle1, reduce_domain, smallest_rectangle1

Modul

Foundation

gen_rectangle2 (: Rectangle : Row, Column, Phi, Length1, Length2 :)

Erzeugen eines beliebig orientierten Rechtecks.

gen_rectangle2 generiert ein oder mehrere Rechtecke mit dem Schwerpunkt (Row, Column) , der Orientierung Phi und den halben Kantenlängen Length1 und Length2. Die Orientierung wird in Bogenmaß angegeben und gibt den Winkel zwischen der horizontalen Achse und der ersten Kante (mit Länge Length1) an (mathematisch positiv). Das Koordinatensystem läuft von (0,0) (linkes oberes Eck) bis (Width-1,Height-1). Siehe hierzu auch get_system und reset_obj_db. Es kann mehr als eine Region erzeugt werden, indem ein Tupel von Eckpunkten übergeben wird.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Elemente erzeugt und zurückgegeben werden.

Achtung

Die Grauwerte der Ausgabeobjekte sind undefiniert. Aus Geschwindigkeitsgründen kann die Ergebnisregion zusätzliche Pixel am Rand enthalten, und einige einzelne Pixel am Rand können fehlen. Dies kann zu einer Inkonsistenz zwischen den Operatoren smallest_rectangle2 und gen_rectangle2 führen.

Parameter

▷ **Rectangle** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Erzeugtes Rechteck.

▷ **Row** (input_control) . . . . . rectangle2.center.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenindex des Schwerpunktes.
Default: 300.0
Wertevorschläge: Row ∈ {10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0, 400.0, 500.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Column** (input_control) . . . . . rectangle2.center.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenindex des Schwerpunktes.
Default: 200.0
Wertevorschläge: Column ∈ {10.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0, 400.0, 500.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Phi** (input_control) . . . . . rectangle2.angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
Winkel der ersten Kante zur Horizontalen (Bogenmaß).
Default: 0.0
Wertevorschläge: Phi ∈ {-1.178097, -0.785398, -0.392699, 0.0, 0.392699, 0.785398, 1.178097}
(lin)
Restriktion: - pi / 2 < Phi && Phi <= pi / 2

▷ **Length1** (input_control) . . . . . rectangle2.hwidth(-array) ⇝ *real* / integer
Halbe Breite.
Default: 100.0
Wertevorschläge: Length1 ∈ {3.0, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0, 300.0, 500.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

▷ **Length2** (input_control) . . . . . rectangle2.hheight(-array) ⇝ *real* / integer
Halbe Höhe.
Default: 20.0
Wertevorschläge: Length2 ∈ {1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 50.0, 100.0, 200.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1.0
Empfohlene Schrittweite: 10.0

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gen_rectangle2 den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Das Clipping am aktuellen Bildformat wird durch set_system ('clip_region',<'true'/'false'>) festgelegt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

paint_region, reduce_domain

Alternativen

gen_rectangle1, gen_region_polygon_filled, gen_region_polygon, gen_region_points, fill_up

Siehe auch

draw_rectangle2, reduce_domain, smallest_rectangle2, gen_ellipse

Modul

Foundation

gen_region_contour_xld (Contour : Region : Mode :)

Generierung einer Region aus einer XLD-Kontur.

gen_region_contour_xld erzeugt eine pixelgenaue Region Region aus einer subpixelgenauen XLD-Kontur Contour. Die örtliche Diskretisierung der Kontur erfolgt nach dem Bresenham-Algorithmus und berücksichtigt die Nachbarschaftsbeziehung, welche sich mit Hilfe des Wertes des Parameters *'neighborhood'* des Operators set_system einstellen lässt. Offene Konturen werden geschlossen, bevor sie in eine Region gewandelt werden. Der Parameter Mode legt schließlich fest, ob die Region gefüllt (*'filled'*) oder nur ihr Rand (*'margin'*) zurückgegeben wird.

Zu beachten ist, dass die Koordinaten der Konturpunkte während der Umwandlung auf die nächsten Integer-Pixelkoordinaten gerundet werden. Dies kann zu unerwarteten Ergebnissen führen, wenn man die aus dem Operator gen_contour_region_xld erhaltene Kontur als Eingabe an gen_region_contour_xld übergibt: Setzt man den Parameter Mode von gen_contour_region_xld auf *'border'*, dann sind die Eingaberegion von gen_contour_region_xld und die Ergebnisregion von gen_region_contour_xld unterschiedlich. Nehmen wir z.B. an, dass die Eingaberegion von gen_contour_region_xld lediglich aus dem Pixel (1,1) besteht. Dann enthält die Ergebniskontur von gen_contour_region_xld (wenn Mode auf *'border'* gesetzt ist) die fünf Punkte (0.5,0.5), (0.5,1.5), (1.5,1.5), (1.5,0.5) und (0.5,0.5). Übergibt man diese Kontur wiederum an gen_region_contour_xld, erhält man folglich eine Ergebnisregion, die aus den Punkten (1,1), (1,2), (2,2) und (2,1) besteht.

Parameter

▷ **Contour** (input_object) . . . . . xld_cont(-array) ⇝ *object*
Eingabe-Kontur(en).

▷ **Region** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Erzeugte Region(en).

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Füllmodus der Region(en).
Default: 'filled'
Wertevorschläge: `Mode` ∈ {'filled', 'margin'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_contour_polygon_xld`, `gen_contour_polygon_rounded_xld`

Alternativen

`gen_region_polygon`, `gen_region_polygon_xld`

Siehe auch

`set_system`

Modul

Foundation

gen_region_histo (: Region : Histogram, Row, Column, Scale :)

Umwandeln eines Histogramms in eine Region.

`gen_region_histo` wandelt ein Histogramm, das mit `gray_histo`, `gray_histo_range` oder `tuple_histo_range` erzeugt wurde, in eine Region um. Die Parameter `Row` und `Column` geben die Zeile bzw. Spalte des Mittelpunktes der Grafik (für die Positionierung) an. Der Skalierungsfaktor `Scale` legt die Größe fest. Dabei bedeutet ein Faktor von *1*, dass 256 Werte dargestellt werden; bei *2* werden 128 Werte dargestellt, bei *3* werden 64 Werte dargestellt, usw.

Parameter

▷ **Region** (output_object) . . . . . region ⇝ *object*
Darstellung des Histogramms als Region.

▷ **Histogram** (input_control) . . . . . histogram-array ⇝ *integer*
Eingabehistogramm.

▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *integer*
Zeilenkoordinate des Mittelpunktes.
Default: 255
Wertevorschläge: `Row` ∈ {100, 200, 255, 300, 400}
Wertebereich: 0 ≤ `Row` ≤ 511

▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *integer*
Spaltenkoordinate des Mittelpunktes.
Default: 255
Wertevorschläge: `Column` ∈ {100, 200, 255, 300, 400}
Wertebereich: 0 ≤ `Column` ≤ 511

▷ **Scale** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Verkleinerungsfaktor.
Default: 1
Wertevorschläge: `Scale` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}
Wertebereich: 1 ≤ `Scale` ≤ 10 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Ergebnis

`gen_region_histo` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gray_histo`, `gray_histo_range`, `tuple_histo_range`

Siehe auch

`disp_channel`

Modul

Foundation

`gen_region_hline` (: Regions : Orientation, Distance :)

Abspeichern von in Hessescher Normalform beschriebenen Eingabelinien als Regionen.

`gen_region_hline` legt die in Hessescher Normalform beschriebenen Linien als Regionen ab. Eine Linie wird bestimmt durch den Abstand der Linie vom Ursprung (`Distance`, entspricht der Länge des Normalenvektors) und der Richtung des Normalenvektors (`Orientation`, entspricht der Orientierung der Linie $\pm\pi/2$). Die Richtungen wurden so definiert, dass bei `Orientation` = 0 der Normalenvektor in Richtung der X-Achse liegt, was einer senkrechten Linie entspricht. Bei `Orientation` = $\pi/2$ zeigt der Normalenvektor in Richtung der Y-Achse, d.h. es wird eine waagerechte Linie beschrieben.

Achtung

Die Linien werden am derzeitigen maximalem Bildformat geclippt.

Parameter

▷ **`Regions`** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Erzeugte Regionen (für jede Linie eine), beschnitten auf maximales Bildformat.
Parameteranzahl: Regions == Distance

▷ **`Orientation`** (input_control) . . . . . hesseline.angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
Orientierung des Normalenvektors in Bogenmaß.
Parameteranzahl: Orientation == Distance
Default: 0.0
Wertevorschläge: `Orientation` ∈ {-0.78, 0.0, 0.78, 1.57}
(lin)
Empfohlene Schrittweite: 0.02

▷ **`Distance`** (input_control) . . . . . hesseline.distance(-array) ⇝ *real* / integer
Abstand der Linie vom Koordinatenursprung (0,0).
Default: 200
Wertevorschläge: `Distance` ∈ {10, 50, 100, 200, 300, 400}
(lin)
Empfohlene Schrittweite: 1

Ergebnis

`gen_region_hline` liefert immer den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

gen_region_line

Siehe auch

hough_lines

Modul

Foundation

gen_region_line (: RegionLines : BeginRow, BeginCol, EndRow, EndCol :)

Abspeichern von Eingabelinien als Regionen.

gen_region_line legt die übergebenen Linien (mit Anfangspunkt [BeginRow,BeginCol] und Endpunkt [EndRow, EndCol]) als Region ab.

Parameter

▷ **RegionLines** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Erzeugte Regionen.

▷ **BeginRow** (input_control) ..... line.begin.y(-array) ⇝ *integer* / real
Zeilenkoordinaten der Anfangspunkte der Eingabelinien.
Default: 100
Wertevorschläge: BeginRow ∈ {10, 50, 100, 200, 300, 400}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **BeginCol** (input_control) ..... line.begin.x(-array) ⇝ *integer* / real
Spaltenkoordinaten der Anfangspunkte der Eingabelinien.
Default: 50
Wertevorschläge: BeginCol ∈ {10, 50, 100, 200, 300, 400}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **EndRow** (input_control) ..... line.end.y(-array) ⇝ *integer* / real
Zeilenkoordinaten der Endpunkte der Eingabelinien.
Default: 150
Wertevorschläge: EndRow ∈ {50, 100, 200, 300, 400, 500}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **EndCol** (input_control) ..... line.end.x(-array) ⇝ *integer* / real
Spaltenkoordinaten der Endpunkte der Eingabelinien.
Default: 250
Wertevorschläge: EndCol ∈ {50, 100, 200, 300, 400, 500}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Ergebnis

gen_region_line liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Clipping am aktuellen Bildformat wird durch set_system('clip_region',<'true'/'false'>) festgelegt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

split_skeleton_lines

Alternativen

gen_region_hline

Modul

Foundation

gen_region_points (: Region : Rows, Columns :)

Abspeichern einzelner Punkte als Bildregion.

gen_region_points erzeugt eine Region, die durch eine Anzahl von Punkten beschrieben wird. Die Punkte müssen in keiner festen Reihenfolge abgespeichert werden, doch ergibt sich das beste Laufzeitverhalten, wenn die Punkte aufsteigend sortiert sind. Die Ordnung lautet:

$$(l_1, c_1) \leq (l_2, c_2) := (l_1 < l_2) \quad \vee \quad (l_1 = l_2) \wedge (c_1 \leq c_2)$$

Die angegebenen Koordinaten stehen für zwei aufeinanderfolgende Punkte in dem Tupel.

Parameter

- ▷ **Region** (output_object) ..... region ⇝ *object*
  Erzeugte Region.
- ▷ **Rows** (input_control) ..... coordinates.y(-array) ⇝ *integer* / real
  Zeilen der Punkte in der Region.
  Default: 100
  Wertevorschläge: Rows ∈ {0, 10, 30, 50, 100, 200, 300, 500}
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **Columns** (input_control) ..... coordinates.x(-array) ⇝ *integer* / real
  Spalten der Punkte in der Region.
  Parameteranzahl: Columns == Rows
  Default: 100
  Wertevorschläge: Columns ∈ {0, 10, 30, 50, 100, 200, 300, 500}
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei F die Anzahl der Punkte. Falls die Punkte aufsteigend sortiert sind, dann ist die Laufzeitkomplexität: $O(F)$, sonst $O(log(F) * F)$.

Ergebnis

gen_region_points liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Punkte innerhalb des Bildformats liegen. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Das Clipping am aktuellen Bildformat wird durch set_system('clip_region',<'true'/'false'>) festgelegt. Wird eine leere Region erzeugt (durch das Clipping oder eine leere Eingabe), dann legt set_system ('store_empty_region',<'true'/'false'>) fest, ob die Region ausgegeben wird.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

get_region_points

Nachfolger

paint_region, reduce_domain

Alternativen

gen_region_polygon, gen_region_runs, gen_region_line

Siehe auch

reduce_domain

Modul

Foundation

gen_region_polygon (: Region : Rows, Columns :)

Abspeichern eines Polygons als Region.

gen_region_polygon erzeugt eine Region aus einem Polygonzug, der durch eine Folge von Zeilen- und Spaltenkoordinaten beschrieben wird. Die erzeugte Region besteht aus den Punkten der dadurch definierten Strecken, wobei zwischen den Stützpunkten linear interpoliert wird.

Achtung

Die Region wird nicht automatisch geschlossen und nicht „aufgefüllt“.

Parameter

- ▷ **Region** (output_object) ..... region ⇝ *object*
  Erzeugte Region.
- ▷ **Rows** (input_control) ..... polygon.y-array ⇝ *integer*
  Zeilenindizes der Stützpunkte der Regionenkontur.
  Default: 100
  Wertevorschläge: Rows ∈ {0, 10, 30, 50, 100, 200, 300, 500}
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **Columns** (input_control) ..... polygon.x-array ⇝ *integer*
  Spaltenindizes der Stützpunkte der Regionenkontur.
  Parameteranzahl: Columns == Rows
  Default: 100
  Wertevorschläge: Columns ∈ {0, 10, 30, 50, 100, 200, 300, 500}
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1

Beispiel

```
* Polygon-approximation
get_region_polygon(Region,7,Row,Column)
* store it as a region
gen_region_polygon(Pol,Row,Column)
* fill up the hole
fill_up(Pol,Filled)
```

Ergebnis

Falls die Stützpunkte korrekt sind, liefert gen_region_polygon den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Das Clipping am aktuellen Bildformat wird durch set_system ('clip_region',<'true'/'false'>) festgelegt. Wird eine leere Region erzeugt (durch das Clipping oder eine leere Eingabe), dann legt set_system('store_empty_region',<'true'/'false'>) fest, ob die Region ausgegeben wird.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`get_region_polygon`, `draw_polygon`

Alternativen

`gen_region_polygon_filled`, `gen_region_points`, `gen_region_runs`

Siehe auch

`fill_up`, `reduce_domain`, `get_region_polygon`, `draw_polygon`

Modul

Foundation

gen_region_polygon_filled (: Region : Rows, Columns :)

Abspeichern eines Polygons als eine „aufgefüllte“ Region.

`gen_region_polygon_filled` erzeugt eine Region aus einem Polygon, das die Eckpunkte der Region (Zeilen- und Spaltenkoordinaten) entweder im oder gegen den Uhrzeigersinn enthält. Im Gegensatz zu `gen_region_polygon` wird hier eine „aufgefüllte“ Region zurückgeliefert. Zu beachten ist, dass im Fall von subpixelgenauen Koordinaten gerundet wird bevor die Eckpunkte der Region bestimmt werden. Dies kann dazu führen, dass die `Region` Punkte enthält, die nicht auf dem ursprünglichen Polygon liegen. Um dies zu vermeiden kann man für Polygone ohne Löcher auf `gen_region_polygon` gefolgt von `fill_up` verwenden.

Parameter

▷ **Region** (output_object) ..... region ⇝ *object*
Erzeugte Region.

▷ **Rows** (input_control) ..... polygon.y-array ⇝ *integer* / real
Zeilenindizes der Stützpunkte der Regionenkontur.
Default: 100
Wertevorschläge: `Rows` ∈ {0, 10, 30, 50, 100, 200, 300, 500}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Columns** (input_control) ..... polygon.x-array ⇝ *integer* / real
Spaltenindizes der Stützpunkte der Regionenkontur.
Parameteranzahl: Columns == Rows
Default: 100
Wertevorschläge: `Columns` ∈ {0, 10, 30, 50, 100, 200, 300, 500}
(lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Beispiel

```
/* Polygon approximation */
T_get_region_polygon(Region,7,&Row,&Column);
T_gen_region_polygon_filled(&Pol,Row,Column);
/* fill up with original gray value */
reduce_domain(Image,Pol,&New);
```

Ergebnis

Falls die Stützpunkte korrekt sind, liefert `gen_region_polygon_filled` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Das Clipping am aktuellen Bildformat wird durch `set_system('clip_region',<'true'/'false'>)` festgelegt. Wird eine leere Region erzeugt (durch das Clipping oder eine leere Eingabe), dann legt `set_system ('store_empty_region',<'true'/'false'>)` fest, ob die Region ausgegeben wird.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`get_region_polygon`, `draw_polygon`

Alternativen

`gen_region_polygon`, `gen_region_points`, `draw_polygon`

Siehe auch

`gen_region_polygon`, `reduce_domain`, `get_region_polygon`, `gen_region_runs`

Modul

Foundation

gen_region_polygon_xld (Polygon : Region : Mode :)

Generierung einer Region aus einem XLD-Polygon.

`gen_region_polygon_xld` erzeugt eine pixelgenaue Region `Region` aus einem subpixelgenauen XLD-Polygon `Polygon`. Die örtliche Diskretisierung des Polygons erfolgt nach dem Bresenham-Algorithmus und berücksichtigt die Nachbarschaftsbeziehung, welche sich mit Hilfe des Parameters *'neighborhood'* des Operators `set_system` einstellen lässt. Offene Konturen werden geschlossen, bevor sie in eine Region gewandelt werden. Der Parameter `Mode` legt schließlich fest, ob die Region gefüllt (*'filled'*) oder nur ihr Rand (*'margin'*) zurückgegeben wird.

Parameter

▷ **Polygon** (input_object) ..... xld_poly(-array) ⇝ *object*
Eingabe-Polygon(e).

▷ **Region** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Erzeugte Region(en).

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Füllmodus der Region(en).
Default: 'filled'
Wertevorschläge: `Mode` ∈ {'filled', 'margin'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_polygons_xld`

Alternativen

`gen_region_polygon`, `gen_region_contour_xld`

Siehe auch

`set_system`

Modul

Foundation

gen_region_runs (: Region : Row, ColumnBegin, ColumnEnd :)

Erzeugen einer Region aus einer Lauflängenkodierung.

gen_region_runs erzeugt eine Region, die über die eingegebene Sehnenstruktur beschrieben ist. Die Sehnendarstellung entsteht, indem man eine Region zeilenweise mit aufsteigender Zeilenzahl (= von „oben“ nach „unten“) untersucht. Jede Zeile wird von links nach rechts durchlaufen (aufsteigende Spaltenzahl). Dabei werden alle Anfangs- und Endpunkte von Regionenabschnitten (=Sehnen) gespeichert. Eine Region lässt sich somit durch eine Folge von Sehnen beschreiben, wobei eine Sehne durch Zeilennummer, sowie Anfangs- und Endpunkte (Spaltennummer) definiert ist.

Die Abspeicherung erfolgt am schnellsten, wenn die Sehnen sortiert sind. Die Ordnung lautet:

$$(l_1, b_1, e_1) \leq (l_2, b_2, e_2) := (l_1 < l_2) \quad \vee \quad (l_1 = l_2) \wedge (b_1 \leq b_2)$$

.

Achtung

Aus Laufzeitgründen wird nicht überprüft, ob die Restriktion ColumnEnd >= ColumnBegin eingehalten wird. Wird diese Einschränkung verletzt, so kann dies bei nachfolgenden Operatoraufrufen zu Fehlern und unerwartetem Verhalten führen.

Parameter

- ▷ **Region** (output_object) ..... region ⇝ *object*
  Erzeugte Region.
- ▷ **Row** (input_control) ..... chord.y(-array) ⇝ *integer*
  Zeilen der Sehnen.
  Default: 100
  Wertevorschläge: Row ∈ {0, 50, 100, 200, 300, 500}
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- ▷ **ColumnBegin** (input_control) ..... chord.x1(-array) ⇝ *integer*
  Spalten der Anfangspunkte der Sehnen.
  Parameteranzahl: ColumnBegin == Row
  Default: 50
  Wertevorschläge: ColumnBegin ∈ {0, 50, 100, 200, 300, 500}
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- ▷ **ColumnEnd** (input_control) ..... chord.x2(-array) ⇝ *integer*
  Spalten der Endpunkte der Sehnen.
  Parameteranzahl: ColumnEnd == Row
  Default: 200
  Wertevorschläge: ColumnEnd ∈ {50, 100, 200, 300, 500}
  (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
  Restriktion: ColumnEnd >= ColumnBegin

Komplexität

Sei F die Anzahl der Punkte. Falls die Punkte aufsteigend sortiert sind, dann ist die Laufzeitkomplexität: $O(F)$, sonst $O(log(F) * F)$.

Ergebnis

gen_region_runs liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Daten korrekt sind, ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Das Clipping am aktuellen Bildformat wird durch set_system ('clip_region',<'true'/'false'>) festgelegt. Wird eine leere Region erzeugt (durch das Clipping oder eine leere Eingabe), dann legt set_system('store_empty_region',<'true'/'false'>) fest, ob die Region ausgegeben wird.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

get_region_runs

Alternativen

gen_region_points, gen_region_polygon, gen_region_line, gen_region_polygon_filled

Siehe auch

reduce_domain

Modul

Foundation

label_to_region (LabelImage : Regions : :)

Suchen von Regionen mit gleichen Grauwerten.

label_to_region segmentiert Bilder in Regionen gleichen Grauwerts. Dabei wird für jeden Grauwert im Bild genau eine Ausgaberegion erzeugt. Dies entspricht einem mehrfachen Aufruf des Operators threshold, gefolgt von der Konkatenation der entstandenen Regionen (concat_obj). Verwandt ist die Routine auch mit regiongrowing. label_to_region führt allerdings kein connection durch, d.h. die Ausgaberegionen müssen nicht zusammenhängen. Eine typische Anwendung von label_to_region ist die Segmentierung „gelabelter“ Bilder, daher auch der Name.

Die Anzahl der Ausgaberegionen wird durch den Systemparameter *'max_outp_obj_par'* begrenzt, der mittels get_system(::'max_outp_obj_par':<Anzahl>) abgefragt werden kann.

Achtung

label_to_region ist nicht für Real-Bilder implementiert. Die Eingabebilder dürfen keine negativen Grauwerte enthalten.

Parameter

- ▷ **LabelImage** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / int4 / int8
  „Gelabeltes“ Bild.
- ▷ **Regions** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Regionen mit konstantem Grauwert.

Komplexität

Sei $x1$ die minimale X-Koordinate, $x2$ die maximale X-Koordinate, $y1$ die minimale Y-Koordinate und $y2$ die maximale Y-Koordinate eines auftretenden Grauwertes und N die Anzahl der verschiedenen Grauwerte, dann ist die Laufzeitkomplexität $O(N * (x2 - x1 + 1) * (y2 - y1 + 1))$

Ergebnis

Sind die Grauwerte in einem zulässigen Bereich, dann liefert label_to_region den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Für das Verhalten bzgl. der Eingabebilder und Ausgaberegionen sind die Flags *'no_object_result'*, *'empty_region_result'* und *'store_empty_region'* einstellbar (siehe set_system). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

min_max_gray, sobel_amp, binomial_filter, gauss_filter, reduce_domain, diff_of_gauss

Nachfolger

connection, dilation1, erosion1, opening, closing, rank_region, shape_trans, skeleton

Siehe auch

threshold, concat_obj, regiongrowing, region_to_label

Modul

Foundation

23.2 Geometrische Transformationen

affine_trans_region (Region : RegionAffineTrans : HomMat2D, Interpolate :)

Anwenden einer beliebigen affinen 2D-Transformation auf Regionen.

affine_trans_region wendet eine beliebige affine 2D-Transformation (Skalierung, Drehung, Verschiebung, Scherung) auf die in Region übergebenen Regionen an und liefert die transformierten Regionen in RegionAffineTrans zurück. Die Transformation wird durch eine homogene Transformationsmatrix beschrieben, die in HomMat2D übergeben wird. Diese kann mit Hilfe der Operatoren hom_mat2d_identity, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_translate etc. aufgebaut werden oder das Resultat von Operatoren wie vector_angle_to_rigid sein.

Die Einträge der homogenen Transformationsmatrix werden so interpretiert, dass die *Zeilen*-Koordinate des Bildes der x-Koordinate und die *Spalten*-Koordinate des Bildes der y-Koordinate des Koordinatensystems entspricht, in dem die Transformationsmatrix definiert wurde. Dies ist notwendig, um für das Bild ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten. Insbesondere werden dadurch Rotationen im korrekten Drehsinn ausgeführt. Die Koordinatenreihenfolge (x,y) der Matrizen entspricht dann der üblichen Koordinatenreihenfolge (Zeile,Spalte) der Bilder.

Der Parameter Interpolate gibt dabei an, ob die Transformation mit einer internen Interpolation ausgeführt werden soll oder nicht. Es sind die in affine_trans_image beschriebenen Optionen *'nearest_neighbor'* und *'constant'* verfügbar. Eine Interpolation kann insbesondere bei Vergrößerungen zu glatteren Regionenrändern führen. Allerdings steigt dadurch die Laufzeit erheblich.

Achtung

affine_trans_region ist i.a. nicht reversibel (Clipping und Rasterung bei Rotation und Streckung).

affine_trans_region verwendet nicht das HALCON-Standard-Koordinatensystem (mit dem Ursprung im Mittelpunkt des linken oberen Pixels) sondern das gleiche Koordinatensystem wie affine_trans_pixel, d.h. der Ursprung liegt in der linken oberen Ecke des linken oberen Pixels. Eine Transformation mit affine_trans_region entspricht für jeden Punkt der Region einer Kette von Transformationen (Ein- und Ausgabekoordinaten als homogene Vektoren dargestellt, siehe affine_trans_pixel). Dies kann zu unerwarteten Ergebnissen führen, wenn die Transformationsmatrix unter Verwendung von Koordinaten erstellt wurde, die von der Region mit Operatoren wie z.B. area_center abgeleitet wurden. Wenn z.B. eine rotationssymmetrische Region unter Verwendung von hom_mat2d_rotate um ihren mit area_center bestimmten Schwerpunkt rotiert wird, so liegt die transformierte Region nicht auf der Originalregion. Dieser Effekt kann dadurch kompensiert werden, dass vor dem Aufruf von affine_trans_region die Transformationsmatrix HomMat2D durch die beiden folgenden Translationen modifiziert wird:

```
hom_mat2d_translate(HomMat2D, 0.5, 0.5, HomMat2DTmp)
hom_mat2d_translate_local(HomMat2DTmp, -0.5, -0.5,
HomMat2DAdapted)
affine_trans_region(Region, RegionAffineTrans, HomMat2DAdapted,
'nearest_neighbor')
```

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Zu transformierende Region(en).

▷ **RegionAffineTrans** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Region(en), die transformiert wurde(n).
Parameteranzahl: RegionAffineTrans == Region

▷ **HomMat2D** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Eingabe-Transformationsmatrix.

▷ **Interpolate** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Soll die Transformation mit Interpolation ausgeführt werden?
Default: 'nearest_neighbor'
Werteliste: `Interpolate` ∈ {'constant', 'nearest_neighbor'}

Ergebnis

Falls die Matrix `HomMat2D` eine affine Abbildung darstellt (d.h. keine projektive Abbildung), liefert `affine_trans_region` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)`, das bei leerer Region mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` und das bei leerer Ergebnisregion mit `set_system('store_empty_region',<'true'/'false'>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`hom_mat2d_identity`, `hom_mat2d_scale`, `hom_mat2d_translate`, `hom_mat2d_invert`, `hom_mat2d_rotate`, `hom_mat2d_reflect`

Nachfolger

`select_shape`

Alternativen

`move_region`, `mirror_region`, `zoom_region`

Siehe auch

`affine_trans_image`

Modul

Foundation

mirror_region (Region : RegionMirror : Mode, WidthHeight :)

Spiegeln von Regionen an einer Achse.

`mirror_region` spiegelt die Eingaberegion(en) an einer von drei Achsen. Wenn `Mode` *'row'* ist, wird die Eingaberegion vertikal gespiegelt, wenn er *'column'* ist, wird sie horizontal gespiegelt, und wenn er *'diagonal'* ist, wird die Eingaberegion an der Winkelhalbierenden $x = y$ gespiegelt.

Für `Mode` = *'row'* oder *'column'* entspricht `WidthHeight` dabei dem Index der Spiegelachse * 2. Für den Fall, dass `Region` aus einem Bild extrahiert wurde und so gespiegelt werden soll, als ob es aus der Spiegelung des Bildes extrahiert worden wäre, entspricht `WidthHeight` einer der Dimensionen dieses Bildes (abhängig von `Mode`). Der Parameter `WidthHeight` wird bei `Mode` = *'diagonal'* nicht genutzt.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Zu transformierende Region(en).

▷ **RegionMirror** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Gespiegelte Region(en).
Parameteranzahl: RegionMirror == Region

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Spiegelachse.
Default: 'row'
Werteliste: `Mode` ∈ {'column', 'row', 'diagonal'}

▷ **WidthHeight** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Doppelte Koordinate der Spiegelachse.
Default: 512
Wertevorschläge: WidthHeight ∈ {128, 256, 512, 525, 768, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ WidthHeight ≤ 1024 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1
Restriktion: WidthHeight > 0

Beispiel

```
read_image(&Image,"monkey");
threshold(Image,&Seg,128.0,255.0);
mirror_region(Seg,&Mirror,"row",512);
disp_region(Mirror,WindowHandle);
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, connection, regiongrowing, pouring

Nachfolger

select_shape, disp_region

Alternativen

hom_mat2d_reflect, affine_trans_region

Siehe auch

zoom_region

Modul

Foundation

move_region (Region : RegionMoved : Row, Column :)

Verschieben einer Region.

move_region verschiebt alle Eingaberegionen um den Vektor (Row, Column). Dabei erfolgt gegebenenfalls ein Clipping der Ergebnisregionen an dem aktuellen Bildformat.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Region(en), die verschoben werden soll(en).

▷ **RegionMoved** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Modifizierte Region(en).
Parameteranzahl: RegionMoved == Region

▷ **Row** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer*
Um diesen Wert werden alle Regionen vertikal verschoben.
Default: 30
Wertevorschläge: Row ∈ {-128, -64, -32, -16, -10, -8, -4, -2, -1, 0, 1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, 32, 64, 128}
Wertebereich: -512 ≤ Row ≤ 512 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Column** (input_control) ..... point.x ⇝ *integer*
Um diesen Wert werden alle Regionen horizontal verschoben.
Default: 30
Wertevorschläge: Column ∈ {-128, -64, -32, -16, -10, -8, -4, -2, -1, 0, 1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, 32, 64, 128}
Wertebereich: -512 ≤ Column ≤ 512 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

Komplexität

Sei F die Fläche der Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität: $O(sqrt(F))$.

Ergebnis

move_region liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>), das bei leerer Region mit set_system('empty_region_result',<Result>), das bei leerer Ergebnisregion mit set_system('store_empty_region',<'true'/'false'>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, connection, regiongrowing, pouring

Nachfolger

select_shape, disp_region

Siehe auch

affine_trans_image, mirror_region, zoom_region

Modul

Foundation

polar_trans_region (Region : PolarTransRegion : Row, Column, AngleStart, AngleEnd, RadiusStart, RadiusEnd, Width, Height, Interpolation :)

Anwenden einer Polarkoordinatentransformation auf eine Region innerhalb eines Kreisrings.

polar_trans_region transformiert eine Region, die innerhalb des durch den Mittelpunkt (Row, Column), die Radien RadiusStart und RadiusEnd und die Winkel AngleStart und AngleEnd definierten Kreisrings liegt, auf dessen Polarkoordinatendarstellung in der Region PolarTransRegion in einem virtuellen Bild mit den Dimensionen Width × Height.

Die Polartransformation entspricht einem Wechsel des Koordinatensystems. Anstatt durch Zeilen- und Spaltenkoordinate wird die Position eines Punktes durch dessen Radius (Abstand zum Mittelpunkt Row,Column) und den Winkel zwischen der Spaltenachse (durch den Mittelpunkt) und der Strecke vom Mittelpunkt zum Punkt beschrieben. Diese Transformation ist nicht affin.

Die Koordinate $(0, 0)$ in der Ausgaberegion entspricht immer dem Punkt in der Eingaberegion, der durch RadiusStart und AngleStart spezifiziert wird. Analog entspricht die Koordinate (Height − 1, Width − 1) immer dem Punkt in der Eingaberegion, der durch RadiusEnd und AngleEnd spezifiziert wird. Im Normalfall (AngleStart < AngleEnd und RadiusStart < RadiusEnd) wird die Polarkoordinatentransformation also in mathematisch positiver Durchlaufrichtung (entgegen dem Uhrzeigersinn) durchgeführt. Dabei liegen die Punkte mit kleineren Radien in der Ausgaberegion weiter oben. Durch geeignetes Vertauschen der Werte der Parameter (z.B. AngleStart > AngleEnd oder RadiusStart > RadiusEnd) kann jede beliebige Orientierung der Ausgaberegion erreicht werden.

Die Winkel sind frei als reelle Zahlen wählbar, Mittelpunkt und Radien können ebenfalls frei als reelle Zahlen gewählt werden. Sind diese jedoch ganze Zahlen und entspricht die Differenz von RadiusEnd und RadiusStart dem Wert Height − 1, so wird die Berechnung durch eine optimierte Routine erheblich schneller durchgeführt.

Die Radien und Winkel sind inklusive, d.h. die erste Zeile des virtuellen Zielbildes entspricht dem Kreis mit dem Radius `RadiusStart`, die letzte Zeile dem mit dem Radius `RadiusEnd`. Für Vollkreise, bei denen die Differenz `AngleStart` - `AngleEnd` 2π (360 Grad) beträgt, bedeutet dies insbesondere, dass die erste Spalte des virtuellen Zielbildes gleich der letzten ist.

Um diesem Verhalten vorzubeugen, sollte diese Differenz $2\pi(1 - \frac{1}{\texttt{Width}})$ statt 2π betragen.

Über den Parameter `Interpolation` kann dabei zwischen den Interpolationsverfahren *'bilinear'* und *'nearest_neighbor'* gewählt werden. Die Wahl `Interpolation` = *'bilinear'* kann insbesondere bei Vergrößerungen zu glatteren Regionenrändern führen. Allerdings steigt dadurch die Laufzeit signifikant an.

Werden mehrere Regionen in `Region` übergeben, werden deren Polartransformationen individuell berechnet und als Tupel in `PolarTransRegion` abgespeichert. Dabei entsprechen die Indizes von Ein- und Ausgaberegionen nur dann einander, wenn die Systemvariable *'store_empty_regions'* auf *'true'* gesetzt wird (siehe auch `set_system`). Sonst werden leere Regionen nicht zurückgegeben und deshalb entspricht die Länge des Ausgabetupels `PolarTransRegion` im Allgemeinen nicht der Länge des Eingabetupels `Region`.

Weitere Informationen

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Achtung

Werden die Dimensionen des virtuellen Ausgabebildes `Width` und `Height` größer als die Dimensionen des aktuellen Bildes gewählt, sollte die Systemvariable *'clip_region'* auf *'false'* gesetzt werden (siehe auch `set_system`). Andernfalls kann eine Ausgaberegion, die nicht innerhalb der Dimensionen des aktuellen Bildes liegt, zu einer Fehlermeldung führen.

Parameter

- ▷ **`Region`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Eingaberegion.
- ▷ **`PolarTransRegion`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Ergebnisregion.
- ▷ **`Row`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des Kreismittelpunktes.
  Default: 256
  Wertevorschläge: `Row` ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 240, 256, 480, 512}
- ▷ **`Column`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des Kreismittelpunktes.
  Default: 256
  Wertevorschläge: `Column` ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 320, 512, 640}
- ▷ **`AngleStart`** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Winkel, der auf die Spaltenkoordinate *0* in `PolarTransRegion` abgebildet wird.
  Default: 0.0
  Wertevorschläge: `AngleStart` ∈ {0.0, 0.78539816, 1.57079632, 3.141592654, 6.2831853, 12.566370616}
  Wertebereich: -6.2831853 ≤ `AngleStart` ≤ 6.2831853
- ▷ **`AngleEnd`** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Winkel, der auf die Spaltenkoordinate `Width` − 1 in `PolarTransRegion` abgebildet wird.
  Default: 6.2831853
  Wertevorschläge: `AngleEnd` ∈ {0.0, 0.78539816, 1.57079632, 3.141592654, 6.2831853, 12.566370616}
  Wertebereich: -6.2831853 ≤ `AngleEnd` ≤ 6.2831853
- ▷ **`RadiusStart`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Kreisradius, der auf die Zeilenkoordinate *0* in `PolarTransRegion` abgebildet wird.
  Default: 0
  Wertevorschläge: `RadiusStart` ∈ {0, 16, 32, 64, 100, 128, 256, 512}
  Wertebereich: 0 ≤ `RadiusStart` ≤ 32767
- ▷ **`RadiusEnd`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Kreisradius, der auf die Zeilenkoordinate `Height` − 1 abgebildet wird.
  Default: 100
  Wertevorschläge: `RadiusEnd` ∈ {0, 16, 32, 64, 100, 128, 256, 512}
  Wertebereich: 0 ≤ `RadiusEnd` ≤ 32767

▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
Breite des virtuellen Zielbildes.
Default: 512
Wertevorschläge: `Width` ∈ {256, 320, 512, 640, 800, 1024}
Wertebereich: 2 ≤ `Width` ≤ 32767

▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
Höhe des virtuellen Zielbildes.
Default: 512
Wertevorschläge: `Height` ∈ {240, 256, 480, 512, 600, 1024}
Wertebereich: 2 ≤ `Height` ≤ 32767

▷ **Interpolation** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Interpolationsverfahren für die Transformation.
Default: 'nearest_neighbor'
Werteliste: `Interpolation` ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Siehe auch

`polar_trans_image_ext`, `polar_trans_image_inv`, `polar_trans_region_inv`, `polar_trans_contour_xld`, `polar_trans_contour_xld_inv`

Modul

Foundation

polar_trans_region_inv (PolarRegion : XYTransRegion : Row, Column, AngleStart, AngleEnd, RadiusStart, RadiusEnd, WidthIn, HeightIn, Width, Height, Interpolation :)

Rücktransformieren einer Region in Polarkoordinaten.

`polar_trans_region_inv` transformiert die Polarkoordinatendarstellung einer Region, gespeichert in `PolarRegion`, zurück auf einen Kreisring in kartesischen Koordinaten, der durch die Radien `RadiusStart` und `RadiusEnd` sowie durch die Winkel `AngleStart` und `AngleEnd` beschrieben ist und dessen Mittelpunkt in (`Row`, `Column`) liegt. Alle diese Werte können frei aus den reellen Zahlen gewählt werden. Zusätzlich müssen die Dimensionen des virtuellen Eingabebildes, welches die Region `PolarRegion` enthält, in `WidthIn` und `HeightIn` übergeben werden. `WidthIn` − 1 ist die Spaltenkoordinate, die `AngleEnd` entspricht, und `HeightIn` − 1 ist die Zeilenkoordinate, die `RadiusEnd` entspricht. `AngleStart` bzw. `RadiusStart` entspricht der Spalten- bzw. Zeilenkoordinate *0*. Außerdem müssen die Dimensionen des virtuellen Ausgabebildes, welches die Region `XYTransRegion` enthält, in `Width` und `Height` übergeben werden.

Die Winkel und Radien sind inklusive, die Zeile mit der Koordinate *0* der Eingaberegion wird also auf einen Kreis im Abstand `RadiusStart` vom angegebenen Mittelpunkt abgebildet, die Zeile mit der Koordinate `HeightIn`−1 auf einen Kreis im Abstand `RadiusEnd`. Das Gleiche gilt für `AngleStart`, `AngleEnd` und `WidthIn`.

Über den Parameter `Interpolation` kann dabei zwischen den Interpolationsverfahren *'bilinear'* und *'nearest_neighbor'* gewählt werden. Die Wahl `Interpolation` = *'bilinear'* kann insbesondere bei Vergrößerungen zu glatteren Regionenrändern führen. Allerdings steigt dadurch die Laufzeit signifikant an.

`polar_trans_region_inv` ist die exakte Umkehrfunktion zu `polar_trans_region`.

Die Aufrufsequenz:

```
polar_trans_region(Region, PolarRegion, Row, Column, rad(360)
polar_trans_region_inv(PolarRegion, XYTransRegion, Row,
Column, rad(360), 0, 0, Radius, Width, Height, Width, Height,
'nearest_neighbor')
```

liefert in der Ausgaberegion `XYTransRegion` die Region `Region` eingeschränkt auf den Kreis um (`Row`,`Column`) mit Radius `Radius` zurück.

Werden mehrere Regionen in `PolarRegion` übergeben, werden deren Transformationen individuell berechnet und als Tupel in `XYTransRegion` abgespeichert. Dabei entsprechen die Indizes von Ein- und Ausgaberegionen nur dann einander, wenn die Systemvariable *'store_empty_regions'* auf *'true'* gesetzt wird (siehe auch `set_system`). Sonst werden leere Regionen nicht zurückgegeben und deshalb entspricht die Länge des Ausgabetupels `XYTransRegion` im Allgemeinen nicht der Länge des Eingabetupels `PolarRegion`.

Weitere Informationen

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Achtung

Werden die Dimensionen des virtuellen Ausgabebildes `Width` und `Height` größer als die Dimensionen des aktuellen Bildes gewählt, sollte die Systemvariable *'clip_region'* auf *'false'* gesetzt werden (siehe auch `set_system`). Andernfalls kann eine Ausgaberegion, die nicht innerhalb der Dimensionen des aktuellen Bildes liegt, zu einer Fehlermeldung führen.

Parameter

- ▷ **`PolarRegion`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Eingaberegion.
- ▷ **`XYTransRegion`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Ergebnisregion.
- ▷ **`Row`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des Kreismittelpunktes.
  Default: 256
  Wertevorschläge: `Row` ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 240, 256, 480, 512}
  Wertebereich: -131068 ≤ `Row` ≤ 131068
- ▷ **`Column`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des Kreismittelpunktes.
  Default: 256
  Wertevorschläge: `Column` ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 320, 512, 640}
  Wertebereich: -131068 ≤ `Column` ≤ 131068
- ▷ **`AngleStart`** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Winkel, auf den die Spaltenkoordinate *0* von `PolarRegion` abgebildet wird.
  Default: 0.0
  Wertevorschläge: `AngleStart` ∈ {0.0, 0.78539816, 1.57079632, 3.141592654, 6.2831853}
  Wertebereich: -6.2831853 ≤ `AngleStart` ≤ 6.2831853
- ▷ **`AngleEnd`** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Winkel, auf den die Spaltenkoordinate `WidthIn` − 1 in `PolarRegion` abgebildet wird.
  Default: 6.2831853
  Wertevorschläge: `AngleEnd` ∈ {0.0, 0.78539816, 1.57079632, 3.141592654, 6.2831853}
  Wertebereich: -6.2831853 ≤ `AngleEnd` ≤ 6.2831853
- ▷ **`RadiusStart`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Kreisradius, auf den die Zeilenkoordinate *0* in `PolarRegion` abgebildet wird.
  Default: 0
  Wertevorschläge: `RadiusStart` ∈ {0, 16, 32, 64, 100, 128, 256, 512}
  Wertebereich: 0 ≤ `RadiusStart` ≤ 32767
- ▷ **`RadiusEnd`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Kreisradius, auf den die Zeilenkoordinate `HeightIn` − 1 in `PolarRegion` abgebildet wird.
  Default: 100
  Wertevorschläge: `RadiusEnd` ∈ {0, 16, 32, 64, 100, 128, 256, 512}
  Wertebereich: 0 ≤ `RadiusEnd` ≤ 32767
- ▷ **`WidthIn`** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite des virtuellen Eingabebildes.
  Default: 512
  Wertevorschläge: `WidthIn` ∈ {256, 320, 512, 640, 800, 1024}
  Wertebereich: 2 ≤ `WidthIn` ≤ 32767

▷ **HeightIn** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
Höhe des virtuellen Eingabebildes.
Default: 512
Wertevorschläge: `HeightIn` ∈ {240, 256, 480, 512, 600, 1024}
Wertebereich: 2 ≤ `HeightIn` ≤ 32767

▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
Breite des virtuellen Zielbildes.
Default: 512
Wertevorschläge: `Width` ∈ {256, 320, 512, 640, 800, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ `Width` ≤ 32767

▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
Höhe des virtuellen Zielbildes.
Default: 512
Wertevorschläge: `Height` ∈ {240, 256, 480, 512, 600, 1024}
Wertebereich: 1 ≤ `Height` ≤ 32767

▷ **Interpolation** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Interpolationsverfahren für die Transformation.
Default: 'nearest_neighbor'
Werteliste: `Interpolation` ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Siehe auch

`polar_trans_image_ext`, `polar_trans_image_inv`, `polar_trans_region`, `polar_trans_contour_xld`, `polar_trans_contour_xld_inv`

Modul

Foundation

projective_trans_region (Regions : TransRegions : HomMat2D, Interpolation :)

Anwenden einer projektiven Transformation auf eine Region.

`projective_trans_region` wendet die durch die homogene Matrix `HomMat2D` beschriebene projektive Transformation auf die Regionen in `Regions` an und liefert die Ergebnisregionen in `TransRegions` zurück.

Zur Berechnung und Interpretation der Matrix siehe `projective_trans_image`.

Wird *'clip_region'* durch `set_system('clip_region', 'true')` auf seinen Grundzustand *'true'* gesetzt, oder ist die Transformation entartet, erzeugt also unendlich große Regionen, so wird die Ausgaberegion durch das Rechteck mit linker oberer Ecke (0, 0) und rechter unterer Ecke (*'width'*, *'height'*) beschnitten, wobei *'width'* und *'height'* Systemvariablen sind (siehe `get_system`). Falls *'clip_region'* auf *'false'* gesetzt wird, so wird die Ausgaberegion nur durch die maximale unterstützte Koordinatengröße beschränkt. Für weitere Informationen zu Beschränkungen der maximalen Koordinatengröße wird auf den „`Installation Guide`" verwiesen. Dies kann zu sehr speicher- und zeitintensiven Berechnungen führen, ist also mit Vorsicht zu benutzen.

Achtung

Der Transformation liegt das gleiche Koordinatensystem zugrunde, das auch bei dem Operator `affine_trans_pixel` verwendet wird. Das bedeutet, dass die Transformation nicht mit der Transformationsmatrix `HomMat2D`, sondern mit einer modifizierte Version davon durchgeführt wird. Eine Transformation mit `projective_trans_region` entspricht für jeden Punkt (Row_i, Col_i) der Region der folgenden Kette von Transformationen (Ein- und Ausgabekoordinaten als homogene Vektoren dargestellt):

$$\begin{pmatrix} RowTrans_i \\ ColTrans_i \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -0.5 \\ 0 & 1 & -0.5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat2D} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & +0.5 \\ 0 & 1 & +0.5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Row_i \\ Col_i \\ 1 \end{pmatrix}$$

Dies kann zu unerwarteten Ergebnissen führen, wenn die Transformationsmatrix unter Verwendung von Koordinaten erstellt wurde, die von der Region mit Operatoren wie z.B. `area_center` abgeleitet wurden. Wenn z.B. eine rotationssymmetrische Region unter Verwendung von `hom_mat2d_rotate` um ihren mit `area_center` bestimmten Schwerpunkt rotiert wird, so liegt die transformierte Region nicht auf der Originalregion. Dieser Effekt kann dadurch kompensiert werden, dass vor dem Aufruf von `projective_trans_region` die Transformationsmatrix `HomMat2D` durch die beiden folgenden Translationen modifiziert wird:

```
hom_mat2d_translate(HomMat2D, 0.5, 0.5, HomMat2DTmp)
hom_mat2d_translate_local(HomMat2DTmp, -0.5, -0.5,
HomMat2DAdapted)
projective_trans_region(Region, TransRegion, HomMat2DAdapted,
'bilinear')
```

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Eingaberegionen.
- ▷ **TransRegions** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Ergebnisregionen.
- ▷ **HomMat2D** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Homogene projektive Transformationsmatrix.
- ▷ **Interpolation** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Interpolationsmethode für die Transformation.
  Default: 'bilinear'
  Werteliste: `Interpolation` ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`vector_to_proj_hom_mat2d`, `hom_vector_to_proj_hom_mat2d`, `proj_match_points_ransac`, `proj_match_points_ransac_guided`, `hom_mat3d_project`

Siehe auch

`projective_trans_image`, `projective_trans_image_size`, `projective_trans_contour_xld`, `projective_trans_point_2d`, `projective_trans_pixel`

Modul

Foundation

transpose_region (Region : Transposed : Row, Column :)

Ausführen einer Punktspiegelung einer Region.

`transpose_region` führt eine Punktspiegelung der Eingaberegionen durch. Der Symmetriepunkt S wird durch `Column` und `Row` bestimmt. Der Bildpunkt P' eines Punktes P ist durch folgende Forderung festgelegt:

Ist $P = S$, dann ist $P' = S$. Der Punkt S ist also ein Bezugspunkt. Ist $P \neq S$, dann ist S der Mittelpunkt der Strecke PP'. Die Abbildungsgleichungen der dieser Punktspiegelung mit dem Zentrum $S =$ `Column`, `Row` ermittelt man aus den Beziehungen:

$$\begin{aligned} \texttt{Column} &= \frac{x + x'}{2} \\ \texttt{Row} &= \frac{y + y'}{2}. \end{aligned}$$

Werden `Row` und `Column` auf den Ursprung gesetzt, so erhält man die in der Morphologie übliche Punktspiegelung. Typischerweise wird `transpose_region` zur Punktspiegelung eines strukturierenden Elementes verwendet.

Parameter

▷ **`Region`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen die gespiegelt werden.

▷ **`Transposed`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Transponierte Regionen

▷ **`Row`** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer*
Zeilenindex des Bezugspunktes.
Default: 0
Wertevorschläge: `Row` ∈ {0, 64, 128, 256, 512}
Wertebereich: 0 ≤ `Row` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **`Column`** (input_control) ..... point.x ⇝ *integer*
Spaltenindex des Bezugspunktes.
Default: 0
Wertevorschläge: `Column` ∈ {0, 64, 128, 256, 512}
Wertebereich: 0 ≤ `Column` ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität für eine Region:

$$O(\sqrt{F}) \ .$$

Ergebnis

Bei korrekter Parametrisierung liefert die Funktion `transpose_region` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Funktionsverhalten für die beiden Fälle leere und keine Eingaberegion lässt sich wie folgt kontrollieren:

- keine Region: `set_system('no_object_result',<RegionResult>)`
- leere Region: `set_system('empty_region_result',<RegionResult>)`

Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

`reduce_domain`, `select_shape`, `area_center`, `connection`

Siehe auch

`dilation1`, `opening`, `closing`

Modul

Foundation

zoom_region (Region : RegionZoom : ScaleWidth, ScaleHeight :)

Zoomen von Regionen.

zoom_region vergrößert oder verkleinert die Regionen Region in x- und y-Richtung um die angegebenen Skalierungsfaktoren ScaleWidth und ScaleHeight.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu transformierende Region(en).
- ▷ **RegionZoom** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Gezoomte Region(en).
  Parameteranzahl: RegionZoom == Region
- ▷ **ScaleWidth** (input_control) ..... extent.x ⇝ *real*
  Skalierungsfaktor in x-Richtung.
  Default: 2.0
  Wertevorschläge: ScaleWidth ∈ {0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0}
  Wertebereich: 0.0 ≤ ScaleWidth ≤ 100.0 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.5
- ▷ **ScaleHeight** (input_control) ..... extent.y ⇝ *real*
  Skalierungsfaktor in y-Richtung.
  Default: 2.0
  Wertevorschläge: ScaleHeight ∈ {0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0}
  Wertebereich: 0.0 ≤ ScaleHeight ≤ 100.0 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.5

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, connection, regiongrowing, pouring

Nachfolger

select_shape, disp_region

Siehe auch

zoom_image_size, zoom_image_factor

Modul

Foundation

23.3 Mengen-Operationen

complement (Region : RegionComplement : :)

Berechnen des Komplements einer Region.

complement berechnet das Komplement der eingegebenen Region(en).

Wenn das Systemflag *'clip_region'* auf *'true'* gesetzt ist, was der Normalfall ist, wird die Differenz aus dem größten aktuellen Bild (siehe reset_obj_db) und der Region berechnet.

Wenn das Systemflag *'clip_region'* auf *'false'* steht (siehe set_system), würde die resultierende Region unendlich groß werden. Um dies zu verhindern, wird das Komplement nur virtuell ausgeführt, d.h., es wird der Eintrag (Flag) für das Komplement in Region auf TRUE gesetzt. Für die Berechnung von Folgeoperationen werden dann

die Gesetze von de Morgan verwendet. Sinnvoll ist die Ausführung von `complement` mit dem Systemflag auf *'false'* nur zur Vermeidung von Randeffekten, z.B., wenn der zu bearbeitende Ausschnitt über die Bildgröße hinausgeht oder wenn er kleiner als die Bildgröße ist. In letzterem Fall müsste dann das gewünschte Clipping explizit gesetzt werden. Hat man keinen Grund, den Operator mit *'clip_region'='false'* aufzurufen, braucht diese Einstellung aber für andere Operationen, empfiehlt es sich, das Systemflag kurzzeitig auf *'true'* und nach Anwendung von `complement` wieder auf *'false'* zu setzen, da ansonsten negative Regionen aus Folgeoperationen resultieren können

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Eingaberegion(en).
- ▷ **RegionComplement** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Berechnete Komplement(e).
  Parameteranzahl: RegionComplement == Region

Ergebnis

`complement` liefert normalerweise den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)`, das bei leerer Region mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `connection`, `regiongrowing`, `pouring`, `class_ndim_norm`

Nachfolger

`select_shape`

Siehe auch

`difference`, `union1`, `union2`, `intersection`, `reset_obj_db`, `set_system`

Modul

Foundation

difference (Region, Sub : RegionDifference : :)

Berechnen der Differenz von Mengen von Regionen.

`difference` berechnet die flächenmäßige Differenz von Regionen:

(Regionen aus `Region`) − (Regionen aus `Sub`)

Eine Ergebnisregion berechnet sich aus der Eingaberegion (`Region`) minus aller Punkte der Regionen aus `Sub`. Intern werden alle Regionen aus `Sub` zunächst vereinigt, bevor die Differenz jeder einzelnen Region aus `Region` mit der vereinigten Region berechnet wird.

Achtung

Leere Eingaberegionen sind bei beiden Parametern zulässig. Es ist zu beachten, dass leere Regionen entstehen können. Hierbei ist der Wert von *'store_empty_region'* zu beachten.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Zu bearbeitende Region(en).
- ▷ **Sub** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Diese Region(en) (ihre Vereinigung) werden von Region abgezogen.
- ▷ **RegionDifference** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Ergebnis der Differenz.

Beispiel

```
* provides the region X without the points in Y
difference(X,Y,RegionDifference)
```

Komplexität

Sei N die Anzahl der Region und F_1 deren mittlere Fläche und F_2 die Gesamtfläche aller Regionen aus `Sub`, dann ist die Laufzeitkomplexität: $O(F_1 * \log(F_1) + N * (\sqrt{F_1} + \sqrt{F_2}))$.

Ergebnis

`difference` liefert normalerweise den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)`, das bei leerer Region mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`threshold`, `connection`, `regiongrowing`, `pouring`, `class_ndim_norm`

Nachfolger

`select_shape`, `disp_region`

Siehe auch

`intersection`, `union1`, `union2`, `complement`, `symm_difference`

Modul

Foundation

intersection (Region1, Region2 : RegionIntersection : :)

Berechnen des Durchschnitts von Mengen von Regionen.

`intersection` bildet den Durchschnitt aller Regionen aus `Region1` mit den Regionen aus `Region2`. Jede Region aus `Region1` wird mit allen Regionen aus `Region2` geschnitten. D.h., intern werden alle Regionen aus `Region2` zunächst vereinigt, bevor der Durchschnitt jeder einzelnen Region aus `Region1` mit der vereinigten Region berechnet wird. Die Reihenfolge der Regionen aus `Region1` ist identisch mit der Reihenfolge der bearbeiteten Regionen in `RegionIntersection` (d.h. erste Eingaberegion = erste geschnittene Region, usw.).

Achtung

Leere Eingaberegionen sind zulässig. Da leere Regionen auftreten können ist das Flag *'store_empty_region'* zu beachten.

Parameter

- ▷ **Region1** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Jede Region aus Region1 wird mit der Vereinigung der Regionen aus Region2 geschnitten.
- ▷ **Region2** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, die für die Berechnung vereinigt werden.
- ▷ **RegionIntersection** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Ergebnis der Durchschnittsbildung.
  Parameteranzahl: RegionIntersection <= Region1

Komplexität

Sei N die Anzahl der Regionen in `Region1` und F_1 deren mittlere Fläche und F_2 die Gesamtfläche aller Regionen aus `Region2`, dann ist die Laufzeitkomplexität: $O(F_1 \log(F_1) + N * (\sqrt{F_1} + \sqrt{F_2}))$.

Ergebnis

`intersection` liefert normalerweise den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine

Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>), das bei leerer Region mit set_system('empty_region_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

threshold, connection, regiongrowing, pouring

Nachfolger

select_shape, disp_region

Siehe auch

union1, union2, complement

Modul

Foundation

symm_difference (Region1, Region2 : RegionDifference : :)

Berechnen der symmetrischen Mengendifferenz von Regionen.

symm_difference berechnet die symmetrische Mengendifferenz von Regionen. Intern werden alle Regionen aus Region2 zunächst vereinigt, bevor die Differenz jeder einzelnen Region aus Region1 mit der vereinigten Region berechnet wird. Zwei mögliche Definitionen der symmetrischen Mengendifferenz sind aus dem Beispiel unten zu entnehmen. Eine dritte Definition ist, die symmetrische Mengendifferenz als das exklusive Oder der beiden Regionen zu betrachten.

Achtung

Leere Eingaberegionen sind bei beiden Parametern zulässig. Es ist zu beachten, dass leere Regionen entstehen können. Hierbei ist der Wert von *'store_empty_region'* zu beachten.

Parameter

- ▷ **Region1** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Eingaberegion 1.
- ▷ **Region2** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Eingaberegion 2.
- ▷ **RegionDifference** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Ergebnis der Differenz.

Beispiel

```
* Simulate the symmetric difference of Region1 and Region2 with
* difference and union:
difference(Region1, Region2, Diff1)
difference(Region2, Region1, Diff2)
union2(Diff1, Diff2, Difference)

* Simulate the symmetric difference of Region1 and Region2 with
* union, intersection, and difference:
union2(Region1, Region2, Union)
intersection(Region1, Region2, Intersection)
difference(Union, Intersection, Difference)
```

Ergebnis

symm_difference liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine

Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>), das bei leerer Region mit set_system('empty_region_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

select_shape, disp_region

Siehe auch

intersection, union1, union2, complement, difference

Modul

Foundation

union1 (Region : RegionUnion : :)

Vereinigen von Regionen.

union1 bestimmt die Vereinigung der Eingaberegionen und erzeugt daraus eine Ausgaberegion, die alle Punkte der Eingaberegionen umfasst.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Regionen, die vereinigt werden sollen.
- ▷ **RegionUnion** (output_object) ..... region ⇝ *object*
  Ergebnisregion, die die Vereinigung aller Eingaberegionen ist.
  Parameteranzahl: RegionUnion <= Region

Beispiel

```
* Union of segmentation results:
threshold(Image,Region1,128,255)
dyn_threshold(Image,Mean,Region2,5,'light')
concat_obj(Region1,Region2,Regions)
union1(Regions,RegionUnion)
```

Komplexität

Sei F die Summe aller Flächen der Eingaberegionen, dann ist die Laufzeitkomplexität: $O(log(sqrt(F))*sqrt(F))$.

Ergebnis

union1 liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>), das bei leerer Region mit set_system('empty_region_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

threshold, connection, regiongrowing, pouring

Nachfolger

select_shape, disp_region

Alternativen

union2

Siehe auch

intersection, complement

Modul

Foundation

union2 (Region1, Region2 : RegionUnion : :)

Vereinigen von Regionen mit zwei Eingabeparametern.

union2 vereinigt jede Region aus Region1 mit der Vereinigung aller Regionen aus Region2. D.h., intern werden alle Regionen aus Region2 zunächst vereinigt, bevor die Vereinigung jeder einzelnen Region aus Region1 mit der vereinigten Region berechnet wird. union2 ist also nicht kommutativ!

Parameter

- ▷ **Region1** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Jede Region aus Region1 wird mit der Vereinigung aller Regionen aus Region2 vereinigt.
- ▷ **Region2** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Die Vereinigung der Regionen aus Region2 wird mit jeder Region aus Region1 vereinigt.
- ▷ **RegionUnion** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Ergebnisregionen, die die Vereinigung mit den Eingaberegionen aus Region2 sind.
  Parameteranzahl: RegionUnion == Region1

Komplexität

Sei F die Summe aller Flächen der Eingaberegionen, dann ist die Laufzeitkomplexität: $O(log(sqrt(F))*sqrt(F))$.

Ergebnis

union2 liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>), das bei leerer Region mit set_system('empty_region_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

threshold, connection, regiongrowing, pouring

Nachfolger

select_shape, disp_region

Alternativen

union1

Siehe auch

intersection, complement

Modul

Foundation

23.4 Merkmale

Dieses Kapitel beschreibt Operatoren, mit denen auf die unterschiedlichen Features von Regionen zugegriffen werden kann.

Liste von Features

Im Folgenden werden die Features kurz illustriert.

'area': Fläche des Objektes

'row': Zeilenindex des Schwerpunkts

'column': Spaltenindex des Schwerpunkts

'row1': Zeilenindex der linken oberen Ecke

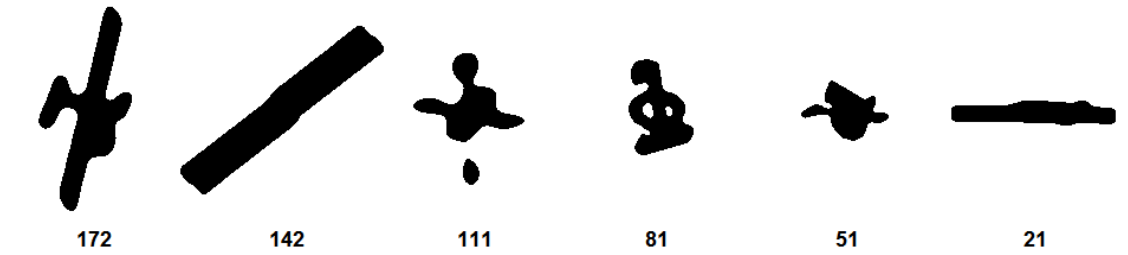
'column1': Spaltenindex der linken oberen Ecke

'row2': Zeilenindex der rechten unteren Ecke

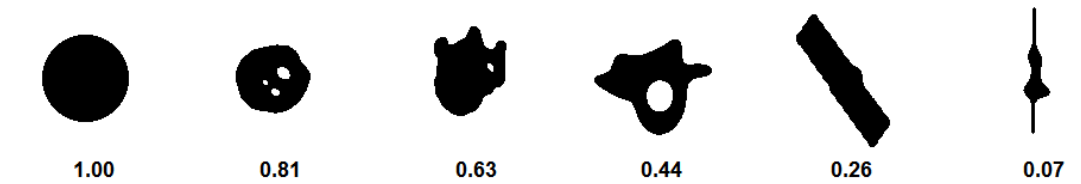
'column2': Spaltenindex der rechten unteren Ecke

'width': Breite der Region (parallel zur Koordinatenachse)

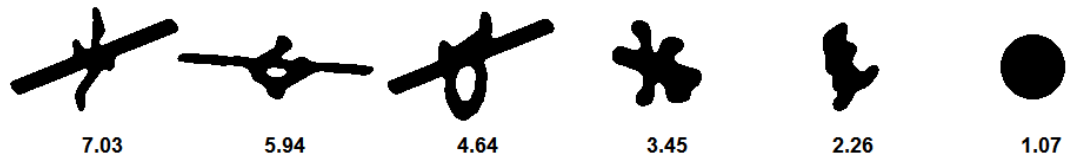
'height': Höhe der Region (parallel zur Koordinatenachse)



'circularity': Kreisförmigkeit (vgl. `circularity`)

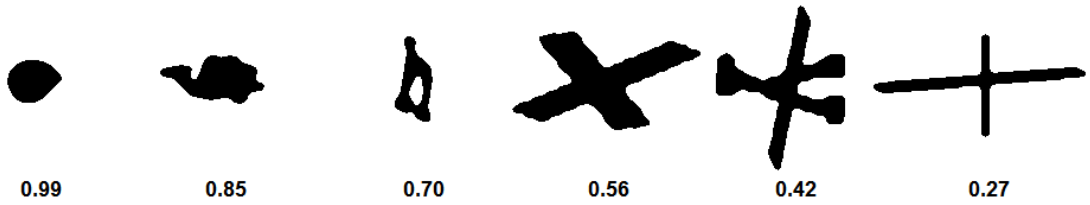


'compactness': Kompaktheit (vgl. `compactness`)



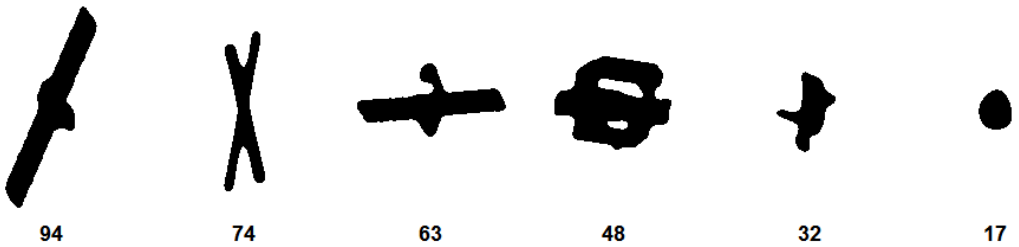
'contlength': Gesamtlänge der Kontur (vgl. `contlength`)

'convexity': Konvexität (vgl. `convexity`)

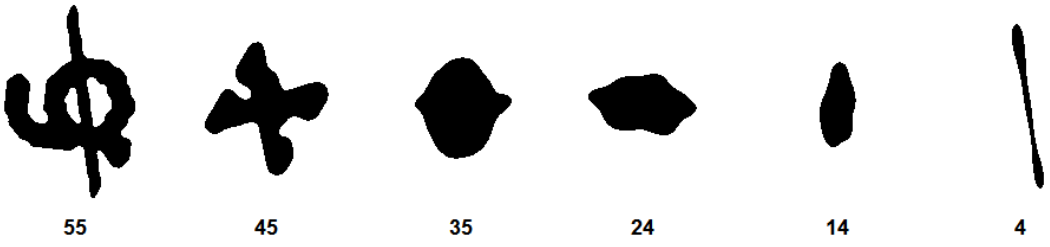


'rectangularity': Rechteckigkeit (vgl. `rectangularity`)

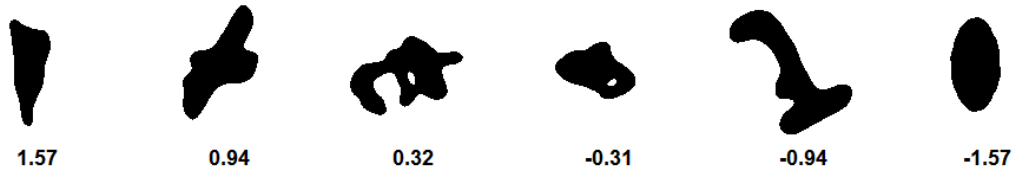
'ra': Hauptradius der äquivalenten Ellipse (vgl. `elliptic_axis`)



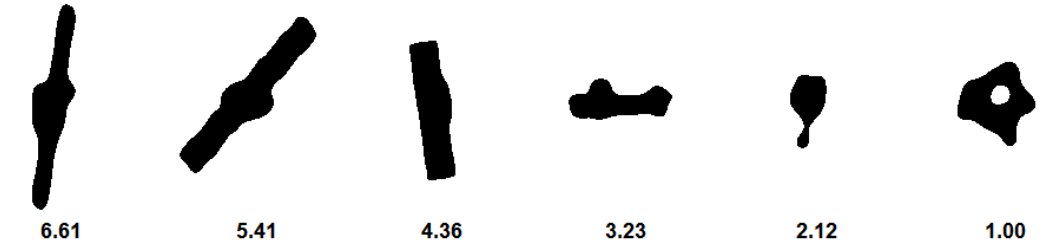
'rb': Nebenradius der äquivalenten Ellipse (vgl. `elliptic_axis`)



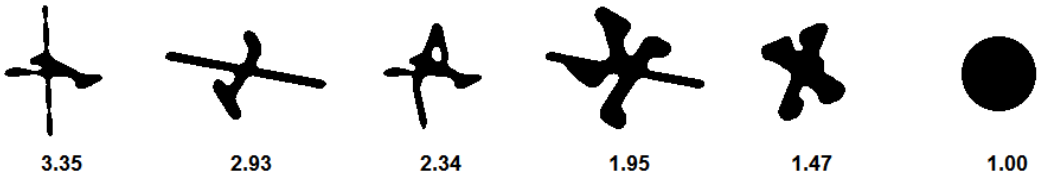
'phi': Orientierung der äquivalenten Ellipse (vgl. `elliptic_axis`)



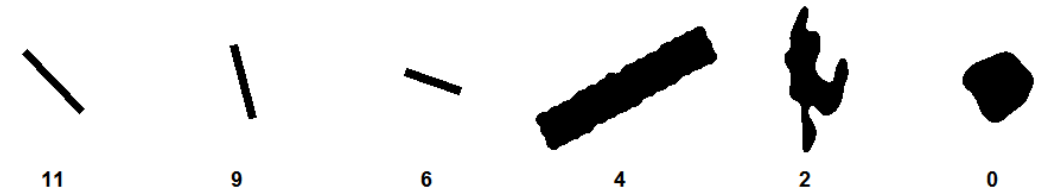
'anisometry': Anisometrie (vgl. `eccentricity`)



'bulkiness': Bulkiness (vgl. Operator `eccentricity`)

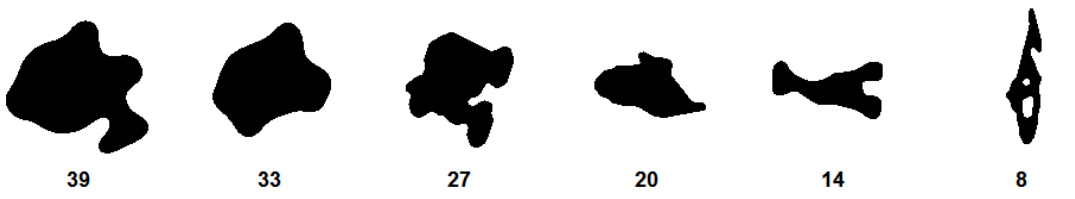


'struct_factor': Struktur Faktor (vgl. Operator `eccentricity`)

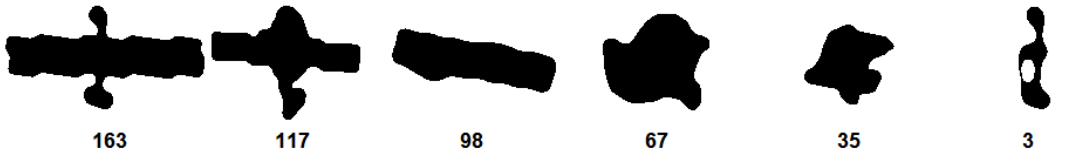


'outer_radius': Radius des kleinsten umschließenden Kreises (vgl. `smallest_circle`)

'inner_radius': Radius des größten Inkreises (vgl. `inner_circle`)

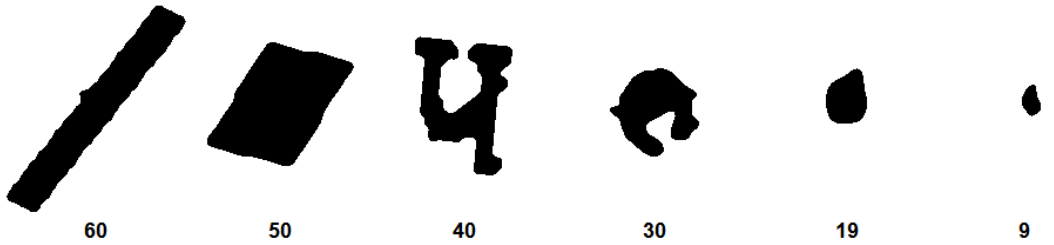


'inner_width': Breite des größten enthaltenen achsenparallelen Rechtecks (vgl. `inner_rectangle1`)

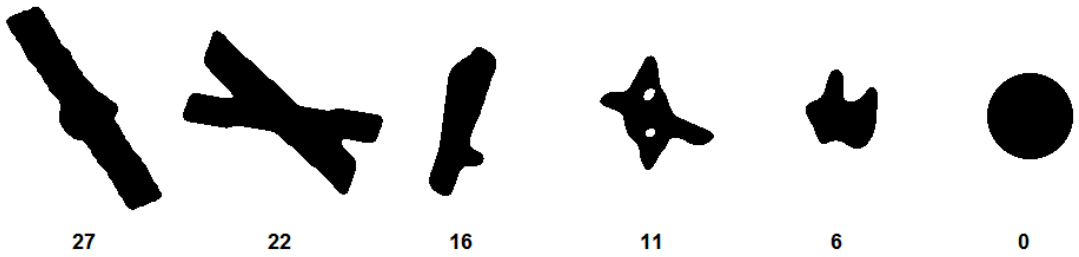


'inner_height': Höhe des größten enthaltenen achsenparallelen Rechtecks (vgl. `inner_rectangle1`)

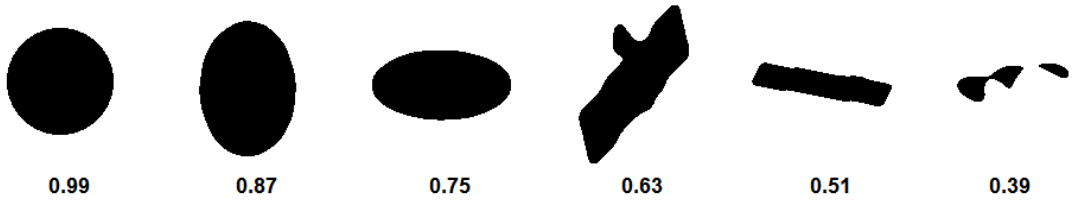
'dist_mean': Mittlerer Abstand zwischen dem Rand der Region und ihrem Schwerpunkt (vgl. Operator `roundness`)



'dist_deviation': Standardabweichung des Abstands vom Regionenrand zum Schwerpunkt (vgl. Operator `roundness`)



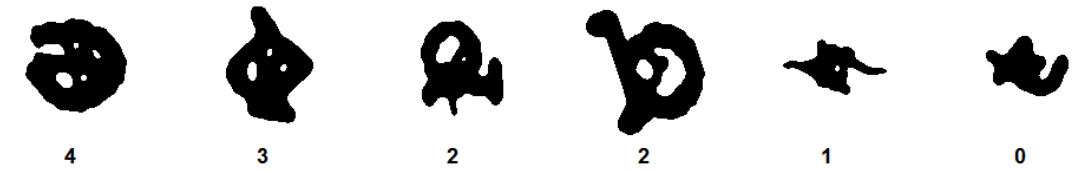
'roundness': Rundheit (vgl. Operator `roundness`)



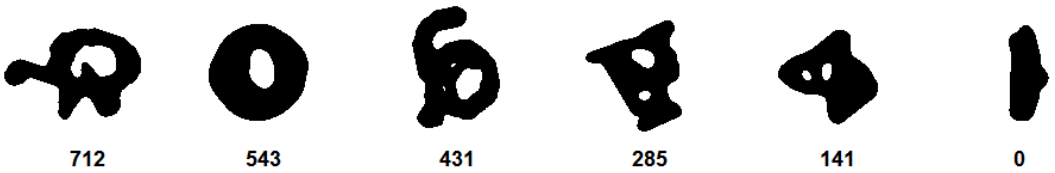
'num_sides': Anzahl Polygonseiten (vgl. Operator `roundness`)

'connect_num': Anzahl der Zusammenhangskomponenten (vgl. Operator `connect_and_holes`)

'holes_num': Anzahl der Löcher (vgl. Operator `connect_and_holes`)



'area_holes': Fläche der Löcher des Objektes (vgl. Operator `area_holes`)

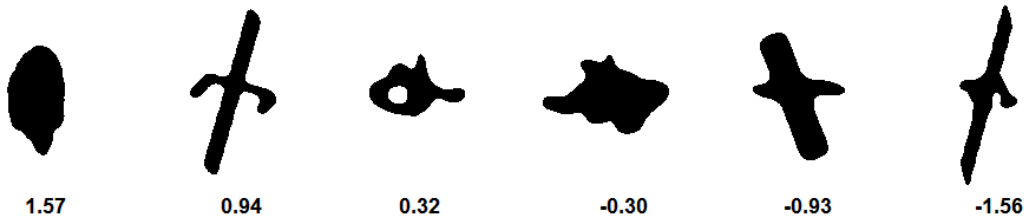


'max_diameter': Maximale Ausdehnung der Region (vgl. Operator `diameter_region`)

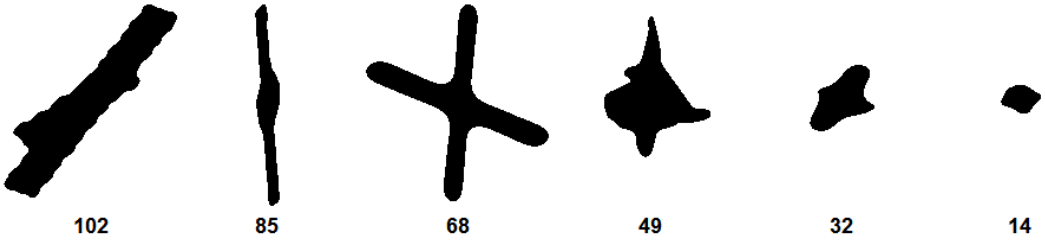
'orientation': Orientierung der Region (vgl. Operator `orientation_region`)

'euler_number': Eulerzahl (vgl. Operator `euler_number`)

'rect2_phi': Orientierung des kleinsten umschließenden Rechtecks (vgl. Operator `smallest_rectangle2`)



'rect2_len1': Halbe Länge des kleinsten umschließenden Rechtecks (vgl. Operator `smallest_rectangle2`)



'rect2_len2': Halbe Breite des kleinsten umschließenden Rechtecks (vgl. Operator `smallest_rectangle2`)

'moments_m11': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd`)

'moments_m20': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd`)

'moments_m02': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd`)

'moments_ia': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd`)

'moments_ib': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd`)

'moments_m11_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd_invar`)

'moments_m20_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd_invar`)

'moments_m02_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd_invar`)

'moments_phi1': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd_rel_invar`)

'moments_phi2': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd_rel_invar`)

'moments_m21': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd`)

'moments_m12': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd`)

'moments_m03': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd`)

'moments_m30': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd`)

'moments_m21_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd_invar`)

'moments_m12_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd_invar`)

'moments_m03_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd_invar`)

'moments_m30_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd_invar`)

'moments_i1': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central`)

'moments_i2': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central`)

'moments_i3': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central`)

'moments_i4': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central`)

'moments_psi1': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central_invar`)

'moments_psi2': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central_invar`)

'moments_psi3': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central_invar`)

'moments_psi4': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central_invar`)

`area_center ( Regions : : : Area, Row, Column )`

Ermitteln der Fläche und des Schwerpunkts von Regionen.

`area_center` berechnet die Fläche und den Schwerpunkt der Eingaberegionen. Die Fläche ist definiert als die Anzahl von Bildpunkten einer Region. Der Schwerpunkt berechnet sich als der Mittelwert der Zeilen- bzw. Spaltenkoordinaten aller Punkte.

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie ein Bild mit Regionen, die sich in ihrer Fläche unterscheiden.

Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln abgespeichert, wobei der Index eines Wertes in dem Tupel dem Index der Region in der Eingabe entspricht. Bei leerer Region haben alle Parameter den Wert 0.0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe `set_system`).

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Region(en).
- ▷ **Area** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Fläche der Region.
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenindex des Schwerpunktes.
- ▷ **Column** (output_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenindex des Schwerpunktes.

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"
using namespace Halcon;

main()
{
  Tuple   area, row, column;

  HImage   img ("monkey");
  HWindow  w;

  img.Display (w);
  w.Click ();

  HRegionArray   reg = (img >= 164).Connection ();

  reg.Display (w);
  w.Click ();

  area = reg.AreaCenter (&row, &column);

  for (int i = 0; i < reg.Num (); i++)
  {
    cout << "Row    [" << i << "]" << "= " << row[i].D ();
    cout << "\t\tColumn [" << i << "]" << "= " << column[i].D () << endl;
```

```
  }

  cout << "Total number of regions: " << reg.Num () << endl;
  return(0);
}
```

Komplexität

Sei F die Fläche einer Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität im Mittel $O(sqrt(F))$.

Ergebnis

`area_center` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`

Siehe auch

`select_shape`

Modul

Foundation

area_holes (Regions : : : Area)

Berechnen der Fläche der Löcher von Regionen.

Der Operator `area_holes` berechnet die Fläche der Löcher in den Eingaberegionen. Die Fläche ist definiert als die Anzahl der Bildpunkte der Löcher. Wenn eine Region mehr als ein Loch hat, wird die Summe der Flächen aller Löcher dieser Region zurückgegeben. Die Art der Nachbarschaft wird mit `set_system ('neighborhood',<4/8>)` festgelegt (Standardeinstellung ist 8-ter Nachbarschaft).

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie ein Bild mit Regionen, die sich in der Fläche ihrer Löcher unterscheiden.

Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln abgespeichert, wobei der Index eines Wertes in dem Tupel dem Index der Region in der Eingabe entspricht. Bei einer leeren Region hat die Fläche den Wert 0.

Parameter

▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Region(en).

▷ **Area** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Fläche(n) der Löcher der Region(en).

Beispiel

```
read_image(Image,'modules/modules_01')
threshold(Image,Region,50,250)
area_holes(Region,Area)
```

Ergebnis

Der Operator `area_holes` liefert normalerweise den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Siehe auch

area_center, fill_up

Modul

Foundation

circularity (Regions : : : Circularity)

Ermitteln des Formfaktors für die Kreisförmigkeit einer Region.

circularity berechnet die Ähnlichkeit der Eingaberegion mit einem Kreis.

Berechnung: Sei F die Fläche der Region und max der maximale Abstand vom Schwerpunkt zu allen Konturpunkten, dann ist der Formfaktor C definiert als:

$$C' = \frac{F}{(max^2 * \pi)}$$

$$C = \min(1.0, C')$$

Der Formfaktor C ist bei einem Kreis gleich 1. Wenn die Region langgestreckt ist oder Hohlflächen hat, ist C kleiner als 1. circularity spricht besonders auf große Ausbuchtungen, Hohlflächen und nicht zusammenhängende Regionen an. Der Wert von C wird auf 1 begrenzt, weil die Pixel-Fläche einer Region nur eine Approximation der Fläche eines echten Kreises sein kann. Dieser Approximationsfehler ist umso größer, je kleiner die Region ist.

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie ein Bild mit Regionen, die sich in ihrer Kreisförmigkeit unterscheiden.

Bei einer leeren Region liefert circularity (soweit kein anderes Verhalten festgelegt wurde (siehe set_system)) den Wert 0. Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Zahlenwerte des Formfaktors in einem Tupel abgespeichert, wobei die Position eines Wertes in dem Tupel der Position der Region im Eingabetupel entspricht.

Parameter

▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Region(en).

▷ **Circularity** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Kreisförmigkeit der Eingaberegion(en).
Zusicherung: 0 <= Circularity && Circularity <= 1.0

Beispiel

```
* Comparison between shape factors of rectangle, circle and ellipse:
gen_rectangle1(R1,10,10,20,20)
gen_rectangle2(R2,100,100,0.0,100,20)
gen_ellipse(E100,100,100,0.0,100,20)
gen_circle(C,100,100,20)
circularity(R1,M_R1)
circularity(R2,M_R2)
circularity(E100,M_E)
circularity(C,M_C)
fwrite_string(FileId,['quadrate:  ',M_R1])
fnew_line(FileId)
```

```
fwrite_string(FileId,['rectangle: ',M_R2])
fnew_line(FileId)
fwrite_string(FileId,['ellipse:   ',M_E])
fnew_line(FileId)
fwrite_string(FileId,['circle:    ',M_C])
fnew_line(FileId)
```

Ergebnis

`circularity` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`

Alternativen

`roundness`, `compactness`, `convexity`, `eccentricity`

Siehe auch

`area_center`, `select_shape`

Modul

Foundation

compactness (Regions : : : Compactness)

Ermitteln des Formfaktors für die Kompaktheit einer Region.

`compactness` berechnet die Kompaktheit der Eingaberegionen.

Berechnung: Sei L die Länge der Kontur (siehe `contlength`) und F die Fläche der Region, dann ist der Formfaktor C definiert als:

$$C' = \frac{L^2}{4F\pi}$$

$$C = \max(1, C')$$

Der Formfaktor C ist bei einem Kreis gleich 1. Ist die Region langgestreckt oder hat sie Hohlflächen, dann ist C größer als 1. `compactness` spricht auf den Verlauf der Kontur (Rauigkeit) und auf Hohlflächen an. Der Wert von C wird auf größer als 1 beschränkt, weil die Pixel-Fläche einer Region nur eine Approximation der Fläche eines echten Kreises sein kann. Dieser Approximationsfehler ist umso größer, je kleiner die Region ist.

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie ein Bild mit Regionen, die sich in ihrer Kompaktheit unterscheiden.

Bei einer leeren Region liefert `compactness` den Wert 0, soweit kein anderes Verhalten festgelegt wurde (siehe `set_system`). Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Zahlenwerte des Formfaktors in einem Tupel abgespeichert, wobei die Position eines Wertes in dem Tupel der Position der Region im Eingabetupel entspricht.

Parameter

▷ **Regions** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Region(en).

▷ **Compactness** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Kompaktheit der Eingaberegion(en).
Zusicherung: Compactness >= 1.0 || Compactness == 0

Ergebnis

`compactness` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`

Alternativen

`convexity`, `eccentricity`

Siehe auch

`contlength`, `area_center`, `select_shape`

Modul

Foundation

connect_and_holes (Regions : : : NumConnected, NumHoles)

Ermitteln der Anzahl der Zusammenhangskomponenten und Hohlflächen.

`connect_and_holes` berechnet die Anzahl der Zusammenhangskomponenten und die Anzahl der Hohlflächen einer jeden Region aus `Regions`.

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie ein Bild mit Regionen, die sich in der Anzahl ihrer Zusammenhangskomponenten und der Anzahl ihrer Hohlflächen unterscheiden.

Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Zahlenwerte der Ausgabesteuerparameter `NumConnected` und `NumHoles` jeweils in einem Tupel abgespeichert, wobei die Position eines Wertes in dem Tupel der Position der Region im Eingabetupel entspricht.

Parameter

▷ **Regions** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Region(en).

▷ **NumConnected** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der Zusammenhangskomponenten einer Region.

▷ **NumHoles** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der Hohlflächen einer Region.

Ergebnis

`connect_and_holes` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` bestimmt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Alternativen

euler_number

Siehe auch

connection, fill_up, fill_up_shape, union1

Modul

Foundation

contlength (Regions : : : ContLength)

Ermitteln der Konturlänge einer Region.

contlength berechnet für jede Region aus Regions die Gesamtlänge der Kontur (Summe über alle Zusammenhangskomponenten der Region). Dabei wird der Abstand von zwei benachbarten Konturpunkten parallel zu den Koordinatenachsen mit 1, der Abstand in der Diagonalen mit $\sqrt{2}$ bewertet.

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie ein Bild mit Regionen, die sich in der Konturlänge unterscheiden.

Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Zahlenwerte der Konturlänge in einem Tupel abgespeichert, wobei die Position eines Wertes in dem Tupel der Position einer Region im Eingabetupel entspricht. Bei einer leeren Region liefert contlength den Wert 0.

Achtung

Die Kontur von Hohlflächen wird nicht mitgerechnet.

Parameter

▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Region(en).

▷ **ContLength** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Konturlänge der Eingaberegion(en).
Zusicherung: ContLength >= 0

Beispiel

```
#include "HalconCpp.h"
#include <iostream>
using namespace HalconCpp;

int main (int argc, char *argv[])
{
  HWindow        w(10,10,512,512);
  HRegion        reg;
  int            NumOfElements = 3;

  std::cout << "Draw " << NumOfElements << " regions " << std::endl;
  GenEmptyObj(&reg);
  for (int i=0; i < NumOfElements; i++)
  {
    reg = reg.ConcatObj(w.DrawRegion());
  }

  HTuple circ = reg.Circularity ();
  HTuple cont = reg.Contlength ();
```

```
  for (int i = 0; i < NumOfElements; i++)
  {
    std::cout << "region " << i+1 << ": \tcircularity = " << circ[i].D() <<
                 "\tcontour length =" << cont[i].D() << std::endl;
  }
  std::cout << "Click into the graphics window to end." << std::endl;
  w.Click ();
  return(0);
}
```

Ergebnis

`contlength` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`

Nachfolger

`get_region_contour`

Alternativen

`compactness`

Siehe auch

`area_center`, `get_region_contour`

Modul

Foundation

`convexity ( Regions : : : Convexity )`

Ermitteln des Formfaktors für die Konvexität einer Region.

`convexity` berechnet die Konvexität jeder Eingaberegion aus `Regions`.

Berechnung: Sei F_c die Fläche der konvexen Hülle und F_o die Originalfläche der Region, dann ist der Formfaktor C definiert als:

$$C = \frac{F_o}{F_c}$$

Der Formfaktor C ist gleich 1, wenn die Region konvex ist (z.B. Rechteck, Kreis etc.). Sind Einbuchtungen oder Hohlflächen vorhanden, dann ist C kleiner als 1.

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie ein Bild mit Regionen, die sich in ihrer Konvexität unterscheiden.

Bei einer leeren Region liefert `convexity` (soweit kein anderes Verhalten festgelegt wurde (siehe `set_system`)) den Wert 0. Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Zahlenwerte des Formfaktors in einem Tupel abgespeichert, wobei die Position eines Wertes in dem Tupel der Position der Region im Eingabetupel entspricht.

Parameter

▷ **Regions** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Region(en).

▷ **Convexity** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Konvexität der Eingaberegion(en).
Zusicherung: Convexity <= 1

Ergebnis

`convexity` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`

Siehe auch

`select_shape`, `area_center`, `shape_trans`

Modul

Foundation

diameter_region (Regions : : : Row1, Column1, Row2, Column2, Diameter)

Ermitteln des maximalen Abstands zweier Randpunkte einer Region.

`diameter_region` berechnet den maximalen Abstand zweier Randpunkte einer Region. Es werden die Koordinaten der beiden Extrempunkte und der Abstand zwischen diesen Punkten zurückgegeben.

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie ein Bild mit Regionen, die sich in dem maximalen Abstands zweier Randpunkte unterscheiden.

Achtung

Bei leerer Region kann das Ergebnis von `Row1`, `Column1`, `Row2` und `Column2` (alle sind 0) zu Konfusionen führen.

Parameter

▷ **Regions** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Regionen.

▷ **Row1** (output_control) . . . . . line.begin.y(-array) ⇝ *integer*
Zeilenindex des ersten Extrempunktes.

▷ **Column1** (output_control) . . . . . line.begin.x(-array) ⇝ *integer*
Spaltenindex des ersten Extrempunktes.

▷ **Row2** (output_control) . . . . . line.end.y(-array) ⇝ *integer*
Zeilenindex des zweiten Extrempunktes.

▷ **Column2** (output_control) . . . . . line.end.x(-array) ⇝ *integer*
Spaltenindex des zweiten Extrempunktes.

▷ **Diameter** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Abstand der beiden Extrempunkte.

Komplexität

Sei F die Fläche einer Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität im Mittel $O(sqrt(F))$.

Ergebnis

diameter_region liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, runlength_features

Nachfolger

disp_line

Alternativen

smallest_rectangle2

Modul

Foundation

eccentricity (Regions : : : Anisometry, Bulkiness, StructureFactor)

Ermitteln der aus den Ellipsenparametern abgeleiteten Formmerkmale.

eccentricity berechnet für die Regionen in Regions die drei Formmerkmale Anisometry, Bulkiness und StructureFactor:

$$\begin{aligned} \texttt{Anisometry} &= \frac{Ra}{Rb} \\ \texttt{Bulkiness} &= \frac{\pi \cdot Ra \cdot Rb}{F} \\ \texttt{StructureFactor} &= \texttt{Anisometry} \cdot \texttt{Bulkiness} - 1 \end{aligned}$$

wobei Ra und Rb die Ellipsenradien bezeichnen (siehe elliptic_axis) und F für die Fläche der Region steht (siehe area_center).

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie ein Bild mit Regionen, die sich in Anisometry, Bulkiness und StructureFactor unterscheiden.

Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln abgespeichert, wobei der Index eines Wertes in dem Tupel dem Index einer Region in der Eingabe entspricht.

Bei leerer Region haben alle Parameter den Wert 0.0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe set_system).

Achtung

Es ist zu beachten, dass, wie bei allen regionenmomentenbasierten Operatoren, die Pixel als mathematische Punkte ohne flächenhafte Ausdehnung betrachtet werden, die durch die Mitte des jeweiligen Pixels gegeben sind (siehe die Dokumentation von elliptic_axis). Dies kann dazu führen, dass nichtleere Regionen einen Wert Rb = *0* besitzen. In diesem Fall werden die Ausgabemerkmale, die eine Division durch Rb erfordern, auf *0* gesetzt. Insbesondere haben also Regionen, die aus einem Punkt bestehen oder deren Punkte exakt auf einer Geraden liegen (also z.B. ein Pixel hohe horizontale Regionen oder ein Pixel breite vertikale Regionen), eine Anisometrie von *0*.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Region(en).
- ▷ **Anisometry** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Formmerkmal (bei einem Kreis = 1.0).
  Zusicherung: Anisometry >= 1.0
- ▷ **Bulkiness** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Berechnetes Formmerkmal.
- ▷ **StructureFactor** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Berechnetes Formmerkmal.

Komplexität

Sei F die Fläche einer Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität im Mittel $O(sqrt(F))$.

Ergebnis

`eccentricity` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`

Siehe auch

`elliptic_axis`, `moments_region_2nd`, `select_shape`, `area_center`

Modul

Foundation

elliptic_axis (Regions : : : Ra, Rb, Phi)

Ermitteln der Parameter der äquivalenten Ellipse.

Der Operator `elliptic_axis` berechnet die Radien `Ra` und `Rb` sowie die Orientierung `Phi` der äquivalenten Ellipse mit der gleichen Orientierung und dem gleichen Seitenverhältnis wie die Eingaberegion `Regions`. Mehrere Eingaberegionen können in Form eines Tupels übergeben werden. `Ra` repräsentiert die Länge des Hauptradius der Ellipse während der Radius `Rb` den Nebenradius der Ellipse repräsentiert. Die Orientierung der Hauptachse bezüglich der x-Achse wird im Winkel `Phi` zurückgegeben und ist im Bogenmaß angegeben. Die Hauptachse der Ellipse entspricht der Hauptachse des Trägheitsmoments der Eingaberegion.

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie ein Bild mit Regionen, die sich in `Phi`, `Ra` und `Rb` unterscheiden.

Berechnung:

Seien die Momente M_{20}, M_{02} und M_{11} normiert auf die Fläche gegeben (siehe `moments_region_2nd`), dann berechnen sich die Radien `Ra` und `Rb` zu:

$$\texttt{Ra} = \frac{\sqrt{8(M_{20} + M_{02} + \sqrt{(M_{20} - M_{02})^2 + 4M_{11}^2})}}{2}$$

$$\texttt{Rb} = \frac{\sqrt{8(M_{20} + M_{02} - \sqrt{(M_{20} - M_{02})^2 + 4M_{11}^2})}}{2}$$

Die Orientierung Phi ist definiert durch:

$$\texttt{Phi} = -0.5atan2(2M_{11}, M_{02} - M_{20})$$

Wird mehr als eine Region übergeben, werden die Ergebnisse in Form von Tupeln zurückgeliefert, wobei der Index eines Tupelelements dem Index der zugehörigen Eingaberegion entspricht.

Wird eine leere Region übergeben, haben alle Parameter den Wert 0.0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe set_system('no_object_result',<Result>)).

Achtung

Es ist zu beachten, dass, wie bei allen regionenmomentenbasierten Operatoren, die Pixel als mathematische Punkte ohne flächenhafte Ausdehnung betrachtet werden, die durch die Mitte des jeweiligen Pixels gegeben sind. Daraus folgt, dass Ra und Rb auch den Wert *0* annehmen können. Für eine leere Region und eine Region, die aus genau einem Punkt besteht, wird folglich Ra = Rb = *0* zurückgeliefert. Weiterhin wird für Regionen, deren Punkte genau auf einer Geraden liegen (also z.B. ein Pixel hohe horizontale Regionen oder ein Pixel breite vertikale Regionen) Rb = *0* zurückgeliefert.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Eingaberegion(en).
- ▷ **Ra** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Hauptradius (normiert auf die Fläche).
  Zusicherung: Ra >= 0.0
- ▷ **Rb** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Nebenradius (normiert auf die Fläche).
  Zusicherung: Rb >= 0.0 && Rb <= Ra
- ▷ **Phi** (output_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Winkel zwischen Hauptradius und x-Achse im Bogenmaß.
  Zusicherung: - pi / 2 < Phi && Phi <= pi / 2

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
regiongrowing(Image,Seg,5,5,6,100)
elliptic_axis(Seg,Ra,Rb,Phi)
area_center(Seg,_,Row,Column)
gen_ellipse(Ellipses,Row,Column,Phi,Ra,Rb)
dev_set_draw('margin')
dev_display(Ellipses)
```

Komplexität

Sei F die Fläche einer Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität im Mittel $O(sqrt(F))$.

Ergebnis

elliptic_axis liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Nachfolger

gen_ellipse

Alternativen

smallest_rectangle2, orientation_region

Siehe auch

moments_region_2nd, select_shape, set_shape

Literatur

R. Haralick, L. Shapiro „Computer and Robot Vision“ Addison-Wesley, 1992, pp. 73-75

Modul

Foundation

euler_number (Regions : : : EulerNumber)

Berechnen der Eulerzahl.

Der Operator euler_number berechnet die Eulerzahl, d.h. die Differenz von der Anzahl der Zusammenhangskomponenten und der Anzahl der Hohlflächen.

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie ein Bild mit Regionen, die sich in ihrer Eulerzahl unterscheiden.

Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln abgespeichert, wobei der Index eines Wertes in dem Tupel dem Index einer Region in der Eingabe entspricht.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Region(en).
- ▷ **EulerNumber** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Berechnete Eulerzahl.

Ergebnis

euler_number liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Alternativen

connect_and_holes

Modul

Foundation

find_neighbors (Regions1, Regions2 : : MaxDistance : RegionIndex1, RegionIndex2)

Suchen von direkten Nachbarn.

find_neighbors bestimmt benachbarte Regionen. Regions1 und Regions2 enthalten dabei die zu testenden Regionen. Regions1 kann dabei auf drei verschiedene Arten besetzt werden:

- Regions1 ist leer:
  In diesem Fall werden alle Regionen in Regions2 permutativ auf Nachbarschaft getestet.

- Regions1 besteht aus einer Region:
  Die Regionen von Regions1 werden mit allen Regionen in Regions2 verglichen.
- Regions1 besteht aus gleich vielen Regionen wie Regions2:
  Hier werden jeweils die Regionen an n-ter Position in Regions1 und Regions2 auf die Nachbarschaftsbeziehung untersucht.

find_neighbors verwendet die Chessboard-Norm bei der Berechnung des Abstandes. Der maximale Abstand wird mit MaxDistance angegeben. Zueinander benachbarte Regionen stehen an n-ter Position in RegionIndex1 und RegionIndex2, d.h. Region mit Index RegionIndex1[n] aus Regions1 ist benachbart zur Region mit Index RegionIndex2[n] aus Regions2.

Achtung

Verdeckte Regionen werden nicht gefunden!

Parameter

▷ **Regions1** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Ausgangsregionen.

▷ **Regions2** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Vergleichsregionen.

▷ **MaxDistance** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Maximaler Abstand der Regionen.
Default: 1
Wertevorschläge: MaxDistance ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 15, 20, 50}
Wertebereich: 1 ≤ MaxDistance ≤ 255
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **RegionIndex1** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Indizes der gefundenen Regionen aus Regions1.

▷ **RegionIndex2** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Indizes der gefundenen Regionen aus Regions2.

Ergebnis

find_neighbors liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Siehe auch

spatial_relation, select_region_spatial, expand_region, distance_transform, interjacent, boundary

Modul

Foundation

get_region_index (Regions : : Row, Column : Index)

Ermitteln des Index aller Regionen, die einen übergebenen Punkt enthalten.

get_region_index liefert den Index aller Regionen in Regions (Wertebereich 1 bis n), die den Testpunkt (Row,Column) enthalten, d.h.:

$$|\texttt{Regions}[n] \cap \{(\texttt{Row}, \texttt{Column})\}| \neq \emptyset$$

Die zurückgegebenen Indizes können z.B. in `select_obj` verwendet werden, um die Regionen, die den Testpunkt enthalten, zu selektieren.

Achtung

Es kann vorkommen, dass mehr als eine Region den Punkt enthält, falls sich die Regionen überlappen. In diesem Fall werden all diese Regionen ausgegeben. Falls keine Region den angegebenen Punkt enthält, wird das leere Tupel (=keine Region) ausgegeben.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **Row** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer*
  Zeilenindex des Testpunktes.
  Default: 100
  (lin)
- ▷ **Column** (input_control) ..... point.x ⇝ *integer*
  Spaltenindex des Testpunktes.
  Default: 100
  (lin)
- ▷ **Index** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Index der Regionen die den Testpunkt enthalten.

Komplexität

Sei F die Fläche einer Region und N die Anzahl der Regionen, dann beträgt die Laufzeitkomplexität im Mittel $O(ln(sqrt(F)) * N)$.

Ergebnis

`get_region_index` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`

Alternativen

`select_region_point`

Siehe auch

`get_mbutton`, `get_mposition`, `test_region_point`

Modul

Foundation

get_region_thickness (Region : : : Thickness, Histogramm)

Zugriff auf die Dicke einer Region entlang der Hauptachse.

`get_region_thickness` berechnet die Dicke der Regionen entlang der Hauptachse (siehe `elliptic_axis`) für jeden Punkt der Strecke. Die Dicke an einer Stelle der Hauptachse ist dabei als der Abstand der am weitesten auseinanderliegenden Schnittpunkte der Kontur mit dem Lot auf die Hauptachse im

betreffenden Punkt definiert. Zusätzlich liefert get_region_thickness noch das Histogramm der Dicken der Region. Die Länge des Histogramms entspricht dabei der größten aufgetretenen Dicke in der betrachteten Region.

Achtung

Es darf nur eine Region übergeben werden. Besitzt die Region mehrere Zusammenhangskomponenten, wird nur die erste ausgewertet. Alle anderen werden ignoriert

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Zu analysierende Region.
- ▷ **Thickness** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Dicke der Region entlang ihrer Hauptachse.
- ▷ **Histogramm** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Histogramm der Dicke der Region entlang ihrer Hauptachse.

Ergebnis

get_region_thickness liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls genau eine Region übergeben wird. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

sobel_amp, threshold, connection, select_shape, select_obj

Siehe auch

copy_obj, elliptic_axis

Modul

Foundation

hamming_distance (Regions1, Regions2 : : : Distance, Similarity)

Ermitteln des Hamming-Abstands zweier Regionen.

hamming_distance liefert den Hamming-Abstand zweier Regionen, d.h. die Zahl der Punkte der Regionen, die sich unterscheiden (Distance), also die Zahl der Punkte, die in der einen Region enthalten sind, in der anderen jedoch nicht:

$$\mathtt{Distance} = |\mathtt{Regions1} \cap \overline{\mathtt{Regions2}}| + |\mathtt{Regions2} \cap \overline{\mathtt{Regions1}}|$$

Der Parameter Similarity beschreibt die Ähnlichkeit der beiden Regionen, basierend auf dem Hamming-Abstand Distance:

$$\mathtt{Similarity} = 1 - \frac{\mathtt{Distance}}{|\mathtt{Regions1}| + |\mathtt{Regions2}|}$$

Sind beide Regionen leer, dann wird Similarity auf 0 gesetzt. Es werden immer die Regionen mit dem gleichen Index aus den beiden Eingabeparametern miteinander verglichen.

Achtung

In beiden Eingabeparametern muss die gleiche Anzahl von Regionen übergeben werden.

Parameter

- ▷ **Regions1** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **Regions2** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Vergleichsregionen.
- ▷ **Distance** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Hamming-Abstand zweier Regionen.
  Zusicherung: Distance >= 0
- ▷ **Similarity** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Ähnlichkeit zweier Regionen.
  Zusicherung: 0 <= Similarity && Similarity <= 1

Komplexität

Sei F die Fläche einer Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität im Mittel $O(sqrt(F))$.

Ergebnis

`hamming_distance` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Anzahl der Objekte in beiden Parametern gleich ist und nicht 0 beträgt. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabeobjekte vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`

Alternativen

`intersection`, `complement`, `area_center`

Siehe auch

`hamming_change_region`

Modul

Foundation

hamming_distance_norm (Regions1, Regions2 : : Norm : Distance, Similarity)

Ermitteln des Hamming-Abstands zweier Regionen nach Normierung.

`hamming_distance_norm` liefert den Hamming-Abstand zweier Regionen, d.h. die Zahl der Punkte der Regionen, die sich unterscheiden (`Distance`). Vor der Berechnung des Abstandes wird eine Normierung der Region in `Regions1` auf die Region in `Regions2` durchgeführt. Das Ergebnis ist die Zahl der Punkte, die in der einen Region enthalten sind, in der anderen jedoch nicht:

$$\texttt{Distance} = |Norm(\texttt{Regions1}) \cap \overline{\texttt{Regions2}}| + |\texttt{Regions2} \cap \overline{Norm(\texttt{Regions1})}|$$

Der Parameter `Similarity` beschreibt die Ähnlichkeit der beiden Regionen, basierend auf dem Hamming-Abstand `Distance`:

$$\texttt{Similarity} = 1 - \frac{\texttt{Distance}}{|Norm(\texttt{Regions1})| + |\texttt{Regions2}|}$$

Folgende Arten der Normierung stehen zur Verfügung:

'center': Die Region wird so verschoben, dass beide den gleichen Schwerpunkt haben.

Sind beide Regionen leer, dann wird Similarity auf 0 gesetzt. Es werden immer die Regionen mit dem gleichen Index aus den beiden Eingabeparametern miteinander verglichen.

Achtung

In beiden Eingabeparametern muss die gleiche Anzahl von Regionen übergeben werden.

Parameter

- ▷ **Regions1** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **Regions2** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Vergleichsregionen
- ▷ **Norm** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Art der Normierung.
  Default: 'center'
  Werteliste: Norm ∈ {'center'}
- ▷ **Distance** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Hamming-Abstand zweier Regionen.
  Zusicherung: Distance >= 0
- ▷ **Similarity** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Ähnlichkeit zweier Regionen.
  Zusicherung: 0 <= Similarity && Similarity <= 1

Komplexität

Sei F die Fläche einer Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität im Mittel $O(sqrt(F))$.

Ergebnis

hamming_distance_norm liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Anzahl der Objekte in beiden Parametern gleich ist und nicht 0 beträgt. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabeobjekte vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Alternativen

intersection, complement, area_center

Siehe auch

hamming_change_region

Modul

Foundation

height_width_ratio (Regions : : : Height, Width, Ratio)

Ermitteln der Breite, Höhe und des Seitenverhältnisses des umschließenden Rechtecks parallel zu den Koordinatenachsen.

height_width_ratio berechnet das umschließende Rechteck aller Eingaberegionen (parallel zu den Koordinatenachsen). Das umschließende Rechteck wird durch die Koordinaten der Eckpunkte (Row1,Column1,Row2,Column2) beschrieben (siehe smallest_rectangle1). Basierend auf diesen Werten werden die Breite, Höhe und das Seitenverhältnis wie folgt berechnet:

$$\begin{aligned} \texttt{Width} &= \texttt{Column2} - \texttt{Column1} + 1 \\ \texttt{Height} &= \texttt{Row2} - \texttt{Row1} + 1 \\ \texttt{Ratio} &= \texttt{Height}/\texttt{Width} \end{aligned}$$

Wird mehr als eine Region in Regions übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln in der Reihenfolge ihrer entsprechenden Regionen in Regions abgespeichert. Bei leeren Regionen haben alle Parameter den Wert 0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe set_system).

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **Height** (output_control) ..... extent.y(-array) ⇝ *integer*
  Höhe des umschließenden Rechtecks der Region.
- ▷ **Width** (output_control) ..... extent.x(-array) ⇝ *integer*
  Breite des umschließenden Rechtecks der Region.
- ▷ **Ratio** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Seitenverhältnis des umschließenden Rechtecks der Region.

Komplexität

Sei F die Fläche einer Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität im Mittel $O(sqrt(F))$.

Ergebnis

height_width_ratio liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, runlength_features

Alternativen

smallest_rectangle1, smallest_rectangle2, region_features

Siehe auch

select_shape, smallest_circle, elliptic_axis, area_center

Modul

Foundation

inner_circle (Regions : : : Row, Column, Radius)

Ermitteln des größten Inkreises einer Region.

inner_circle bestimmt den größten Inkreis einer Region. Das ist die größte diskrete Kreisregion, die vollständig in die Eingangsregion passt. Für diesen Kreis werden der Mittelpunkt (Row, Column) und der Radius (Radius) bestimmt. Ist die Position des Kreises nicht eindeutig definiert, wird die "erste mögliche"Position (das ist soweit links oben, wie möglich) zurückgeliefert.

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie ein Bild mit Regionen, die sich im Durchmesser ihrer Inkreise unterscheiden.

Die Ausgabe von inner_circle ist so gewählt, dass sie als Eingabe für die HALCON-Operatoren disp_circle, gen_circle und gen_ellipse_contour_xld verwendet werden kann.

Werden mehrere Regionen in Regions übergeben, werden die Ausgabeparameter als Tupel zurückgegeben. Ist die Eingaberegion leer, haben alle Parameter den Wert *0.0*, soweit mit set_system kein anderes Verhalten eingestellt wurde.

Achtung

Wenn mehrere Inkreise bei einer Region vorhanden sind, wird nur die Lösung, die am weitesten links oben ist, zurückgegeben.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **Row** (output_control) ..... circle.center.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenindex des Mittelpunktes.
- ▷ **Column** (output_control) ..... circle.center.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenindex des Mittelpunktes.
- ▷ **Radius** (output_control) ..... circle.radius(-array) ⇝ *real*
  Radius des Inkreises.
  Zusicherung: Radius >= 0

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
regiongrowing(Image,Seg,5,5,6,100)
select_shape(Seg,H,'area','and',100,2000)
inner_circle(H,Row,Column,Radius)
gen_circle(Circles,Row,Column,Radius)
dev_set_draw('margin')
dev_display(Circles)
```

Komplexität

Sei F die Fläche der Region und R der Radius des Inkreises, dann beträgt die Laufzeitkomplexität $O(sqrt(F)*R)$.

Ergebnis

inner_circle liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, runlength_features

Nachfolger

gen_circle, disp_circle

Alternativen

erosion_circle, inner_rectangle1

Siehe auch

set_shape, select_shape, smallest_circle

Modul

Foundation

inner_rectangle1 (Regions : : : Row1, Column1, Row2, Column2)

Ermitteln des größten inneren Rechtecks einer Region.

inner_rectangle1 bestimmt das größte achsenparallele Rechteck, das in eine Region passt. Das Rechteck wird durch die Koordinaten der Eckpunkte (Row1, Column1, Row2, Column2) beschrieben.

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie ein Bild mit Regionen, die sich in der Breite und Höhe ihres größten inneren Rechtecks unterscheiden.

Wird mehr als eine Region in Regions übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln abgespeichert, wobei der Index eines Wertes in dem Tupel dem Index der Region in der Eingabe entspricht. Bei leerer Region haben alle Parameter den Wert 0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe set_system).

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Region.
- ▷ **Row1** (output_control) ..... rectangle.origin.y(-array) ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinate der linken oberen Ecke.
- ▷ **Column1** (output_control) ..... rectangle.origin.x(-array) ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinate der linken oberen Ecke.
- ▷ **Row2** (output_control) ..... rectangle.corner.y(-array) ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinate der rechten unteren Ecke.
- ▷ **Column2** (output_control) ..... rectangle.corner.x(-array) ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinate der rechten unteren Ecke.

Ergebnis

inner_rectangle1 liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Nachfolger

disp_rectangle1, gen_rectangle1

Alternativen

inner_circle

Siehe auch

smallest_rectangle1, select_shape

Modul

Foundation

moments_region_2nd (Regions : : : M11, M20, M02, Ia, Ib)

Ermitteln der geometrischen Momente von Regionen.

moments_region_2nd berechnet die geometrischen Momente M11, M20 und M02 der Eingaberegionen in Regions. Weiterhin werden die Hauptachsen Ia und Ib berechnet.

Die Kovarianzmatrix ist definiert durch:

$$\begin{bmatrix} M20 & M11 \\ M11 & M02 \end{bmatrix}$$

Das zeilenabhängige Moment 2. Ordnung wird in M20 und das spaltenabhängige Moment 2. Ordnung wird in M02 zurückgegeben. Das Moment M11 repräsentiert die Kovarianz zwischen den Zeilen- und Spaltenkoordinaten der Punkte der Region.

Berechnung: Es seien r_0 und c_0 die Koordinaten des Schwerpunktes einer Region R. Dann sind die Momente M_{ij} definiert durch:

$$M_{ij} = \sum_{(r,c) \in R} (r_0 - r)^i (c_0 - c)^j$$

wobei r und c alle Punkte der Region R durchlaufen.

Zusätzlich sind die Längen der 1. und 2. Hauptachse definiert durch:

$$Ia = h + \sqrt{h^2 - M20 * M02 + M11^2}$$

$$Ib = h - \sqrt{h^2 - M20 * M02 + M11^2}$$

wobei h definiert ist als

$$h = \frac{M20 + M02}{2}$$

Die Gleichung zur Berechnung der 1. und 2. Hauptachse kann von der Definition der Momente abgeleitet werden durch Diagonalisieren der Kovarianzmatrix und Umformen der daraus resultierenden Formel.

Wird mehr als eine Region übergeben, werden die Ergebnisse in Tupeln abgespeichert, wobei der Index eines Wertes in dem Tupel dem Index einer Region in der Eingabe entspricht.

Bei leerer Region wird für alle Parameter der Wert 0.0 zurückgegeben, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe set_system).

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Eingaberegionen.
- ▷ **M11** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Trägheitsprodukt der Achsen durch den Schwerpunkt parallel zu den Koordinatenachsen.
- ▷ **M20** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 2. Ordnung (zeilenabhängig).
- ▷ **M02** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 2. Ordnung (spaltenabhängig).
- ▷ **Ia** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Länge der 1. Hauptachse der Eingaberegion.
- ▷ **Ib** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Länge der 2. Hauptachse der Eingaberegion.

Komplexität

Sei F die Fläche einer Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität im Mittel $O(sqrt(F))$.

Ergebnis

moments_region_2nd liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Alternativen

moments_region_2nd_invar

Siehe auch

elliptic_axis

Literatur

R. Haralick, L. Shapiro „Computer and Robot Vision“ Addison-Wesley, 1992, pp. 73-75

Modul

Foundation

moments_region_2nd_invar (Regions : : : M11, M20, M02)

Ermitteln der geometrischen Momente von Regionen.

moments_region_2nd_invar berechnet die normierten Momente (M20, M02) und das Trägheitsprodukt der Achsen durch den Schwerpunkt parallel zu den Koordinatenachsen (M11).

Berechnung: Es seien Z_0 und S_0 die Koordinaten des Schwerpunktes einer Region R mit Fläche F. Dann sind die Momente M_{ij} definiert durch:

$$M_{ij} = \frac{1}{F^2} \sum_{(Z,S) \in R} (Z_0 - Z)^i (S_0 - S)^j$$

,

wobei Z und S alle Punkte der Region R durchlaufen.

Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln abgespeichert, wobei der Index eines Wertes in dem Tupel dem Index einer Region in der Eingabe entspricht.

Bei leerer Region haben alle Parameter den Wert 0.0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe set_system).

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **M11** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Trägheitsprodukt der Achsen durch den Schwerpunkt parallel zu den Koordinatenachsen.
- ▷ **M20** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 2. Ordnung (zeilenabhängig).
- ▷ **M02** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 2. Ordnung (spaltenabhängig).

Komplexität

Sei F die Fläche einer Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität im Mittel $O(sqrt(F))$.

Ergebnis

moments_region_2nd_invar liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Alternativen

moments_region_2nd

Siehe auch

elliptic_axis

Modul

Foundation

moments_region_2nd_rel_invar (Regions : : : PHI1, PHI2)

Ermitteln der geometrischen Momente von Regionen.

moments_region_2nd_rel_invar berechnet die relativen normierten Momente (PHI1, PHI2).

Berechnung: Die Momente PHI_1 und PHI_2 sind definiert durch:

$$PHI_1 = M_{20} + M_{02}$$

$$PHI_2 = (M_{20} - M_{02})^2 + 4M_{11}^2$$

Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln abgespeichert, wobei der Index eines Wertes in dem Tupel dem Index einer Region in der Eingabe entspricht.

Bei leerer Region haben alle Parameter den Wert 0.0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe set_system).

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **PHI1** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 2. Ordnung.
- ▷ **PHI2** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 2. Ordnung.

Ergebnis

moments_region_2nd_rel_invar liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Alternativen

moments_region_2nd

Siehe auch

elliptic_axis

Modul

Foundation

moments_region_3rd (Regions : : : M21, M12, M03, M30)

Ermitteln der geometrischen Momente von Regionen.

moments_region_3rd berechnet die unveränderliche zentrale Momente (M21, M12, M03, M30) mit Ordnung $(p+q)$.

Berechnung: Es seien x und y die Koordinaten des Schwerpunktes einer Region R mit Fläche Z. Dann sind die Momente M_{pq} definiert durch:

$$M_{pq} = \sum_{i=1} MZ(x_i, y_i)(x_i - x)^p (y_i - y)^q$$

,
wobei $x = \frac{m_{10}}{m_{00}}$ und $y = \frac{m_{01}}{m_{00}}$.

Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln abgespeichert, wobei der Index eines Wertes in dem Tupel dem Index einer Region in der Eingabe entspricht.

Bei leerer Region haben alle Parameter den Wert 0.0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe set_system).

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **M21** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 3. Ordnung (zeilenabhängig).
- ▷ **M12** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 3. Ordnung (spaltenabhängig).
- ▷ **M03** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 3. Ordnung (spaltenabhängig).
- ▷ **M30** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 3. Ordnung (zeilenabhängig).

Komplexität

Sei Z die Fläche einer Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität im Mittel $O(sqrt(Z))$.

Ergebnis

moments_region_3rd liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Alternativen

moments_region_2nd

Siehe auch

elliptic_axis

Modul

Foundation

moments_region_3rd_invar (Regions : : : M21, M12, M03, M30)

Ermitteln der geometrischen Momente von Regionen.

moments_region_3rd_invar berechnet die invariante Momente (M21, M12, M03, M30).

Berechnung: Die invarianten Momente M_{ij} sind definiert durch:

$$M_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu^3}$$

,
wobei $p + q >= 2$ und $\mu = \mu_{00} = m_{00}$
.

Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln abgespeichert, wobei der Index eines Wertes in dem Tupel dem Index einer Region in der Eingabe entspricht.

Bei leerer Region haben alle Parameter den Wert 0.0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe set_system).

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **M21** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 3. Ordnung (zeilenabhängig).
- ▷ **M12** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 3. Ordnung (spaltenabhängig).
- ▷ **M03** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 3. Ordnung (spaltenabhängig).
- ▷ **M30** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 3. Ordnung (zeilenabhängig).

Komplexität

Sei Z die Fläche einer Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität im Mittel $O(sqrt(Z))$.

Ergebnis

moments_region_3rd_invar liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Alternativen

moments_region_2nd

Siehe auch

elliptic_axis

Modul

Foundation

moments_region_central (Regions : : : I1, I2, I3, I4)

Ermitteln der geometrischen Momente von Regionen.

moments_region_central berechnet die zentrale Momente (I1, I2, I3, I4).

Berechnung: Die invarianten Momente I_i sind definiert durch:

$$\begin{aligned}
I_1 &= \mu_{20}\mu_{02} - \mu_{11}^2 \\
I_2 &= (\mu_{30}\mu_{03} - \mu_{21}\mu_{12})^2 - 4(\mu_{30}\mu_{12} - \mu_{21}^2)(\mu_{21}\mu_{03} - \mu_{12}^2) \\
I_3 &= \mu_{20}(\mu_{21}\mu_{03} - \mu_{12}^2) - \mu_{11}(\mu_{30}\mu_{03} - \mu_{21}\mu_{12}) + \mu_{02}(\mu_{30}\mu_{12} - \mu_{21}^2) \\
I_4 &= \mu_{30}^2\mu_{02}^3 - 6\mu_{30}\mu_{21}\mu_{11}\mu_{02}^2 + 6\mu_{30}\mu_{12}\mu_{02}(2\mu_{11}^2 - \mu_{20}\mu_{02}) \\
&\quad +\mu_{30}\mu_{03}(6\mu_{20}\mu_{11}\mu_{02} - 8\mu_{11}^3) + 9\mu_{21}^2\mu_{20}\mu_{02}^2 - 18\mu_{21}\mu_{12}\mu_{20}\mu_{11}\mu_{02} \\
&\quad +6\mu_{21}\mu_{03}\mu_{20}(2\mu_{11}^2 - \mu_{20}\mu_{02}) + 9\mu_{12}^2\mu_{20}^2\mu_{02} - 6\mu_{12}\mu_{03}\mu_{11}\mu_{20}^2 + \mu_{03}^2\mu_{20}^3
\end{aligned}$$

Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln abgespeichert, wobei der Index eines Wertes in dem Tupel dem Index einer Region in der Eingabe entspricht.

Bei leerer Region haben alle Parameter den Wert 0.0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe set_system).

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **I1** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 2. Ordnung.
- ▷ **I2** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 2. Ordnung.
- ▷ **I3** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 2. Ordnung.
- ▷ **I4** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 3. Ordnung.

Komplexität

Sei Z die Fläche einer Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität im Mittel $O(sqrt(Z))$.

Ergebnis

moments_region_central liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Alternativen

moments_region_2nd

Siehe auch

elliptic_axis

Modul

Foundation

moments_region_central_invar (Regions : : : PSI1, PSI2, PSI3, PSI4)

Ermitteln der geometrischen Momente von Regionen.

moments_region_central_invar berechnet die Momente (PSI1, PSI2, PSI3, PSI4), die bei Bewegung und lineare Transformationen unverändert bleiben.

Berechnung: Die Momente ψ_i sind definiert durch:

$$\begin{aligned}\psi_1 &= \frac{I_1}{\mu^4}\\ \psi_2 &= \frac{I_2}{\mu^1 0}\\ \psi_3 &= \frac{I_3}{\mu^7}\\ \psi_4 &= \frac{I_4}{\mu^1 1}\end{aligned}$$

Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln abgespeichert, wobei der Index eines Wertes in dem Tupel dem Index einer Region in der Eingabe entspricht.

Bei leerer Region haben alle Parameter den Wert 0.0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe set_system).

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **PSI1** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 2. Ordnung.
- ▷ **PSI2** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 2. Ordnung.
- ▷ **PSI3** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 2. Ordnung.
- ▷ **PSI4** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 2. Ordnung.

Komplexität

Sei Z die Fläche einer Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität im Mittel $O(sqrt(Z))$.

Ergebnis

moments_region_central_invar liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Alternativen

moments_region_2nd

Siehe auch

elliptic_axis

Modul

Foundation

orientation_region (Regions : : : Phi)

Ermitteln Orientierung einer Region.

orientation_region berechnet die Orientierung (Phi) der Region. Das Verfahren basiert auf dem Winkel der mit elliptic_axis bestimmt wird. Es wird jedoch zusätzlich der Punkt auf dem Rand mit maximalem Abstand zum Schwerpunkt der Region bestimmt. Ist dessen Spaltenkoordinate im gedrehten System kleiner als die Spaltenkoordinate des Schwerpunkts so wird π zu dem Winkel hinzugezählt.

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie ein Bild mit Regionen, die sich in ihrer Orientierung unterscheiden.

Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln abgespeichert, wobei der Index eines Wertes in dem Tupel dem Index einer Region in der Eingabe entspricht.

Bei leerer Region haben alle Parameter den Wert 0.0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe set_system('no_object_result',<Result>)).

Parameter

▷ **Regions** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Region(en).

▷ **Phi** (output_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
Orientierung der Region (Bogenmaß).
Zusicherung: - pi <= Phi && Phi < pi

Komplexität

Sei F die Fläche einer Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität im Mittel $O(sqrt(F))$.

Ergebnis

orientation_region liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Nachfolger

disp_arrow

Alternativen

elliptic_axis, smallest_rectangle2

Siehe auch

moments_region_2nd, line_orientation

Modul

Foundation

rectangularity (Regions : : : Rectangularity)

Ermitteln des Formfaktors für die Rechteckigkeit einer Region.

rectangularity berechnet die Rechteckigkeit der Eingaberegionen.

Zur Bestimmung der Rechteckigkeit wird zunächst ein Rechteck ermittelt, das die gleichen ersten und zweiten Momente besitzt wie die Eingaberegion. Die Berechnung des Rechteckigkeitsmaßes basiert schließlich auf der Fläche der Differenz zwischen dem ermittelten Rechteck und der Eingaberegion normiert auf die Fläche des Rechtecks.

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie ein Bild mit Regionen, die sich in ihrer Rechteckigkeit unterscheiden.

Für Rechtecke liefert `rectangularity` den Wert 1 zurück. Je weniger die Eingaberegion einem Rechteck gleicht, desto geringer ist `Rectangularity`.

Bei einer leeren Region liefert `rectangularity` (soweit kein anderes Verhalten festgelegt wurde (siehe `set_system`)) den Wert 0. Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Zahlenwerte für die Rechteckigkeit in einem Tupel abgespeichert, wobei die Position eines Wertes in dem Tupel der Position der Region im Eingabetupel entspricht.

Achtung

Bei Eingaberegionen, deren Orientierung über Momente zweiter Ordnung nicht definiert ist (wie es z.B. beim Quadrat der Fall ist), wird für `Rectangularity` je nach Orientierung der Eingaberegion ein bis zu 10% zu niedriger Wert zurückgeliefert.

Parameter

- ▷ **`Regions`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Region(en).
- ▷ **`Rectangularity`** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Rechteckigkeit der Eingaberegion(en).
  Zusicherung: 0 <= Rectangularity && Rectangularity <= 1.0

Ergebnis

`rectangularity` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`

Alternativen

`circularity`, `compactness`, `convexity`, `eccentricity`

Siehe auch

`contlength`, `area_center`, `select_shape`

Literatur

P. L. Rosin: „Measuring rectangularity“; Machine Vision and Applications; vol. 11; pp. 191-196; Springer-Verlag, 1999.

Modul

Foundation

`region_features` (Regions : : Features : Value)

Berechnen von verschiedenen Formmerkmalen für Regionen.

`region_features` berechnet für jede Eingaberegion aus `Regions` die angegebenen Merkmale (`Features`).

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie Illustrationen zu den unterschiedlichen Features.

Mögliche Werte für `Features`:

'area': Fläche des Objektes

'row': Zeilenindex der Schwerpunkts

'column': Spaltenindex der Schwerpunkts

'width': Breite der Region (parallel zu den Koordinatenachsen)

'height': Höhe der Region (parallel zu den Koordinatenachsen)

'ratio': Verhältnis der Höhe zur Breite der Region (parallel zu den Koordinatenachsen)

'row1': Zeilenindex der linken oberen Ecke

'column1': Spaltenindex der linken oberen Ecke

'row2': Zeilenindex der rechten unteren Ecke

'column2': Spaltenindex der rechten unteren Ecke

'circularity': Kreisförmigkeit (vgl. `circularity`)

'compactness': Kompaktheit (vgl. `compactness`)

'contlength': Gesamtlänge der Kontur (vgl. `contlength`)

'convexity': Konvexität (vgl. `convexity`)

'rectangularity': Rechteckigkeit (vgl. `rectangularity`)

'ra': Hauptradius der äquivalenten Ellipse (vgl. `elliptic_axis`)

'rb': Nebenradius der äquivalenten Ellipse (vgl. `elliptic_axis`)

'phi': Orientierung der äquivalenten Ellipse (vgl. `elliptic_axis`)

'anisometry': Anisometrie (vgl. `eccentricity`)

'bulkiness': Bulkiness (vgl. Operator `eccentricity`)

'struct_factor': Struktur Faktor (vgl. Operator `eccentricity`)

'outer_radius': Radius des kleinsten umschließenden Kreises (vgl. `smallest_circle`)

'inner_radius': Radius des größten Inkreises (vgl. `inner_circle`)

'inner_width': Breite des größten enthaltenen achsenparallelen Rechtecks (vgl. `inner_rectangle1`)

'inner_height': Höhe des größten enthaltenen achsenparallelen Rechtecks (vgl. `inner_rectangle1`)

'dist_mean': Mittlerer Abstand zwischen dem Rand der Region und ihrem Schwerpunkt (vgl. Operator `roundness`)

'dist_deviation': Standardabweichung des Abstands vom Regionenrand zum Schwerpunkt (vgl. Operator `roundness`)

'roundness': Rundheit (vgl. Operator `roundness`)

'num_sides': Anzahl Polygonseiten (vgl. Operator `roundness`)

'connect_num': Anzahl der Zusammenhangskomponenten (vgl. Operator `connect_and_holes`)

'holes_num': Anzahl der Löcher (vgl. Operator `connect_and_holes`)

'area_holes': Fläche der Löcher des Objektes (vgl. Operator `area_holes`)

'max_diameter': Maximale Ausdehnung der Region (vgl. Operator `diameter_region`)

'orientation': Orientierung der Region (vgl. Operator `orientation_region`)

'euler_number': Eulerzahl (vgl. Operator `euler_number`)

'rect2_phi': Orientierung des kleinsten umschließenden Rechtecks (vgl. Operator `smallest_rectangle2`)

'rect2_len1': Halbe Länge des kleinsten umschließenden Rechtecks (vgl. Operator `smallest_rectangle2`)

'rect2_len2': Halbe Breite des kleinsten umschließenden Rechtecks (vgl. Operator `smallest_rectangle2`)

'moments_m11': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd`)

'moments_m20': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd`)

'moments_m02': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd`)

'moments_ia': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd`)

'moments_ib': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd`)

'moments_m11_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd_invar`)

'moments_m20_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd_invar`)

'moments_m02_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd_invar`)
'moments_phi1': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd_rel_invar`)
'moments_phi2': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd_rel_invar`)
'moments_m21': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd`)
'moments_m12': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd`)
'moments_m03': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd`)
'moments_m30': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd`)
'moments_m21_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd_invar`)
'moments_m12_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd_invar`)
'moments_m03_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd_invar`)
'moments_m30_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd_invar`)
'moments_i1': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central`)
'moments_i2': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central`)
'moments_i3': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central`)
'moments_i4': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central`)
'moments_psi1': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central_invar`)
'moments_psi2': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central_invar`)
'moments_psi3': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central_invar`)
'moments_psi4': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central_invar`)

Mehrere Merkmale werden in der Reihenfolge abgearbeitet, in der sie eingegeben werden.

Parameter

▷ **`Regions`** (input_object) ..... region-array ⇝ *object*
Regionen, die untersucht werden sollen.

▷ **`Features`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Zu berechnende Formmerkmale.
Default: 'area'
Werteliste: `Features` ∈ {'area', 'row', 'column', 'width', 'height', 'ratio', 'row1', 'column1', 'row2', 'column2', 'circularity', 'compactness', 'contlength', 'convexity', 'rectangularity', 'ra', 'rb', 'phi', 'anisometry', 'bulkiness', 'struct_factor', 'outer_radius', 'inner_radius', 'inner_width', 'inner_height', 'max_diameter', 'dist_mean', 'dist_deviation', 'roundness', 'num_sides', 'orientation', 'connect_num', 'holes_num', 'area_holes', 'euler_number', 'rect2_phi', 'rect2_len1', 'rect2_len2', 'moments_m11', 'moments_m20', 'moments_m02', 'moments_ia', 'moments_ib', 'moments_m11_invar', 'moments_m20_invar', 'moments_m02_invar', 'moments_phi1', 'moments_phi2', 'moments_m21', 'moments_m12', 'moments_m03', 'moments_m30', 'moments_m21_invar', 'moments_m12_invar', 'moments_m03_invar', 'moments_m30_invar', 'moments_i1', 'moments_i2', 'moments_i3', 'moments_i4', 'moments_psi1', 'moments_psi2', 'moments_psi3', 'moments_psi4'}

▷ **`Value`** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Der errechnete Wert für das Feature.

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
threshold(Image,S1,160,255)
connection(S1,S2)
region_features(S2,['area','anisometry'],Value)
```

Ergebnis

`region_features` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, runlength_features

Nachfolger

select_shape, select_gray, shape_trans, reduce_domain, count_obj

Siehe auch

area_center, circularity, compactness, contlength, convexity, rectangularity, elliptic_axis, eccentricity, inner_circle, smallest_circle, smallest_rectangle1, smallest_rectangle2, inner_rectangle1, roundness, connect_and_holes, area_holes, diameter_region, orientation_region, moments_region_2nd, moments_region_2nd_invar, moments_region_2nd_rel_invar, moments_region_3rd, moments_region_3rd_invar, moments_region_central, moments_region_central_invar, select_obj, select_shape

Modul

Foundation

roundness (Regions : : : Distance, Sigma, Roundness, Sides)

Ermitteln der Formfaktoren aus der Kontur.

roundness untersucht den Abstand der Kontur vom Schwerpunkt der Fläche. Im einzelnen wird der mittlere Abstand (Distance), die Abweichung vom mittleren Abstand (Sigma) und zwei daraus abgeleitete Formmerkmale bestimmt. Roundness ist das Verhältnis von Mittelwert zu Standardabweichung und Sides gibt die Anzahl der Polygonstücke an, falls es sich um ein regelmäßiges Polygon handelt.

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie ein Bild mit Regionen, die sich in ihrem mittleren Abstand, der Abweichung vom mittleren Abstand, der Roundness und den Sides unterscheiden.

Die Kontur zur Berechnung der Merkmale wird in Abhängigkeit von der globalen Nachbarschaft bestimmt (siehe set_system).

Berechnung:

Sei p der Flächenschwerpunkt, p_i die Punkte und F die Fläche der Kontur.

$$\mathtt{Distance} = \frac{1}{F} \sum ||p - p_i||$$

$$\mathtt{Sigma}^2 = \frac{1}{F} \sum (||p - p_i|| - \mathtt{Distance})^2$$

$$\mathtt{Roundness} = 1 - \frac{\mathtt{Sigma}}{\mathtt{Distance}}$$

$$\mathtt{Sides} = 1.4111 \left(\frac{\mathtt{Distance}}{\mathtt{Sigma}} \right)^{0.4724}$$

Wird mehr als eine Region übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln abgespeichert, wobei der Index eines Wertes in dem Tupel dem Index einer Region in der Eingabe entspricht.

Bei leerer Region haben alle Parameter den Wert 0.0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe set_system).

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Region(en).
- ▷ **Distance** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Mittlerer Abstand vom Schwerpunkt.
  Zusicherung: Distance >= 0.0
- ▷ **Sigma** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Standardabweichung von `Distance`.
  Zusicherung: Sigma >= 0.0
- ▷ **Roundness** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Formfaktor für Rundheit.
  Zusicherung: Roundness <= 1.0
- ▷ **Sides** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Anzahl der Polygonseiten.
  Zusicherung: Sides >= 0

Komplexität

Sei F die Fläche einer Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität im Mittel $O(sqrt(F))$.

Ergebnis

`roundness` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit `set_system ('empty_region_result',<Result>)` bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`

Alternativen

`compactness`

Siehe auch

`contlength`

Literatur

R. Haralick, L. Shapiro „Computer and Robot Vision“ Addison-Wesley, 1992, pp. 61

Modul

Foundation

runlength_distribution (Region : : : Foreground, Background)

Ermitteln der Verteilung der Sehnenlängen einer Region.

`runlength_distribution` berechnet die Verteilung der Sehnenlängen einer Region von Vorder- und Hintergrund. Es wird gezählt wie häufig eine bestimmte Länge auftritt. Sehnen der Länge unendlich werden nicht gezählt. Der Hintergrund sind also alle Hohlflächen der Region. Es werden so viele Werte übergeben, wie die maximale Länge von Vorder- bzw. Hintergrund vorgibt. Die Länge der beiden Tupel ist i.A. unterschiedlich. Der erste Eintrag der Tupel ist immer 0 (keine Sehnen der Länge 0). Gibt es keine Zwischenräume wird bei `Background` das leere Tupel übergeben. Analog wird bei einer leeren Region bei `Foreground` das leere Tupel übergeben.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region ⇝ *object*
Zu untersuchende Region.

▷ **Foreground** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Längenverteilung der Region (Vordergrund).

▷ **Background** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Längenverteilung des Hintergrundes.

Komplexität

Sei n die Anzahl der Sehnen der Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität $O(n)$.

Ergebnis

`runlength_distribution` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Wird mehr als eine Region übergeben, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`threshold`, `select_obj`

Alternativen

`runlength_features`

Siehe auch

`runlength_features`

Modul

Foundation

runlength_features (Regions : : : NumRuns, KFactor, LFactor, MeanLength, Bytes)

Ermitteln von charakteristischen Werten zur Lauflängenkodierung von Regionen.

`runlength_features` berechnet zu jeder Eingaberegion aus `Regions` die Anzahl der Sehnen, die bei der Speicherung dieser Region mit Hilfe der Lauflängenkodierung benötigt werden. Weiterhin wird der sogenannte „K-Faktor“ bestimmt, der angibt, um wie viel die Anzahl der Sehnen vom Ideal des Quadrates abweichen, bei dem dieser Wert gleich 1.0 ist.

Der K-Faktor (`KFactor`) berechnet sich nach der Formel:

$$\texttt{KFactor} = \frac{\texttt{NumRuns}}{\sqrt{Area}}$$

,

wobei $Area$ die Fläche der Region angibt. Es ist zu beachten, dass der K-Faktor kleiner als 1.0 werden kann (bei langgestreckten horizontalen Regionen).

Der L-Faktor (`LFactor`) gibt die mittlere Anzahl von Sehnen für jeden in der Region vorkommenden Zeilenindex aus.

`MeanLength` gibt die mittlere Länge der Sehnen an. Der Parameter `Bytes` gibt an, wie viele Bytes zur Kodierung der Region mit Lauflängen benötigt werden.

Achtung

Alle mit `runlength_features` berechneten Merkmale sind nicht rotationsinvariant, da die Lauflängenkodierung richtungsabhängig ist. `runlength_features` dient nicht zur Berechnung von Formmerkmalen, sondern zur Kontrolle und Analyse der Leistungsfähigkeit der Lauflängenkodierung.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **NumRuns** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Anzahl der Sehnen.
  Zusicherung: 0 <= NumRuns
- ▷ **KFactor** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Speicherfaktor gegenüber einem Quadrat.
  Zusicherung: 0 <= KFactor
- ▷ **LFactor** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Mittlere Anzahl von Sehnen pro Zeile.
  Zusicherung: 0 <= LFactor
- ▷ **MeanLength** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Mittlere Länge der Sehnen.
  Zusicherung: 0 <= MeanLength
- ▷ **Bytes** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Anzahl an Bytes, die zur Kodierung der Region benötigt werden.
  Zusicherung: 0 <= Bytes

Komplexität

Die Laufzeitkomplexität beträgt $O(1)$.

Ergebnis

`runlength_features` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`

Siehe auch

`runlength_distribution`

Modul

Foundation

select_region_point (Regions : DestRegions : Row, Column :)

Auswählen aller Regionen, die einen übergebenen Punkt enthalten.

`select_region_point` selektiert alle Regionen aus `Regions`, die den Testpunkt (`Row`,`Column`) enthalten, d.h.:

$$|\texttt{Regions}[n] \cap \{(\texttt{Row}, \texttt{Column})\}| = 1$$

Achtung

Es kann vorkommen, dass mehr als eine Region den Punkt enthält, falls sich die Regionen überlappen. In diesem Fall werden all diese Regionen ausgegeben. Falls keine Region den angegebenen Punkt enthält, wird das leere Tupel (=keine Region) ausgegeben.

Parameter

▷ **Regions** (input_object) ..... region-array ⇝ *object*
Zu untersuchende Regionen.

▷ **DestRegions** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Alle Regionen, die den Testpunkt enthalten.

▷ **Row** (input_control) ..... point.y ⇝ *integer*
Zeilenindex des Testpunktes.
Default: 100

▷ **Column** (input_control) ..... point.x ⇝ *integer*
Spaltenindex des Testpunktes.
Default: 100

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
regiongrowing(Image,Seg,3,3,5,0)
dev_set_color('red')
dev_set_draw('margin')
Button := 1
while (Button == 1)
  get_mbutton(WindowHandle,Row,Column,Button)
  select_region_point(Seg,Single,Row,Column)
  dev_display(Image)
  dev_display(Single)
endwhile
```

Komplexität

Sei F die Fläche einer Region und N die Anzahl der Regionen, dann beträgt die Laufzeitkomplexität im Mittel $O(ln(sqrt(F)) * N)$.

Ergebnis

`select_region_point` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`

Alternativen

`test_region_point`

Siehe auch

`get_mbutton`, `get_mposition`

Modul

Foundation

select_region_spatial (Regions1, Regions2 : : Direction : RegionIndex1, RegionIndex2)

Ermitteln der Lagebeziehung von Regionen.

`select_region_spatial` wählt die Regionen aus `Regions2` aus, die der Nachbarschaftsbeziehung `Direction` genügen. Die zu untersuchenden Regionen sind in `Regions1` bzw. `Regions2` zu übergeben. `Regions1` kann dabei auf drei verschiedene Arten besetzt werden:

- Regions1 ist leer:
  In diesem Fall werden alle Regionen in Regions2 permutativ auf Nachbarschaft getestet.
- Regions1 besteht aus einer Region:
  Die Regionen von Regions1 werden mit allen Regionen in Regions2 verglichen.
- Regions1 besteht aus gleich vielen Regionen wie Regions2:
  Hier werden jeweils die Regionen an n-ter Position in Regions1 und Regions2 auf die Nachbarschaftsbeziehung untersucht.

Mögliche Werte für Direction sind:

'left': Regions2 ist links von Regions1

'right': Regions2 ist rechts von Regions1

'above': Regions2 ist oberhalb von Regions1

'below': Regions2 ist unterhalb von Regions1

select_region_spatial berechnet die Schwerpunkte der zu vergleichenden Regionen und entscheidet anhand des Winkels zwischen der Schwerpunktgeraden und der x-Achse, ob die Richtungsbeziehung erfüllt ist. Die Relation ist jeweils in dem Bereich von -45 Grad bis +45 Grad um die Koordinatenachsen erfüllt. Die Richtungsrelation ist also so zu verstehen, dass der Schwerpunkt der zweiten Region links (bzw. rechts, oben, unten) vom Schwerpunkt der ersten Region liegen muss. Die Indizes der Regionen, die die Richtungsbeziehung erfüllen, stehen an n-ter Position in RegionIndex1 und RegionIndex2, d.h. die Region mit Index RegionIndex2[n] steht mit Region mit Index RegionIndex1[n] in der angegebenen Relation. Der Zugriff auf Regionen über den Index kann mit copy_obj erfolgen.

Parameter

- ▷ **Regions1** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Ausgangsregionen
- ▷ **Regions2** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Vergleichsregionen
- ▷ **Direction** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Gewünschte Nachbarschaftsbeziehung.
  Default: 'left'
  Werteliste: Direction ∈ {'left', 'right', 'above', 'below'}
- ▷ **RegionIndex1** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Indizes in den Eingabetupeln (Regions1 bzw. Regions2).
- ▷ **RegionIndex2** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Indizes in den Eingabetupeln (Regions1 bzw. Regions2).

Ergebnis

select_region_spatial liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls Regions2 nicht leer ist. Das Verhalten bei leerem Parameter Regions2 (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Alternativen

area_center, intersection

Siehe auch

spatial_relation, find_neighbors, copy_obj, obj_to_integer

Modul

Foundation

select_shape (Regions : SelectedRegions : Features, Operation, Min, Max :)

Auswählen von Regionen mit Hilfe von Formmerkmalen.

select_shape wählt Regionen anhand ihrer Form aus. Für jede Eingaberegion aus Regions werden die angegebenen Merkmale (Features) berechnet. Wenn jedes (Operation = *'and'*) oder mindestens eines (Operation = *'or'*) der so berechneten Merkmale in den vorgegebenen Grenzen (Min,Max) liegt, wird die Region in die Ausgabe übernommen (dupliziert). Um diese Grenzen nach unten oder oben offen zu lassen, kann statt eines Wertes auch *'min'* beziehungsweise *'max'* für Min und Max gesetzt werden.

Bedingung: $Min_i \leq Feature_i(Object) \leq Max_i$

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie Illustrationen zu den unterschiedlichen Features.

Mögliche Werte für Features:

'area': Fläche des Objektes

'row': Zeilenindex der Schwerpunkts

'column': Spaltenindex der Schwerpunkts

'width': Breite der Region (parallel zu den Koordinatenachsen; siehe height_width_ratio)

'height': Höhe der Region (parallel zu den Koordinatenachsen; siehe height_width_ratio)

'ratio': Verhältnis der Höhe zur Breite der Region (parallel zu den Koordinatenachsen; siehe height_width_ratio)

'row1': Zeilenindex der linken oberen Ecke

'column1': Spaltenindex der linken oberen Ecke

'row2': Zeilenindex der rechten unteren Ecke

'column2': Spaltenindex der rechten unteren Ecke

'circularity': Kreisförmigkeit (vgl. circularity)

'compactness': Kompaktheit (vgl. compactness)

'contlength': Gesamtlänge der Kontur (vgl. contlength)

'convexity': Konvexität (vgl. convexity)

'rectangularity': Rechteckigkeit (vgl. rectangularity)

'ra': Hauptradius der äquivalenten Ellipse (vgl. elliptic_axis)

'rb': Nebenradius der äquivalenten Ellipse (vgl. elliptic_axis)

'phi': Orientierung der äquivalenten Ellipse (vgl. elliptic_axis)

'anisometry': Anisometrie (vgl. eccentricity)

'bulkiness': Bulkiness (vgl. Operator eccentricity)

'struct_factor': Struktur Faktor (vgl. Operator eccentricity)

'outer_radius': Radius des kleinsten umschließenden Kreises (vgl. smallest_circle)

'inner_radius': Radius des größten Inkreises (vgl. inner_circle)

'inner_width': Breite des größten enthaltenen achsenparallelen Rechtecks (vgl. inner_rectangle1)

'inner_height': Höhe des größten enthaltenen achsenparallelen Rechtecks (vgl. inner_rectangle1)

'dist_mean': Mittlerer Abstand zwischen dem Rand der Region und ihrem Schwerpunkt (vgl. Operator roundness)

'dist_deviation': Standardabweichung des Abstands vom Regionenrand zum Schwerpunkt (vgl. Operator roundness)

'roundness': Rundheit (vgl. Operator roundness)

'num_sides': Anzahl Polygonseiten (vgl. Operator roundness)

'connect_num': Anzahl der Zusammenhangskomponenten (vgl. Operator connect_and_holes)

'holes_num': Anzahl der Löcher (vgl. Operator connect_and_holes)

'area_holes': Fläche der Löcher des Objektes (vgl. Operator `area_holes`)
'max_diameter': Maximale Ausdehnung der Region (vgl. Operator `diameter_region`)
'orientation': Orientierung der Region (vgl. Operator `orientation_region`)
'euler_number': Eulerzahl (vgl. Operator `euler_number`)
'rect2_phi': Orientierung des kleinsten umschließenden Rechtecks (vgl. Operator `smallest_rectangle2`)
'rect2_len1': Halbe Länge des kleinsten umschließenden Rechtecks (vgl. Operator `smallest_rectangle2`)
'rect2_len2': Halbe Breite des kleinsten umschließenden Rechtecks (vgl. Operator `smallest_rectangle2`)
'moments_m11': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd`)
'moments_m20': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd`)
'moments_m02': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd`)
'moments_ia': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd`)
'moments_ib': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd`)
'moments_m11_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd_invar`)
'moments_m20_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd_invar`)
'moments_m02_invar': Geometrische Re gionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd_invar`)
'moments_phi1': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd_rel_invar`)
'moments_phi2': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_2nd_rel_invar`)
'moments_m21': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd`)
'moments_m12': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd`)
'moments_m03': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd`)
'moments_m30': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd`)
'moments_m21_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd_invar`)
'moments_m12_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd_invar`)
'moments_m03_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd_invar`)
'moments_m30_invar': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_3rd_invar`)
'moments_i1': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central`)
'moments_i2': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central`)
'moments_i3': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central`)
'moments_i4': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central`)
'moments_psi1': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central_invar`)
'moments_psi2': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central_invar`)
'moments_psi3': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central_invar`)
'moments_psi4': Geometrische Regionenmomente (vgl. Operator `moments_region_central_invar`)

Wird nur ein Merkmal (`Features`) verwendet, dann ist der Wert von `Operation` bedeutungslos. Mehrere Merkmale werden in der Reihenfolge abgearbeitet, in der sie eingegeben werden.

Parameter

▷ **`Regions`** (input_object) ..... region-array ⇝ *object*
Regionen, die untersucht werden sollen.

▷ **`SelectedRegions`** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Regionen, die die Bedingung erfüllen.

▷ **`Features`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Zu testende Formmerkmale.
Default: 'area'
Werteliste: `Features` ∈ {'area', 'row', 'column', 'width', 'height', 'ratio', 'row1', 'column1', 'row2', 'column2', 'circularity', 'compactness', 'contlength', 'convexity', 'rectangularity', 'ra', 'rb', 'phi', 'anisometry', 'bulkiness', 'struct_factor', 'outer_radius', 'inner_radius', 'inner_width', 'inner_height', 'max_diameter', 'dist_mean', 'dist_deviation', 'roundness', 'num_sides', 'orientation', 'connect_num',

'holes_num', 'area_holes', 'euler_number', 'rect2_phi', 'rect2_len1', 'rect2_len2', 'moments_m11', 'moments_m20', 'moments_m02', 'moments_ia', 'moments_ib', 'moments_m11_invar', 'moments_m20_invar', 'moments_m02_invar', 'moments_phi1', 'moments_phi2', 'moments_m21', 'moments_m12', 'moments_m03', 'moments_m30', 'moments_m21_invar', 'moments_m12_invar', 'moments_m03_invar', 'moments_m30_invar', 'moments_i1', 'moments_i2', 'moments_i3', 'moments_i4', 'moments_psi1', 'moments_psi2', 'moments_psi3', 'moments_psi4'}

▷ **Operation** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Verknüpfungsart der einzelnen Merkmale.
Default: 'and'
Werteliste: Operation ∈ {'and', 'or'}

▷ **Min** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real* / integer / string
Untere Grenzen der Merkmale oder 'min'.
Default: 150.0
Wertebereich: 0.0 ≤ Min ≤ 99999.0
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 1.0

▷ **Max** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real* / integer / string
Obere Grenzen der Merkmale oder 'max'.
Default: 99999.0
Wertebereich: 0.0 ≤ Max ≤ 99999.0
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 1.0
Restriktion: Max >= Min

Beispiel

```
* Where are the eyes of the Mandrill?
read_image(Image,'monkey')
threshold(Image,Region,128,255)
connection(Region,ConnectedRegions)
select_shape(ConnectedRegions,Eyes,['area','max_diameter'],\
             'and',[500,30.0],[1000,50.0])
dev_display(Eyes)
```

Ergebnis

select_shape liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabeobjekte vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, runlength_features

Nachfolger

select_gray, shape_trans, reduce_domain, count_obj

Alternativen

select_shape_std

Siehe auch

area_center, circularity, compactness, contlength, convexity, rectangularity, elliptic_axis, eccentricity, inner_circle, smallest_circle, smallest_rectangle1, smallest_rectangle2, inner_rectangle1, roundness, connect_and_holes, area_holes, diameter_region, orientation_region, moments_region_2nd,

moments_region_2nd_invar, moments_region_2nd_rel_invar, moments_region_3rd, moments_region_3rd_invar, moments_region_central, moments_region_central_invar, select_obj

Modul

Foundation

select_shape_proto (Regions, Pattern : SelectedRegions : Feature, Min, Max :)

Auswählen von Regionen, die in einer bestimmten Beziehung zueinander stehen.

select_shape_proto setzt zwei Regionen zueinander in Beziehung. Es wird jeweils die i-te Region aus Regions mit der Vereinigung der Regionen aus Pattern verglichen. Die Grenzen (Min und Max) werden je nach Merkmal absolut oder in Prozent (0..100) angegeben. Mögliche Werte für Feature sind:

'distance_dilate' Der minimale Abstand in der Maximumsnorm vom Rand von Pattern zum Rand jeder Region aus Regions wird bestimmt (vgl. distance_rr_min_dil).

'distance_contour' Der minimale euklidsche Abstand vom Rand von Pattern zum Rand jeder Region aus Regions wird bestimmt. (vgl. distance_rr_min).

'distance_center' Der euklidsche Abstand vom Schwerpunkt von Pattern zum Schwerpunkt jeder Region aus Regions wird bestimmt.

'covers' Es wird geprüft wie gut die Region Pattern in die Regionen aus Regions passt. Wenn es keine Verschiebung gibt, sodass Pattern eine Teilmenge von Regions ist, so ist die Überdeckung 0. Wenn Pattern nach einer entsprechenden Verschiebung mit der Region übereinstimmt, ist die Überdeckung 100. Ansonsten wird die Fläche des Opening von Regions mit Pattern mit der Fläche von Regions ins Verhältnis gesetzt (in Prozent).

'fits' Es wird getestet, ob Pattern so verschoben werden kann, dass es in Regions passt. Wenn dies möglich ist, wird die zugehörige Region aus Regions kopiert. Die Parameter Min und Max haben hier keine Bedeutung.

'overlaps_abs' Die Fläche der Schnittmenge von Pattern und jeder Region in Regions wird berechnet.

'overlaps_rel' Die Fläche der Schnittmenge von Pattern und jeder Region in Regions wird berechnet. Die relative Überlappung ergibt sich aus dem Verhältnis der Fläche der Schnittmenge und der Fläche der jeweiligen Region aus Regions (in Prozent).

Parameter

▷ **Regions** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Regionen.

▷ **Pattern** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Region, die mit Regions verglichen wird.

▷ **SelectedRegions** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Regionen, die die Bedingung erfüllen.

▷ **Feature** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Zu testende Formmerkmale.
Default: 'covers'
Werteliste: Feature ∈ {'distance_center', 'distance_dilate', 'distance_contour', 'covers', 'fits', 'overlaps_abs', 'overlaps_rel'}

▷ **Min** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Untere Grenze des Merkmals.
Default: 50.0
Wertevorschläge: Min ∈ {0.0, 1.0, 5.0, 10.0, 20.0, 30.0, 50.0, 60.0, 70.0, 80.0, 90.0, 95.0, 99.0, 100.0, 200.0, 400.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Min
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 5.0

▷ **Max** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Obere Grenze des Merkmals.
Default: 100.0
Wertevorschläge: Max ∈ {0.0, 10.0, 20.0, 30.0, 50.0, 60.0, 70.0, 80.0, 90.0, 95.0, 99.0, 100.0, 200.0, 300.0, 400.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Max
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 5.0

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"
using namespace Halcon;

int main (int argc, char *argv[])
{
  if (argc < 2)
  {
    cout << "Usage: " << argv[0] << " <radius of circle>" << endl;
    exit (1);
  }

  double   rad = atof (argv[1]);
  HImage   img ("monkey");
  HWindow  w;

  img.Display (w);

  HRegion       circ = HRegion::GenCircle (100, 100, rad);
  HRegionArray  reg  = img.Regiongrowing (3, 3, 5, 0);
  HRegionArray  seg  = reg.SelectShapeProto (circ, "fits", 0, 0);

  w.SetColor  ("red");
  seg.Display (w);
  w.Click ();
  return(0);
}
```

Ergebnis

select_shape_proto liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

connection, draw_region, gen_circle, gen_rectangle1, gen_rectangle2, gen_ellipse

Nachfolger

select_gray, shape_trans, reduce_domain, count_obj

Alternativen

select_shape

Siehe auch

opening, erosion1, distance_rr_min_dil, distance_rr_min

Modul

Foundation

select_shape_std (Regions : SelectedRegions : Shape, Percent :)

Auswählen von Regionen einer vorgegebenen Form.

select_shape_std vergleicht die Form der übergebenen Regionen mit den vorgegebenen Formen. Wenn die Region eine ähnliche Gestalt hat, wird sie in die Ausgabe übernommen. Mögliche Werte für Shape sind:

'max_area' Es wird die größte Region ausgewählt.

'rectangle1' Es wird mit smallest_rectangle1 das umschließende Rechteck parallel zu den Koordinatenachsen bestimmt. Wenn die Flächendifferenz in Prozent größer als Percent ist, wird die Region übernommen.

'rectangle2' Es wird mit smallest_rectangle2 das kleinste umschließende Rechteck mit beliebiger Orientierung bestimmt. Wenn die Flächendifferenz in Prozent größer als Percent ist, wird die Region übernommen. Als robustere Alternative kann der Operator select_shape mit *'rectangularity'* für Feature verwendet werden.

Parameter

▷ **Regions** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Eingaberegionen, die selektiert werden soll.

▷ **SelectedRegions** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Regionen mit gewünschter Form.

▷ **Shape** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Zu testende Formmerkmale.
Default: 'max_area'
Werteliste: Shape ∈ {'max_area', 'rectangle1', 'rectangle2'}

▷ **Percent** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Ähnlichkeitsmaß.
Default: 70.0
Wertevorschläge: Percent ∈ {10.0, 30.0, 50.0, 60.0, 70.0, 80.0, 90.0, 95.0, 100.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Percent ≤ 100.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.1
Empfohlene Schrittweite: 10.0

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, smallest_rectangle1, smallest_rectangle2

Alternativen

intersection, complement, area_center, select_shape

Siehe auch

smallest_rectangle1, smallest_rectangle2, rectangularity

Modul

Foundation

smallest_circle (Regions : : : Row, Column, Radius)

Ermitteln des kleinsten umschließenden Kreises einer Region.

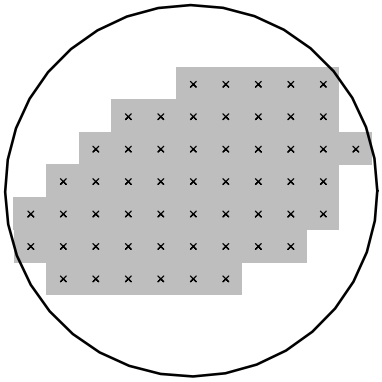
smallest_circle bestimmt den kleinsten umschließenden Kreis einer Region, also den Kreis mit dem kleinsten Flächeninhalt unter allen Kreisen, die die Region enthalten. Für diesen Kreis werden der Mittelpunkt (Row,Column) und der Radius (Radius) berechnet. Der Operator findet Anwendung, wenn z.B. die Lage und Größe von kreisförmigen Objekten (z.B. Münzen) bestimmt werden soll, die aber aufgrund schlechter Segmentierung im Inneren nicht homogen sind oder unterbrochene Ränder besitzen. Die Ausgabe des Operators ist so gewählt, dass sie als Eingabe für die Operatoren disp_circle und gen_circle verwendet werden kann.

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie ein Bild mit Regionen, die sich in ihren minimalen und maximalen Radien unterscheiden.

Werden mehrere Regionen in Regions übergeben, so werden entsprechende Tupel als Ausgabeparameter zurückgegeben. Bei leerer Region haben alle Parameter den Wert 0.0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe set_system).

Achtung

Intern erfolgt die Berechnung basierend auf den Mittelpunktskoordinaten der Regionenpixel. Um zu berücksichtigen, dass Pixel im Regionenfall eigentlich flächenhaft zu interpretieren sind, wird der berechnete Radius zum Schluss noch um 0.5 vergrößert. Dies gibt in den meisten Fällen ein gutes Ergebnis, im ungünstigsten Fall (Pixeldiagonale) ist diese Vergrößerung allerdings nicht ausreichend. Wollte man sicherstellen, dass der Umriss der Eingaberegion komplett innerhalb des Kreises liegt, müsste man $1/\sqrt{2}$ anstatt 0.5 addieren. Folglich müsste der in Radius zurückgegebene Wert um $1/\sqrt{2} - 0.5$ korrigiert werden. Dies wäre allerdings auch nur eine obere Abschätzung, d.h. der Kreis mit dem korrigierten Radius wäre in den meisten Fällen etwas zu groß.



Kleinster umschließender Kreis einer Region. Es ist zu beachten, dass die Berechnung auf den Pixelmittelpunkten basiert und zu dem daraus berechneten Radius 0.5 addiert wird.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **Row** (output_control) ..... circle.center.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenindex des Mittelpunktes.
- ▷ **Column** (output_control) ..... circle.center.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenindex des Mittelpunktes.
- ▷ **Radius** (output_control) ..... circle.radius(-array) ⇝ *real*
  Radius des umschließenden Kreises.
  Zusicherung: Radius >= 0

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
regiongrowing(Image,Regions,5,5,6,100)
```

```
select_shape(Regions,SelectedRegions,'area','and',100,2000)
smallest_circle(SelectedRegions,Row,Column,Radius)
gen_circle(Circles,Row,Column,Radius)
dev_display (Circles)
```

Komplexität

Sei F die Fläche der Region dann beträgt die Laufzeitkomplexität $O(sqrt(F))$.

Ergebnis

`smallest_circle` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`, `runlength_features`

Nachfolger

`gen_circle`, `disp_circle`

Alternativen

`elliptic_axis`, `smallest_rectangle1`, `smallest_rectangle2`

Siehe auch

`set_shape`, `select_shape`, `inner_circle`

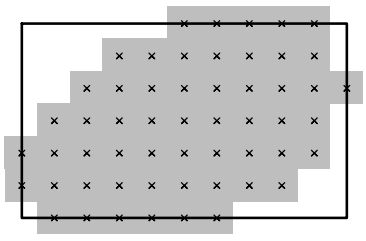
Modul

Foundation

smallest_rectangle1 (Regions : : : Row1, Column1, Row2, Column2)

Ermitteln des umschließenden Rechtecks parallel zu den Koordinatenachsen.

`smallest_rectangle1` berechnet das umschließende Rechteck aller Eingaberegionen (parallel zu den Koordinatenachsen). Das umschließende Rechteck wird durch die Koordinaten der Eckpunkte (`Row1`,`Column1`,`Row2`,`Column2`) beschrieben. Die Berechnung des Rechtecks basiert auf den Mittelpunktskoordinaten der Regionenpixel.



Kleinstes umschließendes achsenparalleles Rechteck einer Region. Es ist zu beachten, dass die Berechnung auf den Pixelmittelpunkten basiert.

Wird mehr als eine Region in `Regions` übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln abgespeichert, wobei der Index eines Wertes im Tupel dem Index einer Region in der Eingabe entspricht. Bei leerer Region haben alle Parameter den Wert 0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe `set_system`).

Achtung

Bei leerer Region kann das Ergebnis von `Row1`,`Column1`, `Row2` und `Column2` (alle sind 0) zu Konfusionen führen.

Parameter

- ▷ **`Regions`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **`Row1`** (output_control) ..... rectangle.origin.y(-array) ⇝ *integer*
  Zeilenindex des linken oberen Eckpunkts.
- ▷ **`Column1`** (output_control) ..... rectangle.origin.x(-array) ⇝ *integer*
  Spaltenindex des linken oberen Eckpunkts.
- ▷ **`Row2`** (output_control) ..... rectangle.corner.y(-array) ⇝ *integer*
  Zeilenindex des rechten unteren Eckpunkts.
- ▷ **`Column2`** (output_control) ..... rectangle.corner.x(-array) ⇝ *integer*
  Spaltenindex des rechten unteren Eckpunkts.

Komplexität

Sei F die Fläche einer Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität im Mittel $O(sqrt(F))$.

Ergebnis

`smallest_rectangle1` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`, `runlength_features`

Nachfolger

`disp_rectangle1`, `gen_rectangle1`

Alternativen

`height_width_ratio`, `smallest_rectangle2`, `area_center`

Siehe auch

`select_shape`

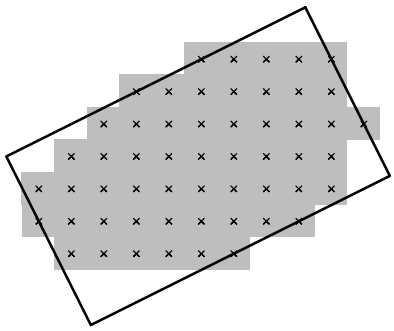
Modul

Foundation

`smallest_rectangle2` `( Regions : : : Row, Column, Phi, Length1, Length2 )`

Ermitteln des kleinsten umschließenden Rechtecks mit beliebiger Orientierung.

`smallest_rectangle2` bestimmt das kleinste umschließende Rechteck einer Region, also das Rechteck mit dem kleinsten Flächeninhalt unter allen Rechtecken, die die Region enthalten. Für dieses Rechteck werden der Mittelpunkt, der Neigungswinkel und die beiden Halbmesser berechnet. Die Berechnung des Rechtecks basiert auf den Mittelpunktskoordinaten der Regionenpixel.



Kleinstes umschließendes Rechteck einer Region. Es ist zu beachten, dass die Berechnung auf den Pixelmittelpunkten basiert.

Der Operator findet Anwendung, wenn z.B. die Lage einer Szenerie von mehreren Regionen (z.B. gedruckter Text auf einem rechteckigen Papier bzw. mit rechteckigem Druckbild (Blocksatz)) gefunden werden soll. Die Parameter von `smallest_rectangle2` sind so gewählt, dass sie direkt als Eingabe für die Operatoren `disp_rectangle2` und `gen_rectangle2` verwendet werden können.

In der Dokumentation zu diesem Kapitel (Regionen / Merkmale) finden Sie ein Bild mit Regionen, die sich in der Länge und Phi ihres kleinsten umschließenden Rechtecks unterscheiden.

Wird mehr als eine Region in `Regions` übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln abgespeichert, wobei der Index eines Wertes im Tupel dem Index einer Region in der Eingabe entspricht. Bei leerer Region haben alle Parameter den Wert 0.0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe `set_system`).

Parameter

- ▷ **`Regions`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **`Row`** (output_control) ..... rectangle2.center.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenindex des Mittelpunktes.
- ▷ **`Column`** (output_control) ..... rectangle2.center.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenindex des Mittelpunktes.
- ▷ **`Phi`** (output_control) ..... rectangle2.angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Orientierung des umschließenden Rechtecks (Bogenmaß)
  Zusicherung: - pi / 2 < Phi && Phi <= pi / 2
- ▷ **`Length1`** (output_control) ..... rectangle2.hwidth(-array) ⇝ *real*
  Erster Halbmesser (halbe Länge) des umschließenden Rechtecks.
  Zusicherung: Length1 >= 0.0
- ▷ **`Length2`** (output_control) ..... rectangle2.hheight(-array) ⇝ *real*
  Zweiter Halbmesser (halbe Breite) des umschließenden Rechtecks.
  Zusicherung: Length2 >= 0.0 && Length2 <= Length1

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
regiongrowing(Image,Regions,5,5,6,100)
smallest_rectangle2(Regions,Row,Column,Phi,Length1,Length2)
gen_rectangle2(Rectangle,Row,Column,Phi,Length1,Length2)
dev_set_draw ('margin')
dev_display(Rectangle)
```

Komplexität

Sei F die Fläche der Region und N die Anzahl der Stützpunkte der konvexen Hülle, dann beträgt die Laufzeitkomplexität $O(sqrt(F) + N^2)$.

Ergebnis

`smallest_rectangle2` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die

leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection, runlength_features

Nachfolger

disp_rectangle2, gen_rectangle2

Alternativen

elliptic_axis, smallest_rectangle1

Siehe auch

smallest_circle, set_shape

Modul

Foundation

spatial_relation (Regions1, Regions2 : : Percent : RegionIndex1, RegionIndex2, Relation1, Relation2)

Ermitteln der Lagebeziehung von Regionen bzgl. der Koordinatenachsen.

spatial_relation wählt Regionen aus, die um Percent Prozent „links“, „rechts“, „oberhalb“ oder „unterhalb“ von anderen Regionen liegen. Regions1 und Regions2 enthalten die zu vergleichenden Regionen. Regions1 kann dabei auf drei verschiedene Arten besetzt werden:

- Regions1 enthält ein leeres Objekttupel, d.h., count_obj liefert *0* zurück:
  In diesem Fall werden alle Regionen in Regions2 permutativ auf Nachbarschaft getestet.
- Regions1 besteht aus einer Region:
  Die Regionen von Regions1 werden mit allen Regionen in Regions2 verglichen.
- Regions1 besteht aus gleich vielen Regionen wie Regions2:
  Hier werden jeweils die Regionen an n-ter Position in Regions1 und Regions2 auf die Nachbarschaftsbeziehung untersucht.

Der Prozentsatz Percent wird so interpretiert, dass die Fläche der zweiten Region um mindestens Percent Prozent echt links/rechts bzw. oberhalb/unterhalb der Regionengrenzen der ersten Region liegen muss. Die Indizes der Regionen, die mindestens eine dieser Bedingungen erfüllen, stehen dann an n-ter Position in den Ausgabeparametern RegionIndex1 und RegionIndex2. Zusätzlich enthalten die Ausgabeparameter Relation1 und Relation2 an n-ter Position die Art der Relation, in der das Regionenpaar (RegionIndex1[n], RegionIndex2[n]) steht, d.h. Region mit Index RegionIndex2[n] steht mit Region mit Index RegionIndex1[n] in der Relation1[n] und Relation2[n].

Mögliche Werte für Relation1 und Relation2 sind:

- Relation1: *'above'*, *'below'* oder *''*
- Relation2: *'left'*, *'right'* oder *''*

In RegionIndex1 und RegionIndex2 werden die Indizes der Regionen in den Tupeln der Eingaberegionen (Regions1 bzw. Regions2) als Bildidentifikatoren eingetragen. Der Zugriff auf ausgewählte Regionen über den Index kann mit copy_obj erfolgen.

Parameter

- ▷ **Regions1** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Ausgangsregionen.
- ▷ **Regions2** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Vergleichsregionen.
- ▷ **Percent** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Prozentzahl der Fläche der Vergleichsregion, die links/rechts bzw. oberhalb/unterhalb der Regionengrenzen der Ausgangsregion liegen muss.
  Default: 50
  Wertevorschläge: `Percent` ∈ {0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100}
  Wertebereich: 0 ≤ `Percent` ≤ 100 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- ▷ **RegionIndex1** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Indizes der Regionen im Tupel der Eingaberegionen, die die Lagerelation erfüllen.
- ▷ **RegionIndex2** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Indizes der Regionen im Tupel der Eingaberegionen, die die Lagerelation erfüllen.
- ▷ **Relation1** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Vertikale Lagerelation, in der `RegionIndex2`[n] mit `RegionIndex1`[n] steht.
- ▷ **Relation2** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Horizontale Lagerelation, in der `RegionIndex2`[n] mit `RegionIndex1`[n] steht.

Ergebnis

`spatial_relation` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls `Regions2` nicht leer und `Percent` korrekt besetzt ist. Das Verhalten bei leerem Parameter `Regions2` (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`

Alternativen

`area_center`, `intersection`

Siehe auch

`select_region_spatial`, `find_neighbors`, `copy_obj`, `obj_to_integer`

Modul

Foundation

23.5 Tests

`test_equal_region` (`Regions1`, `Regions2` : : : `IsEqual`)

Test, ob die Regionen von zwei Objekten identisch sind.

`test_equal_region` vergleicht die Regionen der beiden Eingabeparameter. Verglichen wird das n-te Element in `Regions1` mit dem n-ten Objekt in `Regions2` (für alle n). Falls alle Regionen gleich sind und die Anzahl der Regionen identisch ist, erhält `IsEqual` den Wert TRUE, ansonsten FALSE.

Die in HALCON verfügbaren ikonischen Objekte werden bei der Einleitung zu Kapitel Objekt vorgestellt.

Parameter

▷ **Regions1** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Testregionen.

▷ **Regions2** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Vergleichsregionen.
Parameteranzahl: Regions1 == Regions2

▷ **IsEqual** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Boolescher Ergebniswert.

Komplexität

Sei F die Fläche einer Region, dann beträgt die Laufzeitkomplexität bei Ergebnis TRUE $O(1)$ oder $O(sqrt(F))$, bei Ergebnis FALSE $O(sqrt(F))$.

Ergebnis

`test_equal_region` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabeobjekte vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Unterscheidet sich die Anzahl der Objekte, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Ansonsten liefert `test_equal_region` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`)

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`intersection`, `complement`, `area_center`

Siehe auch

`test_equal_obj`

Modul

Foundation

test_region_point (Regions : : Row, Column : IsInside)

Testen, ob eine Region einen gegebenen Punkt enthält.

Ist ein Array von Regionen und ein einzelner Testpunkt gegeben, so prüft `test_region_point`, ob mindestens eine Eingaberegion aus `Regions` den Testpunkt (`Row`,`Column`) enthält. Ist dies der Fall, so wird `IsInside` auf TRUE gesetzt, andernfalls auf FALSE. Falls andererseits eine einzelne Region und mehrere Testpunkte gegeben sind, prüft `test_region_point` ob mindestens einer der Testpunkte (aus `Row`,`Column`) in der Region `Regions` enthalten ist. Ist dies der Fall, so wird `IsInside` auf TRUE gesetzt, andernfalls auf FALSE. Falls (`Row`,`Column`) reellwertig sind, wird intern auf ganze Pixel gerundet.

Um zu Prüfen, welche Punkte genau in welchen Regionen enthalten sind, kann der Operator `test_region_points` verwendet werden.

Achtung

Der Testpunkt ist nicht in einer leeren Region enthalten (kein Punkt der Region stimmt mit dem Punkt überein). Sind alle Regionen leer, wird `IsInside` auf FALSE gesetzt.

Bei einem leeren Eingabeobjekt wird im Fall `set_system('no_object_result','true')` ein leeres Tupel in `IsInside` zurückgegeben.

Parameter

▷ **Regions** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Region.

▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *integer* / real
Zeilenindex des Testpunktes.
Default: 100

▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *integer* / real
Spaltenindex des Testpunktes.
Parameteranzahl: Row == Column
Default: 100

▷ **IsInside** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Boolscher Ergebniswert.

Komplexität

Sei F die Fläche einer Region, N die Anzahl der Regionen und M die Anzahl der Testpunkte. Bei mehreren Regionen und einem Testpunkt beträgt die mittlere Laufzeitkomplexität $O(ln(sqrt(F)) * N)$. Bei einer Region und mehreren Testpunkten beträgt die mittlere Laufzeitkomplexität $O(ln(sqrt(F)) * M)$.

Ergebnis

`test_region_point` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`

Alternativen

`union1`, `intersection`, `area_center`, `test_region_points`

Siehe auch

`select_region_point`, `test_region_points`

Modul

Foundation

test_region_points (Regions : : Row, Column : IsInside)

Testen, ob Punkte in Regionen enthalten sind.

`test_region_points` prüft, ob Punkte (`Row`,`Column`) in den Regionen `Regions` enthalten sind.

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel oder Objektarray der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Parameter der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Tests durchgeführt und zurückgegeben werden.

In allen Fällen wird in `IsInside` für jeden durchgeführten Test TRUE (*1*) oder FALSE (*0*) zurückgegeben, je nachdem, ob der Punkt in der Region enthalten war oder nicht.

Falls (`Row`,`Column`) reellwertig sind, wird intern auf ganze Pixel gerundet.

Achtung

Der Testpunkt ist nicht in einer leeren Region enthalten.

Parameter

▷ **Regions** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Region.

▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *integer* / real
Zeilenindex des Testpunktes.
Default: 100

▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *integer* / real
Spaltenindex des Testpunktes.
Parameteranzahl: Row == Column
Default: 100

▷ **IsInside** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Boolscher Ergebniswert.

Ergebnis

`test_region_points` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`threshold`, `regiongrowing`, `connection`

Alternativen

`intersection`, `area_center`, `test_region_point`

Siehe auch

`select_region_point`, `test_region_point`

Modul

Foundation

`test_subset_region` (Region1, Region2 : : : IsSubset)

Test, ob eine Region in einer anderen enthalten ist.

`test_subset_region` testet, ob `Region1` eine Untermenge von `Region2` ist und gibt das Ergebnis in `IsSubset` zurück. Falls mehrere Regionen übergeben werden, muss die Anzahl der Regionen in `Region1` und `Region2` übereinstimmen. In diesem Fall wird in `IsSubset` ein Tupel zurückgegeben, das genauso viele Elemente enthält, wie `Region1` und `Region2`.

Die in HALCON verfügbaren ikonischen Objekte werden bei der Einleitung zu Kapitel Objekt vorgestellt.

Parameter

▷ **`Region1`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Testregion.

▷ **`Region2`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Vergleichsregion.
Parameteranzahl: Region1 == Region2

▷ **`IsSubset`** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Ist `Region1` in `Region2` enthalten?

Ergebnis

`test_subset_region` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabeobjekte vorhanden) lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Unterscheidet sich die Anzahl der Objekte, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Alternativen

`difference`, `area_center`

Siehe auch

`test_equal_region`, `compare_obj`

Modul

Foundation

23.6 Transformationen

background_seg (Foreground : BackgroundRegions : :)

Ermitteln zusammenhängender Regionen des Hintergrundes.

background_seg liefert zusammenhängende Hintergrundregionen. Die Prozedur wird typischerweise nach der Kantensuche (inkl. Verdünnung) angewandt, um die von den Kanten begrenzten Bild-Segmente zu ermitteln. Die Berechnung der Zusammenhangskomponenten erfolgt mit der 4-er Nachbarschaft.

Parameter

▷ **Foreground** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionenkanten.

▷ **BackgroundRegions** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Die zusammenhängenden Hintergrundkomponenten in Foreground.

Beispiel

```
* Simulation of background_seg:
background_seg(Foreground,BackgroundRegions)
  complement(Foreground,Background)
  get_system('neighborhood',Save)
  set_system('neighborhood',4)
  connection(Background,BackgroundRegions)
  set_system('neighborhood',Save)

* Segmentation with edge filter:
read_image(Image,'fabrik')
sobel_dir(Image,Sobel,Dir,'sum_sqrt',3)
threshold(Sobel,Edges,20,255)
skeleton(Edges,Margins)
background_seg(Margins,Regions)
```

Komplexität

Sei F die Fläche des Hintergrundes, H die Bildhöhe und N die Anzahl der Ergebnisregionen, dann ist die Laufzeitkomplexität: $O(H + sqrt(F) * sqrt(N))$.

Ergebnis

background_seg liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>), das bei leerer Region mit set_system('empty_region_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

threshold, connection, regiongrowing, pouring, class_ndim_norm

Nachfolger

select_shape

Alternativen

complement, connection

Siehe auch

threshold, hysteresis_threshold, skeleton, expand_region, set_system, sobel_amp, edges_image, roberts, bandpass_image

Modul

Foundation

clip_region (Region : RegionClipped : Row1, Column1, Row2, Column2 :)

Reduzieren der Region auf ein Rechteck.

clip_region bildet den Durchschnitt aller Regionen in der Eingabe mit dem Rechteck das durch die vier Steuerparameter festgelegt wird. Dabei ist clip_region effizienter als intersection mit einem Rechteck das als Region (gen_rectangle1) dargestellt ist.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Zu transformierende Regionen.

▷ **RegionClipped** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Beschnittene Regionen.

▷ **Row1** (input_control) ..... rectangle.origin.y ⇝ *integer*
Zeilen-Koordinate linkes oberes Eck des Rechtecks.
Default: 0
Wertevorschläge: Row1 ∈ {0, 128, 200, 256}
(lin)

▷ **Column1** (input_control) ..... rectangle.origin.x ⇝ *integer*
Spalten-Koordinate linkes oberes Eck.
Default: 0
Wertevorschläge: Column1 ∈ {0, 128, 200, 256}
(lin)

▷ **Row2** (input_control) ..... rectangle.corner.y ⇝ *integer*
Zeilen-Koordinate rechtes unteres Eck des Rechtecks.
Default: 256
Wertevorschläge: Row2 ∈ {128, 200, 256, 512}
Wertebereich: 0 ≤ Row2 ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Column2** (input_control) ..... rectangle.corner.x ⇝ *integer*
Spalten-Koordinate rechtes unteres Eck.
Default: 256
Wertevorschläge: Column2 ∈ {128, 200, 256, 512}
Wertebereich: 0 ≤ Column2 ≤ 511 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

Ergebnis

clip_region liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>), das bei leerer Region mit set_system ('empty_region_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, connection, regiongrowing, pouring

Nachfolger

select_shape, disp_region

Alternativen

intersection, gen_rectangle1, clip_region_rel

Modul

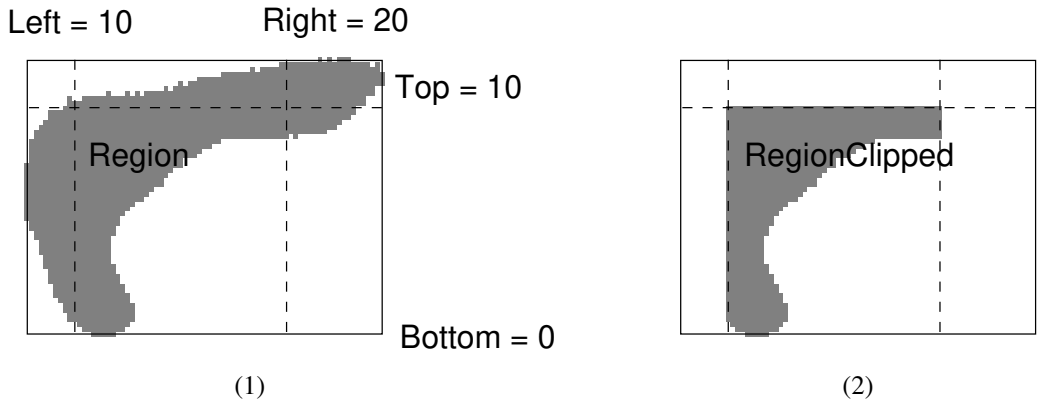
Foundation

```
clip_region_rel ( Region : RegionClipped : Top, Bottom, Left,
    Right : )
```

Beschneiden der Region relativ zu ihrem kleinsten umschließenden Rechteck.

`clip_region_rel` verkleinert die `Region` dadurch, dass Bereiche weggeschnitten werden, die nahe am kleinsten umschließenden Rechteck der `Region` liegen. Konkret bedeutet das, dass der Durchschnitt der `Region` mit einem Rechteck gebildet wird, welches kleiner als oder gleich groß wie das kleinste umschließende Rechteck ist. Die resultierende verkleinerte Region wird in `RegionClipped` zurückgegeben.

Das Rechteck, mit dem die `Region` geschnitten wird, wird dadurch bestimmt, dass das kleinste umschließende achsenparallele Rechteck oben, unten, links und rechts jeweils um die Werte `Top`, `Bottom`, `Left` und `Right` verkleinert wird.



Region mit kleinstem umschließenden Rechteck (1) und geschnittene Region (2).

Diese vier Werte müssen größer oder gleich Null sein. Werden alle vier Werte auf Null gesetzt, so ist `RegionClipped` identisch mit der Eingaberegion.

Parameter

▷ **`Region`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Zu transformierende Regionen.

▷ **`RegionClipped`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Beschnittene Regionen.

▷ **`Top`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl Zeilen die „oben“ abgeschnitten werden.
Default: 1
Wertevorschläge: `Top` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 20, 30, 50}
Wertebereich: 0 ≤ Top (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **`Bottom`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl Zeilen die „unten“ abgeschnitten werden.
Default: 1
Wertevorschläge: `Bottom` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 20, 30, 50}
Wertebereich: 0 ≤ Bottom (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **`Left`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl Spalten die „links“ abgeschnitten werden.
Default: 1
Wertevorschläge: `Left` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 20, 30, 50}
Wertebereich: 0 ≤ Left (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Right** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl Zeilen die „rechts“ abgeschnitten werden.
Default: 1
Wertevorschläge: `Right` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 20, 30, 50}
Wertebereich: 0 ≤ Right (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Ergebnis

`clip_region_rel` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)`, das bei leerer Region mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `connection`, `regiongrowing`, `pouring`

Nachfolger

`select_shape`, `disp_region`

Alternativen

`smallest_rectangle1`, `intersection`, `gen_rectangle1`, `clip_region`

Modul

Foundation

closest_point_transform (Region : Distances, ClosestPoints : Metric, Foreground, ClosestPointMode, Width, Height :)

Berechnen der Nächste-Punkte-Transformation einer Region.

`closest_point_transform` berechnet für jedes Pixel der Eingaberegion `Region` (bzw. deren Komplement) den Abstand zum nächstgelegenen Pixel außerhalb der Region (d.h. zu dem Pixel auf dem äußeren Rand der Region) und gibt diese Information in `Distances` zurück. Zusätzlich zum Abstand wird noch das zugehörige nächstgelegenen Pixel in `ClosestPoints` zurückgeliefert.

Die Auswahl der Pixel, für die der Abstand berechnet werden soll, kann mit dem Parameter `Foreground` gesteuert werden. Falls `Foreground` = *'true'*, werden die Abstände nur für die Pixel innerhalb der Region berechnet. Falls `Foreground` = *'false'*, werden die Abstände der Pixel außerhalb der Regionen zu deren Rand berechnet. Die Abstände und nächstgelegenen Pixel werden für alle Punkte der Ausgabebilder `Distances` und `ClosestPoints` berechnet. Die Größe der Ausgabebilder wird durch `Width` und `Height` bestimmt. Die Eingaberegion wird auf die Größe der Ausgabebilder beschnitten. Falls es wichtig ist, dass die Abstände innerhalb der gesamten Region berechnet werden, sollte die Region so verschoben werden (siehe `move_region`), dass sie nur positive Koordinaten besitzt und die Breite und Höhe des Ausgabebildes sollten groß genug gewählt werden, dass die Region vollständig darin enthalten ist. Die entsprechende Information kann mit `smallest_rectangle1` bestimmt werden.

Welche Metrik zur Berechnung des Abstandes verwendet wird, wird mit Hilfe des Parameters `Metric` festgelegt. Falls `Metric` = *'city-block'* wird der Abstand aus dem kürzesten Pfad eines Punktes zum Rand der Region berechnet, wobei nur horizontale und vertikale „Bewegungen“ erlaubt sind. Diese werden mit einem Gewicht von 1 bewertet. Falls `Metric` = *'chessboard'* wird der Abstand aus dem kürzesten Pfad eines Punktes zum Rand der Region berechnet, wobei horizontale, vertikale und diagonale „Bewegungen“ erlaubt sind. Diese werden mit einem Gewicht von 1 bewertet. Falls `Metric` = *'octagonal'* wird eine Kombination der beiden Verfahren verwendet, so dass diagonale Pfade ein etwas größeres Gewicht erhalten. Falls `Metric` = *'chamfer-3-4'* werden horizontale und

vertikale Bewegungen mit einem Gewicht von 3 und diagonale Bewegungen mit einem Gewicht von 4 bewertet. Zur Normierung wird das resultierende Distanzbild durch 3 geteilt. Da diese Normierung Zeit kostet und man normalerweise nur an den relativen Abständen mehrerer Punkte interessiert ist, kann die Normierung mit `Metric` = *'chamfer-3-4-unnormalized'* unterdrückt werden. Schließlich wird für `Metric` = *'euclidean'* eine annähernd euklidische Distanz berechnet.

Der Parameter `ClosestPointMode` legt fest, wie die nächstgelegenen Punkte abgelegt werden. Für `ClosestPointMode` = *'absolute'* werden in `ClosestPoints` absolute Koordinaten abgespeichert. Für `ClosestPointMode` = *'relative'* wird in `ClosestPoints` der Versatz zur Koordinate des jeweiligen Pixels abgespeichert.

Achtung

Es ist zu beachten, dass im Normalfall die nächstgelegenen Punkte nicht eindeutig sind, d.h. dass für den in `Distances` im jeweiligen Pixel des Ausgabebildes zurückgelieferten Abstand typischerweise mehrere Punkte auf dem äußeren Rand der Region existieren, die diesen Abstand zu dem Pixel besitzen. So haben zum Beispiel alle Punkten auf dem Skelett der Region in der verwendeten Metrik zu mindestens zwei verschiedenen Punkten auf dem äußeren Rand der Region denselben Abstand. `closest_point_transform` liefert in diesem Fall einen dieser Punkte zurück, der durch die Implementierung des Algorithmus bestimmt ist. Insbesondere sollten *keine* Invarianzen bezüglich Rotation oder Spiegelung der Region erwartet werden.

Weiterhin ist zu beachten, dass für `Foreground` = *'true'* auch Punktkoordinaten zurückgeliefert werden, die außerhalb des Bildes liegen, falls die Eingaberegion `Region` den Rand des durch `Width` und `Height` bestimmten Bildes berührt, denn der äußere Rand der Region liegt in diesem Fall ein Pixel außerhalb des Bildes. Falls die zurückgelieferten Koordinaten zum direkten Zugriff auf ein Bild verwendet werden sollen, ist also auf geeignete Randbehandlung zu achten.

Parameter

- ▷ **`Region`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Region, zu deren Rand die Distanz berechnet werden soll.
- ▷ **`Distances`** (output_object) ..... image ⇝ *object :* int4
  Rückgabebild, das die Distanz-Information enthält.
- ▷ **`ClosestPoints`** (output_object) ..... image ⇝ *object :* vector_field
  Rückgabebild, das die Koordinaten der nächstgelegenen Punkte enthält.
- ▷ **`Metric`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Metrik, die bei der Nächste-Punkte-Transformation verwendet werden soll.
  Default: 'city-block'
  Werteliste: `Metric` ∈ {'city-block', 'chessboard', 'octagonal', 'chamfer-3-4', 'chamfer-3-4-unnormalized', 'euclidean'}
- ▷ **`Foreground`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Berechnung der Distanzen innerhalb (*'true'*) oder außerhalb (*'false'*) der Eingaberegion.
  Default: 'true'
  Werteliste: `Foreground` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **`ClosestPointMode`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Modus, in dem die Koordinaten der nächstgelegenen Punkte zurückgeliefert werden.
  Default: 'absolute'
  Werteliste: `ClosestPointMode` ∈ {'absolute', 'relative'}
- ▷ **`Width`** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite der Ausgabebilder.
  Default: 640
  Wertevorschläge: `Width` ∈ {160, 192, 320, 384, 640, 768}
  Wertebereich: 1 ≤ Width
- ▷ **`Height`** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe der Ausgabebilder.
  Default: 480
  Wertevorschläge: `Height` ∈ {120, 144, 240, 288, 480, 576}
  Wertebereich: 1 ≤ Height

Komplexität

Die Laufzeit-Komplexität ist $O(\texttt{Width} * \texttt{Height})$.

Ergebnis

`closest_point_transform` liefert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, wenn alle Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`threshold`, `dyn_threshold`, `regiongrowing`

Nachfolger

`threshold`, `vector_field_to_real`

Alternativen

`distance_transform`

Siehe auch

`skeleton`

Literatur

Y. Ge, C.R. Maurer, Jr., J.M. Fitzpatrick: „Surface-based 3-D image registration using the Iterative Closest Point algorithm with a closest point transform“; in: „Medical Imaging 1996: Image Processing“, M.H. Loew, K.M. Hanson, Editors, Proc. SPIE 2710, pages 358–367, 1996.

P. Soille: „Morphological Image Analysis, Principles and Applications“; Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 1999.

G. Borgefors: „Distance Transformations in Arbitrary Dimensions“; Computer Vision, Graphics, and Image Processing, Vol. 27, pages 321–345, 1984.

P.E. Danielsson: „Euclidean Distance Mapping“; Computer Graphics and Image Processing, Vol. 14, pages 227–248, 1980.

Modul

Foundation

connection (Region : ConnectedRegions : :)

Berechnen von zusammenhängenden Regionen.

`connection` bestimmt die Zusammenhangskomponenten der Regionen in `Region`, zerlegt also die Regionen in zusammenhängende Bereiche. Die Nachbarschaft wird mit `set_system('neighborhood',<4/8>)` eingestellt. Voreingestellt ist die 8-ter Nachbarschaft, die für Vordergrund sinnvoll eingesetzt werden kann. Die maximale Anzahl von Zusammenhangskomponenten, die `connection` zurückliefert, kann mittels `set_system('max_connection',<Num>)` festgelegt werden. Die Voreinstellung von *0* bewirkt, dass alle Zusammenhangskomponenten zurückliefert werden. Die Umkehrung von `connection` für eine zusammenhängende Region ist `union1`.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Zu zerlegende Region.

▷ **ConnectedRegions** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Zusammenhängende Regionen.

Beispiel

```
read_image(Image,'clip')
dev_set_colored(12)
threshold(Image,Dark,0,150)
count_obj(Dark,NumThresholded)
dev_display (Dark)
connection(Dark,ConnectedRegions)
count_obj(ConnectedRegions,NumConnected)
dev_display (ConnectedRegions)
```

Komplexität

Sei F die Fläche der Eingaberegion und N die Anzahl der daraus erzeugten Zusammenhangskomponenten, dann ist die Laufzeitkomplexität: $O(sqrt(F) * sqrt(N))$.

Ergebnis

`connection` liefert normalerweise den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)`, das bei leerer Region mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`auto_threshold`, `threshold`, `dyn_threshold`, `erosion1`

Nachfolger

`select_shape`, `select_gray`, `shape_trans`, `set_colored`, `dilation1`, `count_obj`, `reduce_domain`, `add_channels`

Alternativen

`background_seg`

Siehe auch

`set_system`, `union1`

Modul

Foundation

distance_transform (Region : DistanceImage : Metric, Foreground, Width, Height :)

Berechnen der Distanztransformation einer Region.

`distance_transform` berechnet für jeden Punkt der Eingaberegion `Region` (bzw. deren Komplement) den Abstand zum Rand der Region. Die Auswahl der Pixel, für die der Abstand berechnet werden soll, kann mit dem Parameter `Foreground` gesteuert werden. Falls `Foreground` = *'true'*, werden die Abstände nur für die Pixel innerhalb der Region berechnet. Falls `Foreground` = *'false'*, werden die Abstände der Pixel außerhalb der Regionen zu deren Rand berechnet. Die Abstände werden für alle Punkte des Ausgabebildes `DistanceImage` berechnet. Die Größe des Ausgabebildes wird durch `Width` und `Height` bestimmt. Die Eingaberegion wird auf die Größe des Ausgabebildes beschnitten. Falls es wichtig ist, dass die Abstände innerhalb der gesamten Region berechnet werden, sollte die Region so verschoben werden (siehe `move_region`), dass sie nur positive Koordinaten besitzt und die Breite und Höhe des Ausgabebildes sollten groß genug gewählt werden, dass die Region vollständig darin enthalten ist. Die entsprechende Information kann mit `smallest_rectangle1` bestimmt werden.

Welche Metrik zur Berechnung des Abstandes verwendet wird, wird mit Hilfe des Parameters `Metric` festgelegt. Falls `Metric` = *'city-block'* wird der Abstand aus dem kürzesten Pfad eines Punktes zum Rand der Region berechnet, wobei nur horizontale und vertikale „Bewegungen“ erlaubt sind. Diese werden mit einem Gewicht von 1 bewertet. Falls `Metric` = *'chessboard'* wird der Abstand aus dem kürzesten Pfad eines Punktes zum Rand der Region berechnet, wobei horizontale, vertikale und diagonale „Bewegungen“ erlaubt sind. Diese werden mit einem Gewicht von 1 bewertet. Falls `Metric` = *'octagonal'* wird eine Kombination der beiden Verfahren verwendet, so dass diagonale Pfade ein etwas größeres Gewicht erhalten. Falls `Metric` = *'chamfer-3-4'* werden horizontale und vertikale Bewegungen mit einem Gewicht von 3 und diagonale Bewegungen mit einem Gewicht von 4 bewertet. Zur Normierung wird das resultierende Distanzbild durch 3 geteilt. Da diese Normierung Zeit kostet und man normalerweise nur an den relativen Abständen mehrerer Punkte interessiert ist, kann die Normierung mit `Metric` = *'chamfer-3-4-unnormalized'* unterdrückt werden. Schließlich wird für `Metric` = *'euclidean'* eine annähernd euklidische Distanz berechnet.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Region, zu deren Rand die Distanz berechnet werden soll.
- ▷ **DistanceImage** (output_object) ..... image ⇝ *object :* int4
  Rückgabebild, das die Distanz-Information enthält.
- ▷ **Metric** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Metrik, die bei der Distanztransformation verwendet werden soll.
  Default: 'city-block'
  Werteliste: `Metric` ∈ {'city-block', 'chessboard', 'octagonal', 'chamfer-3-4', 'chamfer-3-4-unnormalized', 'euclidean'}
- ▷ **Foreground** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Berechnung der Distanzen innerhalb (*'true'*) oder außerhalb (*'false'*) der Eingaberegion.
  Default: 'true'
  Werteliste: `Foreground` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite des Ausgabebildes.
  Default: 640
  Wertevorschläge: `Width` ∈ {160, 192, 320, 384, 640, 768}
  Wertebereich: 1 ≤ Width
- ▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe des Ausgabebildes.
  Default: 480
  Wertevorschläge: `Height` ∈ {120, 144, 240, 288, 480, 576}
  Wertebereich: 1 ≤ Height

Beispiel

```
* Step towards extracting the medial axis of a shape:
gen_rectangle1 (Rectangle1, 0, 0, 200, 400)
gen_rectangle1 (Rectangle2, 200, 0, 400, 200)
union2 (Rectangle1, Rectangle2, Shape)
distance_transform (Shape, DistanceImage, 'chessboard', 'true', 640, 480)
```

Komplexität

Die Laufzeit-Komplexität ist $O(\texttt{Width} * \texttt{Height})$.

Ergebnis

`distance_transform` liefert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, wenn alle Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`threshold`, `dyn_threshold`, `regiongrowing`

Nachfolger

`threshold`

Alternativen

`closest_point_transform`

Siehe auch

`skeleton`

Literatur

P. Soille: „Morphological Image Analysis, Principles and Applications“; Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 1999.

G. Borgefors: „Distance Transformations in Arbitrary Dimensions“; Computer Vision, Graphics, and Image Processing, Vol. 27, pages 321–345, 1984.

P.E. Danielsson: „Euclidean Distance Mapping“; Computer Graphics and Image Processing, Vol. 14, pages 227–248, 1980.

Modul

Foundation

eliminate_runs (Region : RegionClipped : ElimShorter, ElimLonger :)

Eliminieren von Laufängen vorgegebener Länge.

`eliminate_runs` Löscht alle Sehnen der Lauflängenkodierung der Eingaberegionen, die kürzen als `ElimShorter` oder länger als `ElimLonger` sind.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Zu transformierende Regionen.

▷ **RegionClipped** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Beschnittene Regionen.

▷ **ElimShorter** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Alle Sehnen die kürzer sind werden unterdrückt.
Default: 3
Wertevorschläge: `ElimShorter` ∈ {2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15}
Wertebereich: 1 ≤ `ElimShorter` ≤ 500 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **ElimLonger** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Alle Sehnen die länger sind werden unterdrückt.
Default: 1000
Wertevorschläge: `ElimLonger` ∈ {50, 100, 200, 500, 1000, 2000}
Wertebereich: 1 ≤ `ElimLonger` ≤ 10000 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

Ergebnis

`eliminate_runs` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)`, das bei leerer Region mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`threshold`, `connection`, `regiongrowing`, `pouring`

Nachfolger

`erosion1`, `dilation1`, `disp_region`

Alternativen

`shape_trans`

Modul

Foundation

expand_region (Regions, ForbiddenArea : RegionExpanded : Iterations, Mode :)

Auffüllen von „Lücken“ zwischen Regionen oder Trennen überlappender Regionen.

expand_region dient dazu, Lücken zwischen den Regionen, wie sie z.B. durch Unterdrückung zu kleiner Regionen nach einer Bildsegmentierung entstehen, zu schließen (Modus ’image’) oder überlappende Eingaberegionen zu trennen (Modus ’region’). Beide Effekte beruhen auf der Expansion von Regionen. Dabei wird bei jeder Iteration der Expansion ein 1-Pixel breiter Streifen um die Region zu dieser hinzugefügt bzw. aus ihr entfernt.

Expandiert wird dabei nur in Bildbereiche, die nicht als „verbotene Bereiche“ (Parameter ForbiddenArea) ausgewiesen sind. Die Zahl der Iterationen wird mit dem Parameter Iterations festgelegt. Die Übergabe des strings *’maximal’* veranlasst expand_region, das Verfahren so lange zu iterieren, bis es konvergiert, also keine Änderungen mehr auftreten. Eine 0 auf dieser Parameterposition bewirkt die Ausgabe der nicht-überlappenden Teilregionen. Im Detail unterscheiden sich die beiden Modi *’image’* und *’region’* wie folgt:

’image’ Die Eingaberegionen werden iterativ so lange ausgedehnt, bis sie eine andere Region oder einen Bildrand berühren. Der Bildrand ist in diesem Fall definiert als das Rechteck, das sich von (0,0) bis (row_max,col_max) erstreckt. Dabei entspricht (row_max,col_max) der rechten unteren Ecke des kleinsten umschließenden Rechtecks aller Eingaberegionen (d.h. aller Regionen, die in Regions und in ForbiddenArea übergeben werden). Da expand_region alle Regionen simultan bearbeitet, werden die „Lücken“ zwischen den Regionen „gerecht“ auf diese verteilt. Überlappende Regionen werden getrennt, indem ihre gemeinsamen Teilregionen (wiederum „gerecht“) auf sie verteilt werden.

’region’ Es wird keine Expansion der Eingaberegionen durchgeführt, sondern nur überlappende Regionen getrennt, indem die gemeinsamen Teilregionen „gerecht“ auf die Regionen aufgeteilt werden. Da nach dem dafür benötigten „Negativwachstum“ der Schnitt mit den Originalregionen gebildet wird, kann es in diesem Modus zu „Lücken“ in den Ausgaberegionen kommen, die Segmentierung der Bildebene ist also nicht total. Diesem Problem kann mit einem zweiten Aufruf von expand_region mit dem Komplement der ursprünglichen Eingaberegionen als „forbidden area“ begegnet werden.

Parameter

▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen, zwischen denen Lücken geschlossen oder die getrennt werden sollen.

▷ **ForbiddenArea** (input_object) ..... region ⇝ *object*
In diesen Bereich darf nicht expandiert werden.

▷ **RegionExpanded** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Expandierte oder getrennte Bildregionen.

▷ **Iterations** (input_control) ..... integer ⇝ *integer* / string
Zahl der Iterationen.
Default: ’maximal’
Wertevorschläge: Iterations ∈ {’maximal’, 0, 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 50, 70, 100, 200}
Wertebereich: 0 ≤ Iterations ≤ 1000 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Gewünschter Modus.
Default: ’image’
Werteliste: Mode ∈ {’image’, ’region’}

Beispiel

```
read_image(Image,'clip')
threshold(Image,Dark,0,150)
connection(Dark,ConnectedRegions)
gen_circle (Circle, 400, 400, 200.5)
expand_region (ConnectedRegions, Circle, RegionExpanded, 'maximal', 'image')
dev_display (RegionExpanded)
```

Ergebnis

expand_region liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system(’no_object_result’,<Result>), das bei

leerer Region mit set_system('empty_region_result',<Result>), und das bei leerer Ergebnisregion mit set_system('store_empty_region',<'true'/'false'>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

pouring, threshold, dyn_threshold, regiongrowing

Alternativen

dilation1

Siehe auch

expand_gray, interjacent, skeleton

Modul

Foundation

fill_up (Region : RegionFillUp : :)

Auffüllen von Hohlflächen.

fill_up füllt Hohlflächen in Regionen aus, falls solche vorhanden sind. Die Anzahl der Regionen wird dabei nicht verändert. Die Art der Nachbarschaft wird mit set_system('neighborhood',<4/8>) festgelegt (Standardeinstellung ist 8-ter Nachbarschaft).

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Eingaberegion(en) mit evtl. vorhandenen Hohlflächen.
- ▷ **RegionFillUp** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, deren Hohlflächen aufgefüllt sind.

Ergebnis

fill_up liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>), das bei leerer Region mit set_system('empty_region_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, connection, regiongrowing, pouring

Nachfolger

select_shape, disp_region

Alternativen

fill_up_shape

Siehe auch

boundary

Modul

Foundation

fill_up_shape (Region : RegionFillUp : Feature, Min, Max :)

Auffüllen von Hohlflächen mit vorgegebenen Formeigenschaften.

fill_up_shape füllt lediglich diejenigen Hohlflächen in Region auf, die vorgegebenen Formeigenschaften entsprechen. Dabei gibt der Parameter Feature den Namen des Formmerkmals vor. Mit Min und Max wird das Intervall festgelegt, in dem der Merkmalswert der Hohlfläche liegen muss, damit sie ausgefüllt wird.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Eingaberegion(en).
- ▷ **RegionFillUp** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Ausgaberegion(en) mit weniger Hohlflächen.
- ▷ **Feature** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Formmerkmal.
  Default: 'area'
  Werteliste: Feature ∈ {'area', 'compactness', 'convexity', 'anisometry', 'phi', 'ra', 'rb', 'inner_circle', 'outer_circle'}
- ▷ **Min** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Mindestwert für Merkmal Feature.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: Min ∈ {0.0, 1.0, 10.0, 50.0, 100.0, 500.0, 1000.0, 10000.0}
  Wertebereich: 0.0 ≤ Min
- ▷ **Max** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Maximalwert für Merkmal Feature.
  Default: 100.0
  Wertevorschläge: Max ∈ {10.0, 50.0, 100.0, 500.0, 1000.0, 10000.0, 100000.0}
  Wertebereich: 0.0 ≤ Max

Beispiel

```
read_image(&Image,"monkey");
threshold(Image,&Seg,120.0,255.0);
fill_up_shape(Seg,&Filled,"area",0.0,200.0);
```

Ergebnis

fill_up_shape liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>), das bei leerer Region mit set_system('empty_region_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, connection, regiongrowing, pouring

Nachfolger

select_shape, disp_region

Alternativen

fill_up

Siehe auch

select_shape, connection, area_center

Modul

Foundation

junctions_skeleton (Region : EndPoints, JuncPoints : :)

Berechnen von Kreuzungs- und Endpunkten in einem Skelett.

junctions_skeleton liefert Kreuzungs- und Endpunkte in einem Skelett (siehe skeleton). Die Kreuzungspunkte in einer der Eingaberegionen aus Region werden als Region in JuncPoints, die Endpunkte entsprechend als Region in EndPoints gespeichert.

Damit junctions_skeleton sinnvolle Ergebnisse liefert sollte Region keine Linien enthalten, die breiter als ein Pixel sind. Die von skeleton erzeugten Regionen erfüllen diese Eigenschaft, während die von morph_skeleton erzeugten Regionen dies im Allgemeinen nicht tun.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Die Skelette.
- ▷ **EndPoints** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Endpunkte.
  Parameteranzahl: EndPoints == Region
- ▷ **JuncPoints** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Kreuzungspunkte.
  Parameteranzahl: JuncPoints == Region

Beispiel

```
* non-connected branches of a skeleton
skeleton(Region,Skeleton)
junctions_skeleton(Skeleton,EPoints,JPoints)
difference(Skeleton,JPoints,Rows)
set_system('neighborhood',4)
connection(Rows,Parts)
```

Komplexität

Sei F die Fläche der Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität: $O(F)$.

Ergebnis

junctions_skeleton liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>), das bei leerer Region mit set_system('empty_region_result',<Result>), das bei leerer Ergebnisregion mit set_system('store_empty_region',<'true'/'false'>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

skeleton

Nachfolger

area_center, connection, get_region_points, difference

Siehe auch

pruning, split_skeleton_region

Modul

Foundation

merge_regions_line_scan (CurrRegions, PrevRegions : CurrMergedRegions, PrevMergedRegions : ImageHeight, MergeBorder, MaxImagesRegion :)

Zusammenfügen von Regionen aus Zeilenkamerabildern.

Der Operator merge_regions_line_scan verbindet Regionen, die aus räumlich aneinandergrenzenden Bildern mit der Höhe ImageHeight segmentiert wurden und die, wenn das alte Bild verschoben wird, an den Bildrändern zusammenstoßen. Die Bilder können beispielsweise von einer Zeilenkamera nacheinander aufgenommen worden sein. Dabei wird davon ausgegangen, dass CurrRegions Regionen des aktuellen Bildes enthält und PrevRegions Regionen des vorherigen Bildes, welches die räumliche Fortsetzung des aktuellen Bildes darstellt.

Mit Hilfe des Parameters MergeBorder kann angegeben werden, ob die Oberkante des aktuellen Bildes an die Unterkante des vorherigen Bildes stößt (*'top'*) oder die Unterkante des aktuellen Bildes an die Oberkante des vorherigen Bildes (*'bottom'*).

Der Parameter MaxImagesRegion bestimmt bei der rekursiven Anwendung des Operators merge_regions_line_scan, wie viel Bilder eine aktuelle Ausgangsregion maximal zurückreichen kann. Der Regionenteil, der über diese Bilder hinausreicht, wird abgeschnitten.

Der Operator merge_regions_line_scan liefert zwei Regionenarrays zurück. PrevMergedRegions enthält alle Regionen, die ausschließlich im alten Bild liegen und nichts mit einer aktuellen Region verbunden werden konnten. In CurrMergedRegions werden dagegen alle aktuellen Regionen, gegebenenfalls vergrößert um die angrenzenden Regionen aus PrevRegions, eingetragen. Die so verbundenen Regionen erscheinen als eine einzige neue Region in CurrMergedRegions, wobei die angefügten Teile um die Bildhöhe nach oben (MergeBorder=*'top'*) oder nach unten (MergeBorder=*'bottom'*) verschoben werden und in der Ergebnisregion in CurrMergedRegions über den Bildrand hinausgehen. Dafür wird durch merge_regions_line_scan der Systemparameter *'clip_region'* (vgl. set_system) auf *'false'* gesetzt.

Parameter

- ▷ **CurrRegions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Aktuelle Eingaberegionen.
- ▷ **PrevRegions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Im vorhergehenden Zyklus zusammengefügte Regionen.
- ▷ **CurrMergedRegions** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Aktuelle Regionen, die ggf. mit den alten Regionen verbunden wurden.
- ▷ **PrevMergedRegions** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Alte Regionen, die nicht mit den aktuellen verbunden werden konnten.
- ▷ **ImageHeight** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Höhe der Ausgangsbilder.
  Default: 512
  Wertevorschläge: ImageHeight ∈ {240, 480, 512, 1024}
- ▷ **MergeBorder** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Im aktuellen Bild die Zeile, die mit dem vorhergehenden Bild zusammenstößt.
  Default: 'top'
  Werteliste: MergeBorder ∈ {'top', 'bottom'}
- ▷ **MaxImagesRegion** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Maximale Anzahl der Bilder, über die sich eine Region erstrecken darf.
  Default: 3
  Wertevorschläge: MaxImagesRegion ∈ {1, 2, 3, 4, 5}

Ergebnis

merge_regions_line_scan liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

partition_dynamic (Region : Partitioned : Distance, Percent :)

Horizontales Teilen einer Region an Stellen mit geringer vertikaler Ausdehnung.

partition_dynamic zerlegt die Eingaberegion Region horizontal in Teilregionen, die etwa die Breite Distance haben. Die Eingaberegion wird dabei an Stellen aufgeschnitten, die eine relativ kleine vertikale Ausdehnung haben.

Die Positionen, an denen die Eingaberegion aufgeschnitten wird werden auf folgende Weise bestimmt: Zuerst werden vorläufige Positionen bestimmt, die gleichabständig über die gesamte Breite der Eingaberegion verteilt sind, d.h., alle resultierenden Teilregionen wären gleich breit. Hierfür wird die Anzahl n der resultierenden Teilregionen bestimmt, indem die Breite der Eingaberegion durch Distance geteilt und das Ergebnis auf die nächste Ganzzahl gerundet wird. Der Abstand zwischen den vorläufigen Positionen ist das Ergebnis der Division der Breite der Eingaberegion durch n. Beachten Sie, dass der Abstand zwischen den vorläufigen Positionen typischerweise nicht mit Distance identisch ist. Die endgültigen Positionen, an denen die Eingaberegion aufgeschnitten wird werden nun in der Umgebung der vorläufigen Positionen so bestimmt, dass die Eingaberegion an Stellen aufgeschnitten wird, an der sie die geringste vertikale Ausdehnung innerhalb dieser Umgebung hat. Die maximale Verschiebung der endgültigen Position gegenüber der vorläufigen Position ist Distance*Percent*0.01.

Die resultierenden Teilregionen werden in Partitioned zurückgegeben. Beachten Sie, dass die Eingaberegion nur dann geteilt wird, wenn ihre Breite größer als 1.5 mal Distance ist.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Region die zerlegt werden soll.
- ▷ **Partitioned** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Zerlegte Region.
- ▷ **Distance** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Genäherte Breite der resultierenden Teilregionen.
- ▷ **Percent** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Maximale prozentuale Verschiebung der Positionen an denen die Eingaberegion geteilt wird.
  Default: 20
  Wertevorschläge: Percent ∈ {0.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 70.0, 90.0, 100.0}
  Wertebereich: $0 \leq$ Percent ≤ 100

Ergebnis

partition_dynamic liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>), das bei leerer Region mit set_system('empty_region_result',<Result>), das bei leerer Ergebnisregion mit set_system('store_empty_region',<'true'/'false'>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, connection

Alternativen

partition_rectangle

Siehe auch

intersection, smallest_rectangle1, shape_trans, clip_region

Modul

Foundation

partition_rectangle (Region : Partitioned : Width, Height :)

Aufteilen einer Region in Rechtecke von ungefähr gleicher Größe.

partition_rectangle zerlegt die Eingaberegion in Rechtecke der Größe Width mal Height. Die Rechtecke werden in Partitioned zurückgeliefert. Die Region wird immer in etwa gleich große Rechtecke zerlegt. Falls dies mit der gewünschten Rechteckgröße nicht möglich ist, werden Width und Height so angepasst, dass die resultierenden Rechtecke in etwa gleich groß sind. Wenn die Region kleiner als die angegebene Größe ist, bleibt sie unverändert. Eine Zerlegung findet erst statt, wenn die Größe mindestens 1.5 mal so groß ist wie durch die Parameter vorgegeben.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Region die zerlegt werden soll.
- ▷ **Partitioned** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zerlegte Region.
- ▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *real*
  Breite der einzelnen Rechtecke.
- ▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *real*
  Höhe der einzelnen Rechtecke.

Ergebnis

partition_rectangle liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>), das bei leerer Region mit set_system('empty_region_result',<Result>), das bei leerer Ergebnisregion mit set_system('store_empty_region',<'true'/'false'>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, connection

Alternativen

partition_dynamic

Siehe auch

intersection, smallest_rectangle1, shape_trans, clip_region

Modul

Foundation

rank_region (Region : RegionCount : Width, Height, Number :)

Berechnen des Rangoperators für Regionen.

rank_region berechnet den binären Rangoperator. Es wird eine Filtermaske (Rechteck: Height x Width) verwendet. Dabei wird für jede Position die Anzahl der Punkte aus Region gezählt, die in der Rechteckmaske liegen. Ist die Anzahl größer oder gleich Number, dann wird der Schwerpunkt des Rechtecks in der Ergebnisregion eingetragen. Wählt man

$$\text{Number} = \frac{\text{Height} * \text{Width}}{2},$$

so erhält man den Median Operator.

Achtung

Als Werte für `Height` und `Width` sind nur ungerade Zahlen > 3 zugelassen. Werden andere Werte eingegeben, so werden diese automatisch (ohne Fehlermeldung) entsprechend modifiziert (nächstgrößere ungerade Zahl).

Parameter

- ▷ **`Region`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Zu transformierende Region(en).
- ▷ **`RegionCount`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Ergebnisregion(en)
- ▷ **`Width`** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite der Filtermaske.
  Default: 15
  Wertevorschläge: `Width` ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21}
  Wertebereich: $3 \leq$ `Width` ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 2
  Empfohlene Schrittweite: 2
  Restriktion: Width >= 3 && odd(Width)
- ▷ **`Height`** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe der Filtermaske.
  Default: 15
  Wertevorschläge: `Height` ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21}
  Wertebereich: $3 \leq$ `Height` ≤ 511 (lin)
  Minimale Schrittweite: 2
  Empfohlene Schrittweite: 2
  Restriktion: Height >= 3 && odd(Height)
- ▷ **`Number`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Zahl der Punkte innerhalb der Filtermaske >= Number: Punkt wird in Ausgaberegion aufgenommen.
  Default: 70
  Wertevorschläge: `Number` ∈ {5, 10, 20, 40, 60, 80, 90, 120, 150, 200}
  Wertebereich: $1 \leq$ `Number` ≤ 1000 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
  Restriktion: Number > 0

Beispiel

```
read_image(Image,'monkey')
mean_image(Image,Mean,5,5)
dyn_threshold(Image,Mean,Points,25,'light')
rank_region(Points,Textur,15,15,30)
gen_circle(Mask,10,10,3)
opening(Textur,Mask,Seg)
```

Komplexität

Sei F die Fläche der Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität: $O(F * 8)$.

Ergebnis

`rank_region` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)`, das bei leerer Region mit `set_system ('empty_region_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, connection, regiongrowing, pouring, class_ndim_norm

Nachfolger

select_shape, disp_region

Alternativen

closing_rectangle1, expand_region

Siehe auch

rank_image, mean_image

Modul

Foundation

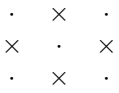
remove_noise_region (InputRegion : OutputRegion : Type :)

Beseitigen von Rauschen bei Regionen.

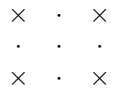
remove_noise_region dient zum Beseitigen von Rauschen bei einer Region.

Abhängig von Type wird folgendes strukturierendes Element verwendet:

'n_4' Es wird ein strukturierendes Element verwendet, das aus den vier 4-er Nachbarn eines Punktes besteht:



'n_8' Es wird ein strukturierendes Element verwendet, das aus den vier 8-er Nachbarn eines Punktes besteht:



'n_48' Es wird ein strukturierendes Element verwendet, das aus den vier 4-er Nachbarn und den vier 8-er Nachbarn eines Punktes besteht:

Mit diesem strukturierenden Element wird eine Dilatation und anschließend der Durchschnitt mit den Eingabedaten durchgeführt. Hierdurch werden alle Punkte, die keinen entsprechenden Nachbarn haben, gelöscht.

Parameter

- ▷ **InputRegion** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen die modifiziert werden.
- ▷ **OutputRegion** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen mit weniger Rauschen.
- ▷ **Type** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Modus der Rauschunterdrückung.
  Default: 'n_4'
  Werteliste: Type ∈ {'n_4', 'n_8', 'n_48'}

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität $O(\sqrt{F} * 4)$.

Ergebnis

remove_noise_region liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameterwerte korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

connection, regiongrowing, pouring, class_ndim_norm

Nachfolger

select_shape

Siehe auch

dilation1, intersection, gen_region_points

Modul

Foundation

shape_trans (Region : RegionTrans : Type :)

Transformieren der Form von Regionen.

shape_trans dient zur Transformation der Form von Regionen in Abhängigkeit von Type:

'convex' Konvexe Hülle.

'ellipse' Ellipse mit den gleichen Momenten und Fläche wie die Eingaberegion

'outer_circle' Kleinster umschließender Kreis.

'inner_circle' Größter Inkreis.

'rectangle1' Kleinstes umschließendes Rechteck parallel zu den Koordinatenachsen.

'rectangle2' Kleinstes umschließendes Rechteck.

'inner_rectangle1' Größtes enthaltenes achsenparalleles Rechteck.

'inner_center' Liefert als Ausgaberegion den Punkt auf dem Skelett der Eingaberegion, der am nächsten zum Schwerpunkt der Eingaberegion liegt.

Achtung

Für den Fall Type = *'outer_circle'* ist zu beachten, dass die zurückgegebene Kreisregion die ursprüngliche Region in manchen Fällen nicht komplett beinhaltet. Dies liegt daran, dass intern die Operatoren smallest_circle und gen_circle aufgerufen werden. Wie in der Dokumentation von smallest_circle beschrieben, kann der berechnete Radius bis zu $1/\sqrt{2} - 0.5$ Pixel zu klein sein. Zusätzlich kommt hinzu, dass der mit gen_circle generierte Kreis bis zu 0.5 Pixel in beide Richtungen also um maximal $1/\sqrt{2}$ Pixel verschoben wird. Insgesamt kann die ursprüngliche Region also um bis zu 1 Pixel über die zurückgegebene Kreisregion hinausragen.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Regionen, die transformiert werden.

▷ **RegionTrans** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Transformierte Regionen.

▷ **Type** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art der Transformation.
Default: 'convex'
Werteliste: Type ∈ {'convex', 'ellipse', 'outer_circle', 'inner_circle', 'rectangle1', 'rectangle2', 'inner_rectangle1', 'inner_center'}

Komplexität

Sei F die Fläche einer Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität $O(F)$.

Ergebnis

shape_trans liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameterwerte korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

connection, regiongrowing

Nachfolger

disp_region, regiongrowing_mean, area_center

Siehe auch

convexity, elliptic_axis, area_center, smallest_rectangle1, smallest_rectangle2, inner_rectangle1, set_shape, select_shape, inner_circle

Modul

Foundation

skeleton (Region : Skeleton : :)

Verdünnen von Regionen.

skeleton berechnet das Skelett, d.h., die Mittelachse, der Eingaberegionen. Das Skelett ist so konstruiert, dass jeder Punkt auf dem Skelett als Mittelpunkt eines Kreises mit größtmöglichem Radius angesehen werden kann, welcher noch vollständig in der Region enthalten ist.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Zu verdünnende Regionen.

▷ **Skeleton** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Skelett-Region.
Parameteranzahl: Skeleton == Region

Komplexität

Sei F die Fläche des umschließenden Rechtecks, dann ist die Laufzeitkomplexität: $O(F)$ (pro Region).

Ergebnis

skeleton liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameterwerte korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>), das bei leerer Region mit set_system ('empty_region_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

sobel_amp, edges_image, bandpass_image, threshold, hysteresis_threshold

Nachfolger

junctions_skeleton, pruning

Alternativen

morph_skeleton, thinning

Siehe auch

gray_skeleton, sobel_amp, edges_image, roberts, bandpass_image, threshold

Literatur

Eckardt, U. „Verdünnung mit Perfekten Punkten“, Proceedings 10. DAGM-Symposium, IFB 180, Zurich, 1988

Modul

Foundation

sort_region (Regions : SortedRegions : SortMode, Order, RowOrCol :)

Sortieren von Regionen aufgrund ihrer relativen Lage.

sort_region ordnet die Regionen bezüglich ihrer relativen Lage an. Alle Sortierungen mit Ausnahme von *'character'* verwenden einen Punkt der Region. Diese Punkte werden bei RowOrCol = *'row'* zuerst bzgl. der Zeile dann bzgl. der Spalte sortiert; bei *'column'* wird zuerst der Spaltenwert verwendet. Der Parameter SortMode kann mit folgenden Werten belegt werden:

'character' Die Regionen werden wie Buchstaben aufgefasst, die entweder horizontal oder vertikal gelesen werden. Dabei werden sie in der durch RowOrCol angegebenen Leserichtung angeordnet, wobei folgende Spezifikationen gelten:

- *'row'*: Als Zeilen aufgefasst ist die Leserichtung zunächst von links nach rechts und anschließend von oben nach unten.
- *'column'*: Als Spalten aufgefasst ist die Leserichtung zunächst von oben nach unten und anschließend von links nach rechts.

Für SortMode *'character'* kann ein zweiter numerischer Wert zusätzlich zu *'character'* an SortMode übergeben werden. Dieser Wert spezifiziert den maximalen Prozentsatz an Überlappung. Diese Überlappung ist von dem Parameter RowOrCol abhängig und wird folgendermaßen bestimmt:

- RowOrCol = *'row'*: Überlappung der Zeilenkoordinaten zweier Regionen
- RowOrCol = *'column'*: Überlappung der Spaltenkoordinaten zweier Regionen,

wobei der Prozentsatz sich auf die kleinere der sich überlappenden Regionen (bzgl. dieser Achse) bezieht. Regionen ohne Koordinatenüberlappung oder mit einer Koordinatenüberlappung kleiner als dem eingestellten Prozentsatz werden als in getrennten Zeilen bzw. Spalten betrachtet und entsprechend sortiert. Ist die Überlappung größer, werden sie als in der gleichen Zeile oder Spalte betrachtet und deswegen innerhalb der Zeile oder Spalte sortiert. Wenn man diesen zusätzlichen Parameter zum Beispiel auf 0 setzt, werden alle sich bezüglich der Zeilen- bzw. Spaltenkoordinaten überlappende Regionen als in der gleichen Zeile bzw. Spalte gesehen und sortiert. Der Defaultwert dieses Parameters beträgt 15. Das heißt, dass benachbarte Zeilen oder Spalten sich maximal um 15% überlappen dürfen um als getrennt zu gelten. Es gilt zu beachten, für Order = *'false'* werden die Buchstaben umgekehrt zur oben beschriebenen Leserichtung sortiert.

'first_point' Der Punkt mit dem kleinsten Spaltenwert in der ersten Zeile der Region.

'last_point' Der Punkt mit dem größten Spaltenwert in der letzten Zeile der Region.

'upper_left' Linkes oberes Eck des umschließenden Rechtecks.

'upper_right' Rechtes oberes Eck des umschließenden Rechtecks.

'lower_left' Linkes unteres Eck des umschließenden Rechtecks.

'lower_right' Rechtes unteres Eck des umschließenden Rechtecks.

Der Parameter Order legt fest, ob auf- oder absteigend sortiert wird. Bei *'true'* wird aufsteigend bei *'false'* absteigend sortiert.

Parameter

▷ **Regions** (input_object) . . . . . region-array ⇝ *object*
Anzuordnende Regionen.

▷ **SortedRegions** (output_object) . . . . . region-array ⇝ *object*
Angeordnete Regionen.

▷ **SortMode** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *string* / integer / real
Art der Sortierung.
Default: 'first_point'
Werteliste: SortMode ∈ {'character', 'first_point', 'last_point', 'upper_left', 'lower_left', 'upper_right', 'lower_right'}

▷ **Order** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Aufsteigend oder absteigend sortieren.
Default: 'true'
Werteliste: Order ∈ {'true', 'false'}

▷ **RowOrCol** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Anordnung erst nach Zeile oder Spalte.
Default: 'row'
Werteliste: RowOrCol ∈ {'row', 'column'}

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert sort_region den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

do_ocr_multi_class_mlp, do_ocr_single_class_mlp

Modul

Foundation

split_skeleton_lines (SkeletonRegion : : MaxDistance : BeginRow, BeginCol, EndRow, EndCol)

Auftrennen von Linien (codiert durch 1 Pixel breite unverzweigte Linien).

split_skeleton_lines trennt Eingabelinien (codiert durch 1 Pixel breite unverzweigte Regionen) gemäß ihrer Krümmung in Teillinien auf. Eine Linie wird dabei aufgetrennt, wenn der maximale Abstand eines Linienpunktes von der Verbindungsgeraden zwischen Anfangs- und Endpunkt der Linie größer als MaxDistance ist (Split & Merge Algorithmus). Zurückgeliefert wird dann die Geradenapproximation (Anfangs- und Endpunkte) an die Eingabelinie.

Achtung

Die Eingaberegionen müssen unverzweigte Linien codieren, also einzelne Äste des Skeletts.

Parameter

▷ **SkeletonRegion** (input_object) ..... region-array ⇝ *object*
Eingabelinien (codiert als 1 Pixel breite unverzweigte Regionen).

▷ **MaxDistance** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Krümmungsmaß (max. Abstand der Linienpunkte von der Verbindungsgeraden zwischen Anfangs- und Endpunkt).
Default: 3
Wertevorschläge: MaxDistance ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}
Wertebereich: 1 ≤ MaxDistance ≤ 500 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **BeginRow** (output_control) ..... line.begin.y-array ⇝ *integer*
Zeilenkoordinaten der Anfangspunkte der Ausgabelinien.

▷ **BeginCol** (output_control) ..... line.begin.x-array ⇝ *integer*
Spaltenkoordinaten der Anfangspunkte der Ausgabelinien.

▷ **EndRow** (output_control) ..... line.end.y-array ⇝ *integer*
Zeilenkoordinaten der Endpunkte der Ausgabelinien.

▷ **EndCol** (output_control) ..... line.end.x-array ⇝ *integer*
Spaltenkoordinaten der Endpunkte der Ausgabelinien.

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
edges_image (Image, ImaAmp, ImaDir, 'lanser2', 0.5, 'nms', 8, 16)
threshold (ImaAmp, RawEdges, 8, 255)
```

```
skeleton (RawEdges, Skeleton)
junctions_skeleton (Skeleton, EndPoints, JuncPoints)
difference (Skeleton, JuncPoints, SkelWithoutJunc)
connection (SkelWithoutJunc, SingleBranches)
select_shape (SingleBranches, SelectedBranches, 'area', 'and', 16, 99999)
split_skeleton_lines (SelectedBranches, 3, BeginRow, BeginCol, EndRow, \
                      EndCol)
```

Ergebnis

`split_skeleton_lines` liefert normalerweise den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)`, das bei leerer Region mit `set_system('empty_region_result',<Result>)`, und das bei leerer Ergebnisregion mit `set_system('store_empty_region',<'true'/'false'>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`connection`, `select_shape`, `skeleton`, `junctions_skeleton`, `difference`

Nachfolger

`select_lines`, `partition_lines`, `disp_line`

Siehe auch

`split_skeleton_region`, `detect_edge_segments`

Modul

Foundation

split_skeleton_region (SkeletonRegion : RegionLines : MaxDistance :)

Auftrennen von Linien (codiert durch 1 Pixel breite unverzweigte Regionen).

`split_skeleton_region` trennt Eingabelinien (codiert durch 1 Pixel breite unverzweigte Regionen) gemäß ihrer Krümmung in Teillinien auf. Eine Linie wird dabei aufgetrennt, wenn der maximale Abstand eines Linienpunktes von der Verbindungsgeraden zwischen Anfangs- und Endpunkt der Linie größer als `MaxDistance` ist (Split & Merge Algorithmus). Zurückgeliefert wird jedoch keine Geradenapproximation an die Eingabelinien, sondern die Originallinien aufgeteilt auf mehrere Ausgaberegionen.

Achtung

Die Eingaberegionen müssen unverzweigte Linien codieren, also einzelne Äste des Skeletts.

Parameter

▷ **SkeletonRegion** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Eingabelinien (codiert als 1 Pixel breite unverzweigte Regionen).

▷ **RegionLines** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Aufgespaltene Ausgabelinien.

▷ **MaxDistance** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Krümmungsmaß (max. Abstand der Linienpunkte von der Verbindungsgeraden zwischen Anfangs- und Endpunkt).
Default: 3
Wertevorschläge: `MaxDistance` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}
Wertebereich: 1 ≤ `MaxDistance` ≤ 500 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
edges_image (Image, ImaAmp, ImaDir, 'lanser2', 0.5, 'nms', 8, 16)
threshold (ImaAmp, RawEdges, 8, 255)
skeleton (RawEdges, Skeleton)
junctions_skeleton (Skeleton, EndPoints, JuncPoints)
difference (Skeleton, JuncPoints, SkelWithoutJunc)
connection (SkelWithoutJunc, SingleBranches)
select_shape (SingleBranches, SelectedBranches, 'area', 'and', 16, 99999)
split_skeleton_region (SelectedBranches, Lines, 3)
```

Ergebnis

`split_skeleton_region` liefert normalerweise den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)`, das bei leerer Region mit `set_system('empty_region_result',<Result>)`, und das bei leerer Ergebnisregion mit `set_system('store_empty_region',<'true'/'false'>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`connection`, `select_shape`, `skeleton`, `junctions_skeleton`, `difference`

Nachfolger

`count_obj`, `select_shape`, `select_obj`, `area_center`, `elliptic_axis`, `smallest_rectangle2`, `get_region_polygon`, `get_region_contour`

Siehe auch

`split_skeleton_lines`, `get_region_polygon`, `gen_polygons_xld`

Modul

Foundation

23.7 Zugriff

`get_region_contour` (Region : : : Rows, Columns)

Zugriff auf die Kontur eines Objektes.

`get_region_contour` gibt die Kontur einer Region aus. Eine Kontur ist eine Folge von Zeilen- (`Rows`) und Spaltenkoordinaten (`Columns`), die die Umrandung der Region beschreiben. Die Kontur liegt auf der Region. Sie beginnt bei der kleinsten Zeilennummer. In dieser Zeile bei dem Punkt mit dem größten Spaltenindex. Die Umlaufrichtung ist der Uhrzeigersinn. Der erste Punkt der Kontur ist gleich dem letzten. Hohlflächen der Region werden ignoriert. `get_region_contour` liefert die Koordinaten in Form von Tupeln ab. Eine leere Region wird als leeres Tupel übergeben.

Achtung

Hohlflächen der Region werden ignoriert. Es darf nur eine Region übergeben werden und die muss genau eine Zusammenhangskomponente haben.

Parameter

▷ **Region** (input_object) . . . . . region ⇝ *object*
Auszugebende Region.

▷ **Rows** (output_control) . . . . . contour.y-array ⇝ *integer*
Zeilennummern der Konturpunkte.

▷ **Columns** (output_control) . . . . . contour.x-array ⇝ *integer*
Spaltennummern der Konturpunkte.
Parameteranzahl: Columns == Rows

Ergebnis

`get_region_contour` liefert normalerweise den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Wird mehr als eine Zusammenhangskomponente übergeben, wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`sobel_amp`, `threshold`, `skeleton`, `edges_image`, `gen_rectangle1`, `gen_circle`

Siehe auch

`copy_obj`, `get_region_polygon`

Modul

Foundation

get_region_convex (Region : : : Rows, Columns)

Zugriff auf die konvexe Hülle als Kontur.

`get_region_convex` gibt die konvexe Hülle einer Region als Polygon aus. Das Polygon ist die minimale Folge von Zeilen- (`Rows`) und Spaltenkoordinaten (`Columns`), die die Hülle der Region beschreiben. Die Polygonpunkte liegen auf der Region. Das Polygon beginnt bei der kleinsten Zeilennummer; in dieser Zeile bei dem Punkt mit dem größten Spaltenindex. Die Umlaufrichtung ist der Uhrzeigersinn. Der erste Punkt des Polygons ist gleich dem letzten. `get_region_convex` liefert die Koordinaten in Form von Tupeln ab. Eine leere Region wird als leeres Tupel übergeben.

Parameter

▷ **Region** (input_object) . . . . . region ⇝ *object*
Auszugebende Region.

▷ **Rows** (output_control) . . . . . contour.y-array ⇝ *integer*
Zeilennummern der Konturpunkte.

▷ **Columns** (output_control) . . . . . contour.x-array ⇝ *integer*
Spaltennummern der Konturpunkte.
Parameteranzahl: Columns == Rows

Ergebnis

`get_region_convex` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

threshold, skeleton, dyn_threshold

Nachfolger

disp_polygon

Alternativen

shape_trans

Siehe auch

select_obj, get_region_contour

Modul

Foundation

get_region_points (Region : : : Rows, Columns)

Zugriff auf die Punkte einer Region.

get_region_points gibt die Regionendaten in Form von Koordinatenlisten aus. Die Koordinaten sind in folgender Ordnung sortiert:

$$(r_1, c_1) \leq (r_2, c_2) := (r_1 < r_2) \quad \vee \quad (r_1 = r_2) \wedge (c1 \leq c2)$$

get_region_points liefert die Koordinaten in Form von Tupeln ab. Eine leere Region wird als leeres Tupel übergeben.

Achtung

Es darf nur eine Region übergeben werden.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Auf diese Region wird zugegriffen.
- ▷ **Rows** (output_control) ..... coordinates.y-array ⇝ *integer*
  Zeilennummern der Punkte in der Region
- ▷ **Columns** (output_control) ..... coordinates.x-array ⇝ *integer*
  Spaltennummern der Punkte in der Region.
  Parameteranzahl: Columns == Rows

Ergebnis

get_region_points liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Wird mehr als eine Region übergeben, wird ein Exception ausgelöst. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>) festlegen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

sobel_amp, threshold, connection

Alternativen

get_region_runs

Siehe auch

copy_obj, gen_region_points

Modul

Foundation

get_region_polygon (Region : : Tolerance : Rows, Columns)

Polygonapproximation einer Region.

get_region_polygon berechnet ein Polygon, das den Rand einer Region annähern soll. Ein Polygon ist eine Folge von Zeilen- (Rows) und Spaltenkoordinaten (Columns), die die Kontur der Region beschreibt. Von dem Polygon werden nur die Stützpunkte ausgegeben. Der Parameter Tolerance gibt an, wie groß der maximale Abstand zwischen dem Polygon und dem Regionenrand sein darf. Hohlflächen der Region werden ignoriert. get_region_polygon liefert die Koordinaten in Form von Tupeln ab.

Achtung

Hohlflächen der Region werden ignoriert. Es darf nur eine Region übergeben werden und die muss genau eine Zusammenhangskomponente haben.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region ⇝ *object*
Zu approximierende Region.

▷ **Tolerance** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Maximaler Abstand zwischen dem Polygon und dem Regionenrand.
Default: 5.0
Wertevorschläge: Tolerance ∈ {0.0, 2.0, 5.0, 10.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ Tolerance (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 1.0

▷ **Rows** (output_control) ..... polygon.y-array ⇝ *integer*
Zeilennummern der Stützpunkte der Kontur.

▷ **Columns** (output_control) ..... polygon.x-array ⇝ *integer*
Spaltennummern der Stützpunkte der Kontur.
Parameteranzahl: Columns == Rows

Ergebnis

get_region_polygon liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Wird mehr als eine Zusammenhangskomponente übergeben, wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>) festlegen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

sobel_amp, threshold, skeleton, edges_image

Siehe auch

copy_obj, gen_region_polygon, disp_polygon, get_region_contour, set_line_approx

Modul

Foundation

get_region_runs (Region : : : Row, ColumnBegin, ColumnEnd)

Zugriff auf die Lauflängenkodierung einer Region.

get_region_runs gibt die Regionendaten in Form von Sehnentupeln aus. Die Sehnendarstellung entsteht, indem man eine Region zeilenweise mit aufsteigender Zeilenzahl (= von „oben“ nach „unten“) untersucht. Jede Zeile wird von links nach rechts durchlaufen (aufsteigende Spaltenzahl). Dabei werden alle Anfangs- und Endpunkte von Regionenabschnitten (= Sehnen) gespeichert. Eine Region lässt sich somit durch eine Folge von Sehnen beschreiben, wobei eine Sehne durch Zeilennummer, Anfangs- und Endpunkte (Spaltennummer) definiert

ist. `get_region_runs` liefert die drei Komponenten der Sehnen in Form von Tupeln. Bei einer leeren Region werden drei leere Tupel zurückgegeben.

Achtung

Es darf nur eine Region übergeben werden.

Parameter

- ▷ **`Region`** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Auszugebende Region.
- ▷ **`Row`** (output_control) ..... chord.y-array ⇝ *integer*
  Zeilennummern der Sehnen.
- ▷ **`ColumnBegin`** (output_control) ..... chord.x1-array ⇝ *integer*
  Spaltennummern der Anfangspunkte der Sehnen.
  Parameteranzahl: ColumnBegin == Row
- ▷ **`ColumnEnd`** (output_control) ..... chord.x2-array ⇝ *integer*
  Spaltennummern der Endpunkte der Sehnen.
  Parameteranzahl: ColumnEnd == Row

Ergebnis

`get_region_runs` liefert normalerweise den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Wird mehr als eine Region übergeben, wird eine Fehlerbehandlung ausgelöst. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`threshold`, `connection`

Alternativen

`get_region_points`

Siehe auch

`copy_obj`, `gen_region_runs`

Modul

Foundation

Kapitel 24

Segmentation

24.1 Flächenwachstum

```
expand_gray ( Regions,  Image,
    ForbiddenArea : RegionExpand : Iterations,  Mode,  Threshold : )
```

Auffüllen von „Lücken“ zwischen Regionen (abhängig vom Grau- oder Farbwert) oder Trennen überlappender Regionen.

`expand_gray` dient dazu, Lücken zwischen den Regionen der Eingabebilder, wie sie z.B. durch Unterdrückung zu kleiner Regionen nach einer Bildsegmentierung entstehen, zu schließen (Modus *'image'*) oder überlappende Regionen zu trennen (Modus *'region'*). Beide Effekte beruhen auf der Expansion von Regionen. Dabei wird bei jeder Iteration der Expansion die Bildpunkte innerhalb eines 1-Punkt breiten Streifens um die Region zu dieser hinzugefügt, deren Grau- bzw. Farbwerte sich von den Werten der benachbarten Randpunkte der Region um höchstens `Threshold` (je Kanal) unterscheiden. Bei Bildern vom Typ *'cyclic'* (z.B. Richtungsbilder) werden auch Bildpunkte mit einer Grauwertdifferenz von mindestens $255 - $ `Threshold` zur Region hinzugenommen.

Expandiert wird dabei nur in Bildbereiche, die nicht als „verbotene Bereiche“ (Parameter `ForbiddenArea`) ausgewiesen sind. Die Zahl der Iterationen wird mit dem Parameter `Iterations` festgelegt. Die Übergabe des strings *'maximal'* veranlasst bei `expand_gray`, das Verfahren so lange zu iterieren, bis es konvergiert, also keine Änderungen mehr auftreten. Eine 0 auf dieser Parameterposition bewirkt die Elimination der überlappenden Bildbereiche der Eingaberegionen. Im Detail unterscheiden sich die beiden Modi *'image'* und *'region'* wie folgt:

'image' Die Eingaberegionen werden iterativ so lange ausgedehnt, bis sie eine andere Region oder einen Bildrand berühren (bzw. das Wachstum aufgrund zu hoher Grauwertdifferenzen zum Stillstand kommt). Da `expand_gray_ref` alle Regionen simultan bearbeitet, werden die „Lücken“ zwischen den Regionen „gerecht“ auf Regionen mit ähnlichem Grau- oder Farbwert verteilt. Überlappende Regionen werden getrennt, indem ihre gemeinsamen Teilregionen (wiederum „gerecht“) auf sie verteilt werden.

'region' Es wird keine Expansion der Eingaberegionen durchgeführt, sondern es werden nur überlappende Bildregionen getrennt, indem die gemeinsamen Teilregionen „gerecht“ auf die bzgl. Grau- bzw. Farbwert passende Regionen aufgeteilt werden.

Achtung

Da Regionen nur in Bereiche mit passenden Grau- bzw. Farbwerten expandiert werden, bleiben im allgemeinen Lücken zwischen den Ausgaberegionen bestehen. Die Segmentierung der Bildebene ist also nicht total.

Parameter

- ▷ **`Regions`** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, zwischen denen Lücken geschlossen oder die getrennt werden sollen.
- ▷ **`Image`** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / cyclic
  Bild (evtl. mehrkanalig) für Graustufen- bzw. Farbtest.
- ▷ **`ForbiddenArea`** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  In diesen Bereich darf nicht expandiert werden.
- ▷ **`RegionExpand`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Expandierte oder getrennte Regionen.

▷ **Iterations** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer
Zahl der Iterationen.
Default: 'maximal'
Wertevorschläge: Iterations ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 'maximal'}
Wertebereich: 1 ≤ Iterations ≤ 500 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Gewünschter Modus.
Default: 'image'
Werteliste: Mode ∈ {'image', 'region'}

▷ **Threshold** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Maximalabweichung zwischen Randpixeln und Kandidaten für die Expansion.
Default: 32
Wertevorschläge: Threshold ∈ {5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50}
Wertebereich: 1 ≤ Threshold ≤ 255 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 5

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"
using namespace Halcon;

int main (int argc, char *argv[])
{
  HImage   image (argv[1]);
  HRegion  empty_region;
  HWindow  win;

  image.Display (win);

  HRegionArray seg = (image >= 100).Connection ();

  seg.Display (win);
  HRegionArray exp = seg.ExpandGray1 (image, empty_region,
                                      "maximal", "image", 32);
  win.SetDraw ("margin");
  win.SetColored (12);
  exp.Display (win);
  win.Click ();

  return (0);
}
```

Ergebnis

expand_gray liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>), das bei leerer Region mit set_system('empty_region_result',<Result>), und das bei leerer Ergebnisregion mit set_system('store_empty_region',<'true'/'false'>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

connection, regiongrowing, pouring, class_ndim_norm

Nachfolger

select_shape

Siehe auch

expand_gray_ref, expand_region

Modul

Foundation

```
expand_gray_ref ( Regions, Image,
    ForbiddenArea : RegionExpand : Iterations, Mode, RefGray,
    Threshold : )
```

Auffüllen von „Lücken“ zwischen Regionen (abhängig vom Grau- oder Farbwert) oder Trennen überlappender Regionen.

expand_gray_ref dient dazu, Lücken zwischen den Eingaberegionen, wie sie z.B. durch Unterdrückung zu kleiner Regionen nach einer Bildsegmentierung entstehen, zu schließen (Modus *'image'*) oder überlappende Regionen zu trennen (Modus *'region'*). Beide Effekte beruhen auf der Expansion von Regionen. Dabei werden bei jeder Iteration der Expansion die Bildpunkte innerhalb eines 1-Punkt breiten Streifens um die Region zu dieser hinzugefügt, deren Grau- bzw. Farbwerte sich vom übergebenen Referenzgrauwert der Region um höchstens Threshold (je Kanal) unterscheiden. Bei Bildern vom Typ *'cyclic'* (z.B. Richtungsbilder) werden auch Bildpunkte mit einer Grauwertdifferenz von mindestens $255 - \texttt{Threshold}$ zur Region hinzugenommen.

Expandiert wird dabei nur in Bildbereiche, die nicht als „verbotene Bereiche“ (Parameter ForbiddenArea) ausgewiesen sind. Die Zahl der Iterationen wird mit dem Parameter Iterations festgelegt. Die Übergabe des strings *'maximal'* veranlasst bei expand_gray_ref, das Verfahren so lange zu iterieren, bis es konvergiert, also keine Änderungen mehr auftreten. Eine 0 auf dieser Parameterposition bewirkt die Ausgabe der nichtüberlappenden Teilregionen. Im Detail unterscheiden sich die beiden Modi *'image'* und *'region'* wie folgt:

'image' Die Eingaberegionen werden iterativ so lange ausgedehnt, bis sie eine andere Region oder einen Bildrand berühren (bzw. das Wachstum aufgrund zu hoher Grauwertdifferenzen zum Stillstand kommt). Da expand_gray_ref alle Regionen simultan bearbeitet, werden die „Lücken“ zwischen den Regionen „gerecht“ auf Regionen mit ähnlichem Grau- oder Farbwert verteilt. Überlappende Regionen werden getrennt, indem ihre gemeinsamen Teilregionen (wiederum „gerecht“) auf sie verteilt werden.

'region' Es wird keine Expansion der Eingaberegionen durchgeführt, sondern es werden nur überlappende Bildregionen getrennt, indem die gemeinsamen Teilregionen „gerecht“ auf die bzgl. Grau- bzw. Farbwert passende Regionen aufgeteilt werden.

Achtung

Da Regionen nur in Bereiche mit passenden Grau- bzw. Farbwerten expandiert werden, bleiben im allgemeinen Lücken zwischen den Ausgaberegionen bestehen. Die Segmentierung der Bildebene ist also nicht total.

Parameter

- ▷ **Regions** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, zwischen denen Lücken geschlossen oder die getrennt werden sollen.
- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / cyclic
  Bild (evtl. mehrkanalig) für Graustufen- bzw. Farbtest.
- ▷ **ForbiddenArea** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  In diesen Bereich darf nicht expandiert werden.
- ▷ **RegionExpand** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Expandierte oder getrennte Regionen.

▷ **Iterations** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer
Zahl der Iterationen.
Default: 'maximal'
Wertevorschläge: `Iterations` ∈ {'maximal', 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 500}
Wertebereich: 1 ≤ `Iterations` ≤ 500 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Gewünschter Modus.
Default: 'image'
Werteliste: `Mode` ∈ {'image', 'region'}

▷ **RefGray** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Referenzgrauwert.
Default: 128
Wertevorschläge: `RefGray` ∈ {1, 10, 20, 50, 100, 128, 200, 255}
Wertebereich: 1 ≤ `RefGray` ≤ 255 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **Threshold** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Maximalabweichung zwischen Referenzgrauwert und Kandidaten für die Expansion.
Default: 32
Wertevorschläge: `Threshold` ∈ {4, 10, 15, 20, 25, 30, 40}
Wertebereich: 1 ≤ `Threshold` ≤ 255 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 5

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"
using namespace Halcon;

int main (int argc, char *argv[])
{
  HImage   image (argv[1]);
  HRegion  empty_region;
  HWindow  win;

  win.SetDraw ("margin");
  win.SetColored (12);

  image.Display (win);

  HRegionArray seg = (image >= 100).Connection ();
  seg.Display (win);

  Tuple iter = "maximal";
  Tuple mode = "image";
  Tuple refg = 128;
  Tuple thrs = 32;

  HRegionArray exp = seg.ExpandGrayRef (image, empty_region,
                                        iter, mode, refg, thrs);
  exp.Display (win);
  win.Click ();
```

```
  return (0);
}
```

Ergebnis

`expand_gray_ref` liefert normalerweise den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)`, das bei leerer Region mit `set_system('empty_region_result',<Result>)`, und das bei leerer Ergebnisregion mit `set_system('store_empty_region',<'true'/'false'>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`connection`, `regiongrowing`, `pouring`, `class_ndim_norm`

Nachfolger

`select_shape`

Siehe auch

`expand_gray`, `expand_region`

Modul

Foundation

regiongrowing (Image : Regions : RasterHeight, RasterWidth, Tolerance, MinSize :)

Segmentieren mit Hilfe von Flächenwachstum.

`regiongrowing` liefert Bilder mit „gleicher“ Intensität - gerastert in Rechtecken der Größe `RasterHeight` × `RasterWidth`. Zur Entscheidung, ob benachbarte Rasterfelder zum selben Bild gehören oder nicht, wird nur die Differenz der Grauwerte ihrer Zentren herangezogen. Ist die Grauwertdifferenz kleiner oder gleich `Tolerance`, werden die Rasterfelder zu einer Region verschmolzen.

Sind g_1 und g_2 zwei zu untersuchende Grauwerte, dann gehören sie zur gleichen Region, falls:

$$|g_1 - g_2| < \texttt{Tolerance}$$

Bei Pixeln vom Typ cyclic wird folgende Formel verwendet:

$$\begin{aligned} (|g_1 - g_2| < \texttt{Tolerance}) \quad &\wedge \quad (|g_1 - g_2| \leq 127) \\ (256 - |g_1 - g_2| < \texttt{Tolerance}) \quad &\wedge \quad (|g_1 - g_2| > 127) \end{aligned}$$

Bei Schrittweiten größer als 1 ist ein typisches Vorgehen, die Eingabeobjekte vor dem Aufruf von `regiongrowing` mit einem Tiefpassfilter der Größe `RasterHeight` × `RasterWidth` zu glätten (damit die ausgewerteten Schwerpunkte der Rasterfelder auch wirklich repräsentativ für das gesamte Rasterfeld sind). Ist das Bildmaterial nicht stark verrauscht und die Schrittweite klein, dann kann die vorherige Glättung in vielen Fällen auch entfallen.

In den Ergebnisbildern werden bei Schrittweiten größer als 1 nicht nur die untersuchten Punkte gesetzt, sondern es wird um jeden Punkt ein Rechteck der Größe `RasterHeight` × `RasterWidth` gesetzt. Es werden nur Regionen, die mindestens `MinSize` Punkte umfassen, ausgegeben.

Regiongrowing ist ein sehr schnelles Verfahren und ist daher für zeitkritische Anwendungen zu empfehlen.

Achtung

`RasterWidth` und `RasterHeight` werden automatisch auf ungerade Werte konvertiert.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / int4 / real
Eingabebild.

▷ **Regions** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Segmentierte Regionen.

▷ **RasterHeight** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
Vertikaler Abstand zwischen den Testpunkten (Höhe des Rasters).
Default: 3
Wertevorschläge: `RasterHeight` ∈ {1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21}
Wertebereich: 1 ≤ `RasterHeight` ≤ 99 (lin)
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: RasterHeight >= 1 && odd(RasterHeight)

▷ **RasterWidth** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
Horizontaler Abstand zwischen den Testpunkten (Breite des Rasters).
Default: 3
Wertevorschläge: `RasterWidth` ∈ {1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21}
Wertebereich: 1 ≤ `RasterWidth` ≤ 99 (lin)
Minimale Schrittweite: 2
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: RasterWidth >= 1 && odd(RasterWidth)

▷ **Tolerance** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Punkte mit Grauwertdifferenz kleiner oder gleich Tolerance werden zum selben Objekt gezählt.
Default: 6.0
Wertevorschläge: `Tolerance` ∈ {1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0, 12.0, 14.0, 18.0, 25.0}
Wertebereich: 0 ≤ Tolerance (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 1.0

▷ **MinSize** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Mindestgröße der Ausgaberegionen.
Default: 100
Wertevorschläge: `MinSize` ∈ {1, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000}
Wertebereich: 1 ≤ MinSize
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 5

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
mean_image(Image,Mean,RasterHeight,RasterWidth)
regiongrowing(Mean,Result,RasterHeight,RasterWidth,6.0,100)
```

Komplexität

Sei N die Anzahl der gefundenen Regionen und M die Anzahl der untersuchten Punkte in einer solchen Region, dann ist die Laufzeitkomplexität $O(N * log(M) * M)$.

Ergebnis

`regiongrowing` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Für das Verhalten bzgl. der Eingabebilder und Ausgaberegionen sind die Flags *'no_object_result'*, *'empty_region_result'* und *'store_empty_region'* einstellbar (siehe `set_system`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

binomial_filter, mean_image, gauss_filter, smooth_image, median_image, anisotropic_diffusion

Nachfolger

select_shape, reduce_domain, select_gray

Alternativen

regiongrowing_n, regiongrowing_mean, label_to_region

Modul

Foundation

regiongrowing_mean (Image : Regions : StartRows, StartColumns, Tolerance, MinSize :)

Ausführen eines Flächenwachstums mit Mittelwertbildung.

regiongrowing_mean führt ein Flächenwachstum mit Mittelwertbildung ausgehend von vorgegebenen Startpunkten aus. StartRows und StartColumns geben die Startpunkte vor, von denen aus Regionen erzeugt werden. Zu jedem Zeitpunkt des Wachstumsprozesses ist der Mittelwert der bisherigen Region bekannt. Die Grauwerte der Randpunkte der Region werden mit diesem Wert verglichen und zu der Region hinzugefügt, falls der Grauwert nur wenig abweicht (Differenz $<$ Tolerance). Regionen die zu klein sind (Fläche $<$ MinSize) werden unterdrückt.

Werden keine Startpunkte vorgegeben (leere Tupel), dann beginnt der Expansionsprozess bei dem ersten Bildpunkt (links oben) und wird nach jeder neu entstandenen Region mit dem ersten, bisher unbearbeiteten Bildpunkt, fortgesetzt.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int4
  Eingabebild.
- ▷ **Regions** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Segmentierte Regionen.
- ▷ **StartRows** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinaten der Startpunkte.
  Default: []
  Wertebereich: 0 ≤ StartRows
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **StartColumns** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinaten der Startpunkte.
  Default: []
  Wertebereich: 0 ≤ StartColumns
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **Tolerance** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Maximale Abweichung vom Mittelwert.
  Default: 5.0
  Wertevorschläge: Tolerance ∈ {0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0, 12.0, 15.0, 17.0, 20.0, 25.0, 30.0, 40.0}
  Restriktion: Tolerance > 0.0
- ▷ **MinSize** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Mindestgröße einer Region.
  Default: 100
  Wertevorschläge: MinSize ∈ {0, 10, 30, 50, 100, 500, 1000, 2000}
  Wertebereich: 0 ≤ MinSize
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 100

Ergebnis

regiongrowing_mean liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Für das Verhalten

bzgl. der Eingabebilder und Ausgaberegionen sind die Flags *'no_object_result'*, *'empty_region_result'* und *'store_empty_region'* einstellbar (siehe set_system). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

binomial_filter, gauss_filter, sigma_image, anisotropic_diffusion, median_image, mean_image

Nachfolger

select_shape, reduce_domain, opening, expand_region

Alternativen

regiongrowing, regiongrowing_n

Modul

Foundation

regiongrowing_n (MultiChannelImage : Regions : Metric, MinTolerance, MaxTolerance, MinSize :)

Ausführen eines Flächenwachstumsverfahrens für mehrkanalige Bilder.

regiongrowing_n führt ein mehrkanaliges Flächenwachstum durch. Die n Kanäle liefern in jedem Bildpunkt einen n-dimensionalen Merkmalsvektor. Benachbarte Punkte werden zu einer Ausgaberegion zusammengefasst, wenn die Differenz ihrer Merkmalsvektoren bezüglich der vorgegebenen Metrik im Intervall [MinTolerance, MaxTolerance] liegen. Untersucht werden direkte Nachbarn in der 4-er Nachbarschaft. Dabei stehen folgende Metriken zur Verfügung:

g_A bezeichne einen Grauwert im Vektor A, dem Merkmalsvektor in einem Punkt a, g_B die entsprechenden Grauwerte im Vektor B, dem Merkmalsvektor in einem Nachbarpunkt b. $g(d)$ ist der Grauwert mit Index d. $MinT$ steht für MinTolerance, $MaxT$ für MaxTolerance.

'1-norm': Betragssumme

$$MinT \leq \frac{1}{n} \sum |g_A - g_B| \leq MaxT$$

'2-norm': Euklidischer Abstand

$$MinT \leq \sqrt{\frac{\sum (g_A - g_B)^2}{n}} \leq MaxT$$

'3-norm': p - Norm mit p = 3

$$MinT \leq \sqrt[3]{\frac{\sum (g_A - g_B)^3}{n}} \leq MaxT$$

'4-norm': p - Norm mit p = 4

$$MinT \leq \sqrt[4]{\frac{\sum (g_A - g_B)^4}{n}} \leq MaxT$$

'n-norm': Minkowski-Distanz

$$MinT \leq \sqrt[n]{\frac{\sum (g_A - g_B)^n}{n}} \leq MaxT$$

'max-diff': Supremumsdistanz

$$MinT \leq \max \{|g_A - g_B|\} \leq MaxT$$

'min-diff': Infimumsdistanz

$$MinT \leq \min \{|g_A - g_B|\} \leq MaxT$$

'variance': Varianz der Grauwertdifferenzen

$$MinT \leq Var(g_A - g_B) \leq MaxT$$

'dot-product': Skalarprodukt

$$MinT \leq \frac{1}{n}\sqrt{\sum (g_A g_B)} \leq MaxT$$

'correlation': Korrelation

$$\begin{aligned} m_A &= \frac{1}{n}\sum g_A \\ Var_A &= \frac{1}{n}\sqrt{\sum (g_A - m_A)^2} \\ m_B &= \frac{1}{n}\sum g_B \\ Var_B &= \frac{1}{n}\sqrt{\sum (g_B - m_B)^2} \\ MinT &\leq \frac{1}{n^2}\sum \frac{(g_A - m_A)(g_B - m_B)}{(Var_A Var_B)} \leq MaxT \end{aligned}$$

'mean-diff': Differenz der arithmetischen Mittel

$$\begin{aligned} a &= \frac{1}{n}\sum g_A \\ b &= \frac{1}{n}\sum g_B \\ MinT &\leq |a - b| \leq MaxT \end{aligned}$$

'mean-ratio': Quotient der arithmetischen Mittel

$$\begin{aligned} a &= \frac{1}{n}\sum g_A \\ b &= \frac{1}{n}\sum g_B \\ MinT &\leq \min\left\{\frac{a}{b}, \frac{b}{a}\right\} \leq MaxT \end{aligned}$$

'length-diff': Differenz der Vektorlängen

$$\begin{aligned} a &= \sqrt{\frac{\sum g_A^2}{n}} \\ b &= \sqrt{\frac{\sum g_B^2}{n}} \\ MinT &\leq |a - b| \leq MaxT \end{aligned}$$

'length-ratio': Quotient der Vektorlängen

$$\begin{aligned} a &= \sqrt{\frac{\sum g_A^2}{n}} \\ b &= \sqrt{\frac{\sum g_B^2}{n}} \\ MinT &\leq \min\left\{\frac{a}{b}, \frac{b}{a}\right\} \leq MaxT \end{aligned}$$

'n-norm-ratio': Quotient der Vektorlängen bzgl. der p-Norm mit $p = n$

$$\begin{aligned} a &= \sqrt[n]{\frac{\sum g_A^n}{n}} \\ b &= \sqrt[n]{\frac{\sum g_B^n}{n}} \\ MinT &\leq \min\left\{\frac{a}{b}, \frac{b}{a}\right\} \leq MaxT \end{aligned}$$

'gray-max-diff': Differenz der Maxima

$$\begin{aligned} a &= \max\{|g_A|\} \\ b &= \max\{|g_B|\} \\ MinT &\leq |a - b| \leq MaxT \end{aligned}$$

'gray-max-ratio': Quotient der Maxima

$$\begin{aligned} a &= \max\{|g_A|\} \\ b &= \max\{|g_B|\} \\ MinT &\leq \min\left\{\frac{a}{b}, \frac{b}{a}\right\} \leq MaxT \end{aligned}$$

'gray-min-diff': Differenz der Minima

$$\begin{aligned} a &= \min\{|g_A|\} \\ b &= \min\{|g_B|\} \\ MinT &\leq |a - b| \leq MaxT \end{aligned}$$

'gray-min-ratio': Quotient der Minima

$$\begin{aligned} a &= \min\{|g_A|\} \\ b &= \min\{|g_B|\} \\ MinT &\leq \min\left\{\frac{a}{b}, \frac{b}{a}\right\} \leq MaxT \end{aligned}$$

'variance-diff': Differenz der Varianzen über allen Grauwerten (Kanälen)

$$MinT \leq |Var(g_A) - Var(g_B)| \leq MaxT$$

'variance-ratio': Quotient der Varianzen über allen Grauwerten (Kanälen)

$$MinT \leq \frac{Var(g_B)}{Var(g_A)} \leq MaxT$$

'mean-abs-diff': Differenz der Betragssummen über allen Grauwerten (Kanälen)

$$\begin{aligned} a &= \sum_{d,k,k<d} |g_A(d) - g_A(k)| \\ b &= \sum_{d,k,k<d} |g_B(d) - g_B(k)| \\ MinT &\leq \frac{|a - b|}{\text{Anzahl der Summen}} \leq MaxT \end{aligned}$$

'mean-abs-ratio': Quotient der Betragssummen über allen Grauwerten (Kanälen) (channels)

$$\begin{aligned} a &= \sum_{d,k,k<d} |g_A(d) - g_A(k)| \\ b &= \sum_{d,k,k<d} |g_B(d) - g_B(k)| \\ MinT &\leq \min\left\{\frac{a}{b}, \frac{b}{a}\right\} \leq MaxT \end{aligned}$$

'max-abs-diff': Differenz der maximalen Abstände der Komponenten

$$\begin{aligned} a &= \max\{g_A(d), g_A(k)\} \\ b &= \max\{g_B(d), g_B(k)\} \\ MinT &\leq |a - b| \leq MaxT \end{aligned}$$

'max-abs-ratio': Quotient der maximalen Abstände der Komponenten

$$\begin{aligned} a &= \max\{g_A(d), g_A(k)\} \\ b &= \max\{g_B(d), g_B(k)\} \\ MinT &\leq \min\left\{\frac{a}{b}, \frac{b}{a}\right\} \leq MaxT \end{aligned}$$

'min-abs-diff': Differenz der minimalen Abstände der Komponenten

$$\begin{aligned} a &= \min\{g_A(d), g_A(k)\}, k < d \\ b &= \min\{g_B(d), g_B(k)\}, k < d \\ MinT &\leq |a - b| \leq MaxT \end{aligned}$$

'min-abs-ratio': Quotient der minimalen Abstände der Komponenten

$$\begin{aligned} a &= \min\{g_A(d), g_A(k)\}, k < d \\ b &= \min\{g_B(d), g_B(k)\}, k < d \\ MinT &\leq \min\left\{\frac{a}{b}, \frac{b}{a}\right\} \leq MaxT \end{aligned}$$

'plane': Für alle d_1,$d_2 \in [1, n]$ muss gelten:

$$\begin{aligned} g_A(d_1) &> g_A(d_2) \Rightarrow g_B(d_1) > g_B(d_2) \\ g_A(d_1) &< g_A(d_2) \Rightarrow g_B(d_1) < g_B(d_2) \end{aligned}$$

Regionen mit einer Fläche geringer als `MinSize` werden unterdrückt.

Parameter

▷ **`MultiChannelImage`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
Eingabebild.

▷ **`Regions`** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Segmentierte Regionen.

▷ **`Metric`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Metrik für Distanz der Merkmalsvektoren.
Default: '2-norm'
Werteliste: `Metric` ∈ {'1-norm', '2-norm', '3-norm', '4-norm', 'n-norm', 'max-diff', 'min-diff', 'variance', 'dot-product', 'correlation', 'mean-diff', 'mean-ratio', 'length-diff', 'length-ratio', 'n-norm-ratio', 'gray-max-diff', 'gray-max-ratio', 'gray-min-diff', 'gray-min-ratio', 'variance-diff', 'variance-ratio', 'mean-abs-diff', 'mean-abs-ratio', 'max-abs-diff', 'max-abs-ratio', 'min-abs-diff', 'min-abs-ratio', 'plane'}

▷ **MinTolerance** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Untere Schwelle für den Merkmalsabstand.
Default: 0.0
Wertevorschläge: MinTolerance ∈ {0.0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0, 12.0, 14.0, 16.0, 18.0, 20.0, 25.0, 30.0}

▷ **MaxTolerance** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Obere Schwelle für den Merkmalsabstand.
Default: 20.0
Wertevorschläge: MaxTolerance ∈ {0.0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0, 12.0, 14.0, 16.0, 18.0, 20.0, 25.0, 30.0}

▷ **MinSize** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Mindestgröße der Ausgaberegionen.
Default: 30
Wertevorschläge: MinSize ∈ {1, 10, 25, 50, 100, 200, 500, 1000}
Wertebereich: 1 ≤ MinSize
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 5

Ergebnis

regiongrowing_n liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Für das Verhalten bzgl. der Eingabebilder und Ausgaberegionen sind die Flags *'no_object_result'*, *'empty_region_result'* und *'store_empty_region'* einstellbar (siehe set_system). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

compose2, compose3

Alternativen

class_2dim_sup, class_ndim_norm

Siehe auch

regiongrowing_mean

Modul

Foundation

24.2 Kanten

detect_edge_segments (Image : : SobelSize, MinAmplitude, MaxDistance, MinLength : BeginRow, BeginCol, EndRow, EndCol)

Detektion gerader Kantenstücke.

detect_edge_segments detektiert gerade Kantenstücke in einem Graustufenbild. Die gefundenen Kantensegmente werden als Strecken Linien) mit einem Anfangs-(BeginRow,BeginCol) und einem Endpunkt (EndRow,EndCol) zurückgeliefert. Die Kantendetektion basiert auf dem Sobelfilter (Variante *'sum_abs'*, Filtergröße, gemäß SobelSize). Auf dessen Filterantwort bezieht sich auch der Parameter MinAmplitude: Nur Pixel mit Intensität größer oder gleich MinAmplitude im gefilterten Eingangsbild werden als Kandidaten für Kantenpunkte verwendet. Die Rohkanten werden verdünnt und in gerade Teilstücke zerlegt. Aus technischen Gründen gehen dabei Kantenpunkte, in denen sich mehrere Kanten treffen, verloren. Somit liefert detect_edge_segments im allgemeinen keine geschlossenen Objektkonturen (bzw. lineare Approximationen daran). Der Parameter MaxDistance steuert die Zerlegung von Kanten in gerade Teilstücke. Er gibt die maximale Abweichung eines Kantenpunktes von der approximierenden Geraden an. Aus Laufzeitgründen wird dabei nicht der euklidische Abstand, sondern die Betragssumme der Koordinatendifferenzen verwendet. MinLength gibt die gewünschte Mindestlänge der Ausgabelinien an. Kürzere Linien werden unterdrückt.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
  Eingabebild.
- ▷ **SobelSize** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Filtergröße für Sobeloperator.
  Default: 5
  Werteliste: SobelSize ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13}
- ▷ **MinAmplitude** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Mindestamplitude für Kanten.
  Default: 32
  Wertevorschläge: MinAmplitude ∈ {10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 90, 100, 110}
  Wertebereich: 1 ≤ MinAmplitude ≤ 255
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **MaxDistance** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Maximale Abweichung der approximierenden Geraden von der ursprünglichen Kante.
  Default: 3
  Wertevorschläge: MaxDistance ∈ {2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}
  Wertebereich: 0 ≤ MaxDistance
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **MinLength** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Mindestlänge der Ausgabelinien.
  Default: 10
  Wertevorschläge: MinLength ∈ {3, 5, 7, 9, 11, 13, 16, 20}
  Wertebereich: 1 ≤ MinLength
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **BeginRow** (output_control) ..... line.begin.y-array ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinaten der Anfangspunkte der Ausgabelinien.
- ▷ **BeginCol** (output_control) ..... line.begin.x-array ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinaten der Anfangspunkte der Ausgabelinien.
- ▷ **EndRow** (output_control) ..... line.end.y-array ⇝ *integer*
  Zeilenkoordinaten der Endpunkte der Ausgabelinien.
- ▷ **EndCol** (output_control) ..... line.end.x-array ⇝ *integer*
  Spaltenkoordinaten der Endpunkte der Ausgabelinien.

Beispiel

```
Htuple  SobelSize,MinAmplitude,MaxDistance,MinLength;
Htuple  RowBegin,ColBegin,RowEnd,ColEnd;

create_tuple(&SobelSize,1);
set_i(SobelSize,5,0);
create_tuple(&MinAmplitude,1);
set_i(MinAmplitude,32,0);
create_tuple(&MaxDistance,1);
set_i(MaxDistance,3,0);
create_tuple(&MinLength,1);
set_i(MinLength,10,0);
T_detect_edge_segments(Image,SobelSize,MinAmplitude,MaxDistance,MinLength,
                &RowBegin,&ColBegin,&RowEnd,&ColEnd);
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert detect_edge_segments den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`sigma_image`, `median_image`

Nachfolger

`partition_lines`, `line_position`, `line_orientation`

Alternativen

`sobel_amp`, `threshold`, `skeleton`

Modul

Foundation

hysteresis_threshold (Image : RegionHysteresis : Low, High, MaxLength :)

Segmentieren von Bildern mittels Hysterese-Schwellenwertoperation.

`hysteresis_threshold` führt eine Schwellenwertoperation mit Hysterese (nach Canny) durch. Dabei werden alle Punkte im Eingabebild `Image` größer oder gleich der oberen Schwelle `High` sofort in die Ausgaberegion(en) übernommen („sichere“ Punkte). Umgekehrt werden alle Punkte mit Grauwerten echt kleiner als die untere Schwelle `Low` zurückgewiesen. „Potentielle“ Punkte mit Grauwerten zwischen den beiden Schwellen schließlich werden dann übernommen, wenn sie durch einen Pfad mit maximaler Länge `MaxLength` von „potentiellen“ Punkten mit einem „sicheren“ Punkt verbunden sind. Die „sicheren“ Punkte strahlen also auf ihre Umgebung aus, sie „wirken nach“ (Hysterese).

Achtung

Bei Bildern vom Typ byte, uint2 oder int4 muss die untere Schwelle `Low` > 0 sein.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / int4 / real
  Eingabebild.
- ▷ **RegionHysteresis** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  segmentierte Region.
- ▷ **Low** (input_control) ..... number ⇝ *integer* / real
  Untere Schwelle für die Grauwerte.
  Default: 30
  Wertevorschläge: `Low` ∈ {5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100}
- ▷ **High** (input_control) ..... number ⇝ *integer* / real
  Obere Schwelle für die Grauwerte.
  Default: 60
  Wertevorschläge: `High` ∈ {5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130}
  Restriktion: High >= Low
- ▷ **MaxLength** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Maximale Länge eines Pfades „potentieller“ Punkte zu einem „sicheren“ Punkt hin.
  Default: 10
  Wertevorschläge: `MaxLength` ∈ {1, 2, 3, 5, 7, 10, 12, 14, 17, 20, 25, 30, 35, 40, 50}
  Wertebereich: 1 ≤ MaxLength
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 5

Ergebnis

`hysteresis_threshold` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Für das Verhalten bzgl. der Eingabebilder und Ausgaberegionen sind die Flags *'no_object_result'*, *'empty_region_result'* und *'store_empty_region'* einstellbar (siehe `set_system`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

`dyn_threshold`, `threshold`, `class_2dim_sup`, `fast_threshold`

Siehe auch

`edges_image`, `sobel_dir`, `background_seg`

Literatur

J. Canny, „Finding Edges and Lines in Images“; Report, AI-TR-720, M.I.T. Artificial Intelligence Lab., Cambridge, MA, 1983.

Modul

Foundation

nonmax_suppression_amp (ImgAmp : ImageResult : Mode :)

Unterdrücken von nicht maximalen Punkten auf einer Kante.

`nonmax_suppression_amp` unterdrückt Punkte aus dem Definitionsbereich von `ImgAmp`, deren Grauwerte keine (gerichteten) Maxima sind. Im Gegensatz zu `nonmax_suppression_dir` wird dabei kein explizites Richtungsbild benötigt. Es stehen zwei Modi zur Verfügung:

'hvnms' Ein Punkt gilt hier als Maximum, wenn sein Grauwert entweder horizontal oder vertikal in einem Suchbereich von $\pm$ 5 Pixeln größer oder gleich den Grauwerten seiner Nachbarpunkte ist. Nicht-Maximum Punkte werden aus der Region entfernt, die Grauwerte bleiben unverändert.

'loc_max' Ein Punkt gilt hier als Maximum, wenn sein Grauwert größer oder gleich den Grauwerten seiner acht Nachbarpunkte ist.

Parameter

▷ **ImgAmp** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Amplitudenbild.

▷ **ImageResult** (output_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Bild mit verdünnten Kantenregionen.

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Horizontale/vertikale NMS oder ungerichtete NMS.
Default: 'hvnms'
Werteliste: `Mode` ∈ {'hvnms', 'loc_max'}

Ergebnis

`nonmax_suppression_amp` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Für das Verhalten bzgl. der Eingabebilder und Ausgaberegionen sind die Flags *'no_object_result'*, *'empty_region_result'* und *'store_empty_region'* einstellbar (siehe `set_system`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

sobel_amp

Nachfolger

threshold, hysteresis_threshold

Alternativen

local_max, nonmax_suppression_dir

Siehe auch

skeleton

Literatur

S.Lanser: „Detektion von Stufenkanten mittels rekursiver Filter nach Deriche“; Diplomarbeit; Technische Universität München, Institut für Informatik, Lehrstuhl Prof. Radig; 1991.

J.Canny: „Finding Edges and Lines in Images“; Report, AI-TR-720; M.I.T. Artificial Intelligence Lab., Cambridge, MA; 1983.

Modul

Foundation

nonmax_suppression_dir (ImgAmp, ImgDir : ImageResult : Mode :)

Unterdrücken von nicht maximalen Punkten auf einer Kante unter Verwendung eines Richtungsbildes.

nonmax_suppression_dir unterdrückt Punkte aus den Bildregionen von ImgAmp, deren Grauwerte keine (gerichteten) Maxima sind. ImgDir ist dabei ein Richtungsbild (Einheit: 2 Grad, d.h. 50 Grad sind z.B. mit Wert 25 codiert), wie es z.B. von edges_image geliefert wird. Es stehen zwei Modi zur Verfügung:

'nms' Für jeden Bildpunkt wird getestet, ob sein Grauwert senkrecht zu seiner Richtung maximal ist. Im Modus *'nms'* werden dazu nur die beiden der Senkrechten am nächsten liegenden Nachbarpunkte für die Entscheidung herangezogen. Ist der Grauwert eines dieser Nachbarn echt größer als der Grauwert des zu testenden Punktes, wird dieser unterdrückt (d.h. aus der Region entfernt, die Grauwerte bleiben unverändert).

'inms' Wie *'nms'*, die beiden benötigten Vergleichswerte werden jedoch durch Interpolation der Grauwerte von vier Nachbarpunkten gewonnen.

Parameter

- ▷ **ImgAmp** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Amplitudenbild.
- ▷ **ImgDir** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* direction
  Richtungsbild.
- ▷ **ImageResult** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Bild mit verdünnten Kantenregionen.
- ▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Non-Maximum Suppression, interpolierende NMS.
  Default: 'nms'
  Werteliste: Mode ∈ {'nms', 'inms'}

Ergebnis

nonmax_suppression_dir liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Für das Verhalten bzgl. der Eingabebilder und Ausgaberegionen sind die Flags *'no_object_result'*, *'empty_region_result'* und *'store_empty_region'* einstellbar (siehe set_system). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

edges_image, sobel_dir, frei_dir

Nachfolger

threshold, hysteresis_threshold

Alternativen

nonmax_suppression_amp

Siehe auch

skeleton

Literatur

S.Lanser: „Detektion von Stufenkanten mittels rekursiver Filter nach Deriche“; Diplomarbeit; Technische Universität München, Institut für Informatik, Lehrstuhl Prof. Radig; 1991.

J.Canny: „Finding Edges and Lines in Images“; Report, AI-TR-720; M.I.T. Artificial Intelligence Lab., Cambridge; 1983.

Modul

Foundation

24.3 Klassifikation

add_samples_image_class_gmm (Image, ClassRegions : : GMMHandle, Randomize :)

Hinzufügen von Trainingsmustern aus einem Bild zu den Trainingsdaten eines Gaußschem Mischverteilungsmodell.

add_samples_image_class_gmm fügt Trainingsmuster aus dem Bild Image zu dem durch GMMHandle gegebenen Gaußsches Mischverteilungsmodell (GMM) hinzu. add_samples_image_class_gmm wird dazu verwendet, die Trainingsmuster bereitzustellen, um einen Klassifikator zur Pixelklassifikation von mehrkanaligen Bildern mit classify_image_class_gmm zu trainieren. Die Funktionsweise von add_samples_image_class_gmm ist analog zu add_sample_class_gmm. Das Bild Image muss so viele Kanäle besitzen, wie mit NumDim in create_class_gmm festgelegt worden ist. In ClassRegions werden die Trainingsgebiete für die NumClasses Pixelklassen angegeben. ClassRegions muss also ein Tupel mit NumClasses Regionen beinhalten. Die Reihenfolge der Regionen in ClassRegions legt die Klassen der Pixel fest. Falls in Image eine zu trainierende Klasse nicht vorkommt, muss an der entsprechenden Stelle des Tupels eine leere Region übergeben werden. Durch diesen Mechanismus können mehrere Bilder verwendet werden, um mit mehrmaligem Aufruf von add_samples_image_class_gmm Trainingsmuster für alle relevanten Pixelklassen bereitzustellen. Die Regionen in ClassRegions sollten repräsentative Trainingsmuster für die jeweiligen Klassen enthalten. Sie brauchen deshalb das Eingabebild nicht zu überdecken. Die Regionen in ClassRegions sollten sich nicht überlappen, da dies dazu führen würde, dass in den Trainingsdaten die Merkmalsvektoren in den Überlappungsbereichen mehreren Klassen zugeordnet wären, was zu einer schlechteren Klassifikationsleistung führen kann. Ganzzahlige Bilddaten können ungeeignet für eine Modellierung mit GMMs sein. Randomize kann verwendet werden, um dieses Problem zu umgehen. Dies ist im Detail bei add_sample_class_gmm erklärt.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / cyclic / direction / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Trainingsbild.

▷ **ClassRegions** (input_object) ..... region-array ⇝ *object*
Regionen der zu trainierenden Klassen.

▷ **GMMHandle** (input_control) ..... class_gmm ⇝ *handle*
Handle des GMM.

▷ **Randomize** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Standardabweichung des Gaußschen Rauschens, das zu den Trainingsdaten hinzugefügt wird.
Default: 0.0
Wertevorschläge: Randomize ∈ {0.0, 1.5, 2.0}
Restriktion: Randomize >= 0.0

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `add_samples_image_class_gmm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- GMMHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_class_gmm`

Nachfolger

`train_class_gmm`, `write_samples_class_gmm`

Alternativen

`read_samples_class_gmm`

Siehe auch

`classify_image_class_gmm`, `add_sample_class_gmm`, `clear_samples_class_gmm`, `get_sample_num_class_gmm`, `get_sample_class_gmm`

Modul

Foundation

add_samples_image_class_knn (Image, ClassRegions : : KNNHandle :)

Hinzufügen von Trainingsmustern aus einem Bild zu den Trainingsdaten eines k-Nearest-Neighbor-Klassifikators.

`add_samples_image_class_knn` fügt Trainingsmuster aus dem Bild `Image` zu dem durch `KNNHandle` gegebenen k-Nearest-Neighbor-Klassifikator (k-NN) hinzu. `add_samples_image_class_knn` wird dazu verwendet, die Trainingsmuster bereitzustellen, um einen Klassifikator zur Pixelklassifikation von mehrkanaligen Bildern mit `classify_image_class_knn` zu trainieren. Die Funktionsweise von `add_samples_image_class_knn` ist analog zu `add_sample_class_knn`. Da der k-NN hier aber immer zur Klassifikation verwendet wird, muss bei `create_class_knn` die korrekte Anzahl an Kanälen angegeben worden sein. Das Bild `Image` muss so viele Kanäle besitzen, wie mit `NumDim` in `create_class_knn` festgelegt worden ist. In `ClassRegions` werden die Trainingsgebiete für die Pixelklassen angegeben. `ClassRegions` muss also ein Tupel mit mindestens 2 Regionen beinhalten. Die Reihenfolge der Regionen in `ClassRegions` legt die Klassen der Pixel fest. Falls in `Image` eine zu trainierende Klasse nicht vorkommt, muss an der entsprechenden Stelle des Tupels eine leere Region übergeben werden. Durch diesen Mechanismus können mehrere Bilder verwendet werden, um mit mehrmaligem Aufruf von `add_samples_image_class_knn` Trainingsmuster für alle relevanten Pixelklassen bereitzustellen. Die Regionen in `ClassRegions` sollten repräsentative Trainingsmuster für die jeweiligen Klassen enthalten. Sie brauchen deshalb das Eingabebild nicht zu überdecken. Die Regionen in `ClassRegions` sollten sich nicht überlappen, da dies dazu führen würde, dass in den Trainingsdaten die Merkmalsvektoren in den Überlappungsbereichen mehreren Klassen zugeordnet wären, was zu einer langsameren Konvergenz des Trainings und einer schlechteren Klassifikationsleistung führen kann.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / cyclic / direction / int1 / int2 / uint2 / int4 / real

Trainingsbild.

▷ **ClassRegions** (input_object) . . . . . region-array ⇝ *object*

Regionen der zu trainierenden Klassen.

▷ **KNNHandle** (input_control) . . . . . class_knn ⇝ *handle*
Handle des k-NN-Klassifikators.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `add_samples_image_class_knn` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- KNNHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_class_knn`

Nachfolger

`train_class_knn`

Alternativen

`add_sample_class_knn`

Siehe auch

`classify_image_class_knn`, `add_sample_class_knn`, `add_samples_image_class_svm`

Modul

Foundation

add_samples_image_class_mlp (Image, ClassRegions : : MLPHandle :)

Hinzufügen von Trainingsmustern aus einem Bild zu den Trainingsdaten eines mehrschichtigen Perzeptrons.

`add_samples_image_class_mlp` fügt Trainingsmuster aus dem Bild `Image` zu dem durch `MLPHandle` gegebenen mehrschichtigen Perzeptron (MLP) hinzu. `add_samples_image_class_mlp` wird dazu verwendet, die Trainingsmuster bereitzustellen, um einen Klassifikator zur Pixelklassifikation von mehrkanaligen Bildern mit `classify_image_class_mlp` zu trainieren. Die Funktionsweise von `add_samples_image_class_mlp` ist analog zu `add_sample_class_mlp`. Da das MLP hier aber immer zur Klassifikation verwendet wird, muss bei `create_class_mlp` `OutputFunction` = *'softmax'* angegeben werden. Das Bild `Image` muss so viele Kanäle besitzen, wie mit `NumInput` in `create_class_mlp` festgelegt worden ist. In `ClassRegions` werden die Trainingsgebiete für die `NumOutput` Pixelklassen angegeben. `ClassRegions` muss also ein Tupel mit `NumOutput` Regionen beinhalten. Die Reihenfolge der Regionen in `ClassRegions` legt die Klassen der Pixel fest. Falls in `Image` eine zu trainierende Klasse nicht vorkommt, muss an der entsprechenden Stelle des Tupels eine leere Region übergeben werden. Durch diesen Mechanismus können mehrere Bilder verwendet werden, um mit mehrmaligem Aufruf von `add_samples_image_class_mlp` Trainingsmuster für alle relevanten Pixelklassen bereitzustellen. Die Regionen in `ClassRegions` sollten repräsentative Trainingsmuster für die jeweiligen Klassen enthalten. Sie brauchen deshalb das Eingabebild nicht zu überdecken. Die Regionen in `ClassRegions` sollten sich nicht überlappen, da dies dazu führen würde, dass in den Trainingsdaten die Merkmalsvektoren in den Überlappungsbereichen mehreren Klassen zugeordnet wären, was zu einer langsameren Konvergenz des Trainings und einer schlechteren Klassifikationsleistung führen kann.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image ⇝ *object* : byte / cyclic / direction / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Trainingsbild.

▷ **ClassRegions** (input_object) . . . . . region-array ⇝ *object*
Regionen der zu trainierenden Klassen.

▷ **MLPHandle** (input_control) . . . . . class_mlp ⇝ *handle*
Handle des MLP.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `add_samples_image_class_mlp` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MLPHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_class_mlp`

Nachfolger

`train_class_mlp`, `write_samples_class_mlp`

Alternativen

`read_samples_class_mlp`

Siehe auch

`classify_image_class_mlp`, `add_sample_class_mlp`, `clear_samples_class_mlp`, `get_sample_num_class_mlp`, `get_sample_class_mlp`, `add_samples_image_class_svm`

Modul

Foundation

add_samples_image_class_svm (Image, ClassRegions : : SVMHandle :)

Hinzufügen von Trainingsmustern aus einem Bild zu den Trainingsdaten einer Support-Vektor-Maschine.

`add_samples_image_class_svm` fügt Trainingsmuster aus dem Bild `Image` zu der durch `SVMHandle` gegebenen Support-Vektor-Maschine (SVM) hinzu. `add_samples_image_class_svm` wird dazu verwendet, die Trainingsmuster bereitzustellen, um einen Klassifikator zur Pixelklassifikation von mehrkanaligen Bildern mit `classify_image_class_svm` zu trainieren. Die Funktionsweise von `add_samples_image_class_svm` ist analog zu `add_sample_class_svm`.

Das Bild `Image` muss so viele Kanäle besitzen, wie mit `NumFeatures` in `create_class_svm` festgelegt worden ist. In `ClassRegions` werden die Trainingsgebiete für die `NumClasses` Pixelklassen angegeben. `ClassRegions` muss also ein Tupel mit `NumClasses` Regionen beinhalten. Die Reihenfolge der Regionen in `ClassRegions` legt die Klassen der Pixel fest. Falls in `Image` eine zu trainierende Klasse nicht vorkommt, muss an der entsprechenden Stelle des Tupels eine leere Region übergeben werden. Durch diesen Mechanismus können mehrere Bilder verwendet werden, um mit mehrmaligem Aufruf von `add_samples_image_class_svm` Trainingsmuster für alle relevanten Pixelklassen bereitzustellen.

Die Regionen in `ClassRegions` sollten repräsentative Trainingsmuster für die jeweiligen Klassen enthalten. Sie brauchen deshalb das Eingabebild nicht zu überdecken. Die Regionen in `ClassRegions` sollten sich nicht überlappen, da dies dazu führen würde, dass in den Trainingsdaten die Merkmalsvektoren in den Überlappungsbereichen mehreren Klassen zugeordnet wären, was zu einer langsameren Konvergenz des Trainings und einer schlechteren Klassifikationsleistung führen kann.

Eine weitere Anwendung ist die automatische Detektion von Abweichungen in Farben bzw. Texturen. Hierbei wird die SVM, die in dem Modus *'novelty-detection'* erzeugt wurde, eine korrekte Trainingsmenge übergeben (z.B. Regionen mit Hautpartien für Hautdetektion oder die in dem Fertigungsprozess als korrekt definierten Texturbeispiele). Anschließend können mit `classify_image_class_svm` abweichende Regionen detektiert werden (z.B. Nicht-Haut Regionen oder Fehler in Texturen).

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / cyclic / direction / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Trainingsbild.

▷ **ClassRegions** (input_object) ..... region-array ⇝ *object*
Regionen der zu trainierenden Klassen.

▷ **SVMHandle** (input_control) ..... class_svm ⇝ *handle*
Handle der SVM.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `add_samples_image_class_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SVMHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_class_svm`

Nachfolger

`train_class_svm`, `write_samples_class_svm`

Alternativen

`read_samples_class_svm`

Siehe auch

`classify_image_class_svm`, `add_sample_class_svm`, `clear_samples_class_svm`, `get_sample_num_class_svm`, `get_sample_class_svm`, `add_samples_image_class_mlp`

Modul

Foundation

class_2dim_sup (ImageCol, ImageRow, FeatureSpace : RegionClass2Dim : :)

Segmentieren durch 2-dimensionale Pixelklassifikation.

`class_2dim_sup` klassifiziert Bildpunkte mit Hilfe von zweikanaligen Bildern und einem zweidimensionalen Merkmalsraum. Für jeden Bildpunkt werden zwei Grauwerte (aus jedem Bild einer) als Merkmale verwendet. Der Merkmalsraum wird durch eine Region repräsentiert. Die Klassifikation wird wie folgt durchgeführt:

Ein Bildpunkt aus der Eingaberegion wird genau dann übernommen, wenn der Punkt (g_r, g_c), der durch die Grauwerte festgelegt wird, in der Region `FeatureSpace` enthalten ist. Dabei ist g_r ein Grauwert aus dem Bild `ImageRow` und g_c ein Grauwert aus dem Bild `ImageCol`.

Sei P ein Bildpunkt mit den Koordinaten $P = (R, C)$, g_r der Grauwert an der Position (R, C) in dem Bild `ImageRow` und g_c der Grauwert an der Position (R, C) in dem Bild `ImageCol`. Dann wird er in die Ergebnisregion (`RegionClass2Dim`) übernommen, falls:

$$(g_r, g_c) \in \texttt{FeatureSpace}$$

g_r wird also als Zeilen- und g_c als Spaltenkoordinate interpretiert.

Für die Erzeugung von FeatureSpace siehe histo_2dim. Der Merkmalsraum kann vor der Anwendung von class_2dim_sup noch mit Regionentransformationen wie rank_region, dilation1, shape_trans, elliptic_axis, etc. bearbeitet werden.

Die Parameter ImageCol und ImageRow müssen gleich viele Bilder mit jeweils gleicher Größe enthalten. Die Bildpunkte werden aus dem Durchschnitt der beiden Definitionsbereiche entnommen (siehe reduce_domain).

Parameter

- ▷ **ImageCol** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1
  Bild mit Grauwerten für ersten Kanal.
- ▷ **ImageRow** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1
  Bild mit Grauwerten für zweiten Kanal.
- ▷ **FeatureSpace** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Region, die den Merkmalsraum festlegt.
- ▷ **RegionClass2Dim** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen, die das Klassifikationskriterium erfüllen.

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"
using namespace Halcon;

int main (int argc, char *argv[])
{
  if (argc != 2)
  {
    cout << "Usage : " << argv[0] << " 'image' " << endl;
    return (-1);
  }

  HRegion   feats, cd2reg;
  HImage    image (argv[1]),
            text1, text2,
            mean1, mean2,
            histo;

  HWindow   win;
  Hlong      nc;

  if ((nc = image.CountChannels ()) != 3)
  {
    cout << argv[1] << " is not a rgb-image " << endl;
    return (-2);
  }

  image.Display (win);

  win.SetColor ("green");
  cout << "Draw the region of interrest " << endl;

  HRegion  region = win.DrawRegion ();

  text1 = image.TextureLaws ("el", 2, 5);
  mean1 = text1.MeanImage (21, 21);
  text2 = mean1.TextureLaws ("es", 2, 5);
  mean2 = text2.MeanImage (21, 21);
```

```
  histo = region.Histo2dim (mean1, mean2);
  feats = histo.Threshold (1.0, 1000000.0);

  win.SetDraw ("fill");
  win.SetColor ("red");

  feats.Display (win);

  cout << "Charakteristics area in red" << endl;

  cd2reg = mean1.Class2dimSup (mean2, feats);

  win.SetColor ("blue");
  cd2reg.Display (win);

  cout << "Result of classification in blue " << endl;
  win.Click ();
  return (0);
}
```

Komplexität

Sei A die Fläche der Eingaberegion dann ist die Laufzeitkomplexität $O(256^2 + A)$.

Ergebnis

`class_2dim_sup` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Falls alle Parameter korrekt sind für das Verhalten bzgl. der Eingabebilder und Ausgaberegionen sind die Flags *'no_object_result'*, *'empty_region_result'* und *'store_empty_region'* einstellbar (siehe `set_system`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`histo_2dim`, `threshold`, `draw_region`, `dilation1`, `opening`, `shape_trans`

Nachfolger

`connection`, `select_shape`, `select_gray`

Alternativen

`class_ndim_norm`, `threshold`

Siehe auch

`histo_2dim`

Modul

Foundation

class_2dim_unsup (Image1, Image2 : Classes : Threshold, NumClasses :)

Segmentieren zweier Bilder mittels Clustering.

`class_2dim_unsup` führt eine Klassifikation mit zwei einkanaligen Bildern durch. Als erstes wird ein zweidimensionales Histogramm über die zwei gegebenen Bilder aufgestellt (`histo_2dim`). In diesem zweidimensionalen Histogramm wird das erste Maximum gesucht. Es stellt das erste Clusterzentrum dar. Das Histogramm wird mit den Bildpunkten berechnet, die in beiden Bildern definiert sind (siehe `reduce_domain`). Danach werden im Bild alle Pixel gesucht, die sich höchstens um `Threshold` von den Grauwerten der des Clusterzentrums unterscheiden (Maximalabstand vom Zentrum). Die gefundenen Pixel bilden eine Region. Anschließend werden die

zu den gefundenen Pixel gehörenden Punkte im Histogramm gelöscht, damit sie bei der nächsten Klassenbildung nicht mehr berücksichtigt werden müssen. In diesem modifizierten Histogramm wird wiederum das Maximum gesucht; es bildet das neue Clusterzentrum. Die obigen genannten Schritte werden wiederholt. Insgesamt werden die Schritte `NumClasses`-mal, wiederholt; es ergeben sich also `NumClasses`-Ausgaberegionen. Es werden nur Punkte ausgegeben, die in beiden Bildern definiert sind.

Achtung

Die beiden Eingabebilder müssen die gleiche Größe haben.

Parameter

- ▷ **`Image1`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte
  Erstes Eingabebild.
- ▷ **`Image2`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte
  Zweites Eingabebild.
- ▷ **`Classes`** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Ergebnis der Klassifikation.
- ▷ **`Threshold`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Schwellenwert (maximaler Abstand vom Clusterzentrum).
  Default: 15
  Wertevorschläge: `Threshold` ∈ {0, 2, 5, 8, 12, 17, 20, 30, 50, 70}
- ▷ **`NumClasses`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Klassen (Clusterzentren).
  Default: 5
  Wertevorschläge: `NumClasses` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 20, 30, 40, 50}

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"
using namespace Halcon;

int main (int argc, char *argv[])
{
  if (argc != 2)
  {
    cout << "Usage : " << argv[0] << " 'image' " << endl;
    return (-1);
  }

  HImage   colimg (argv[1]),
           green, blue;

  HWindow  w;
  Hlong     nc;

  if ((nc = colimg.CountChannels ()) != 3)
  {
    cout << argv[1] << " is not a rgb-image " << endl;
    return (-2);
  }

  colimg.Display (w);

  HImage        red = colimg.Decompose3 (&green, &blue);
  HRegionArray  seg = red.Class2dimUnsup (green, 15, 5);

  w.SetDraw ("margin");
```

```
  w.SetColored (12);
  seg.Display (w);
  w.Click ();

  return (0);
}
```

Ergebnis

`class_2dim_unsup` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Für das Verhalten bzgl. der Eingabebilder und Ausgaberegionen sind die Flags *'no_object_result'*, *'empty_region_result'* und *'store_empty_region'* einstellbar (siehe `set_system`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`decompose2`, `decompose3`, `median_image`, `anisotropic_diffusion`, `reduce_domain`

Nachfolger

`select_shape`, `select_gray`, `connection`

Alternativen

`threshold`, `histo_2dim`, `class_2dim_sup`, `class_ndim_norm`

Modul

Foundation

`class_ndim_norm` (`MultiChannelImage` : `Regions` : `Metric`, `SingleMultiple`, `Radius`, `Center` :)

Ausführen einer Pixelklassifikation mit Hyperkugeln oder Hyperwürfeln.

`class_ndim_norm` klassifiziert die Pixel der in `MultiChannelImage` enthaltenen Bilder. Als Ergebnis werden in `Regions` für jedes Klassifizierungsobjekt eine (oder mehrere) Region(en) ausgegeben (s.u.). Die verwendete Metrik (*'euclid'* oder *'maximum'*) wird mit `Metric` festgelegt. Es ist darauf zu achten, dass dieser Parameter genauso wie bei `learn_ndim_norm` besetzt wird. Mit `SingleMultiple` wird festgelegt, ob als Ergebnis (in `Regions`) eine Region (*'single'*) oder für jedes Cluster eine eigene Region (*'multiple'*) erzeugt werden soll. Der Parameter `Radius` gibt die Clusterradien bzw. die halbe Clusterkantenlänge an. `Center` enthält die Koordinaten aller Clusterzentren.

Parameter

- ▷ **`MultiChannelImage`** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
  Mehrkanaliges Eingabebild.
- ▷ **`Regions`** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Ergebnis der Klassifikation.
- ▷ **`Metric`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Verwendete Metrik.
  Default: 'euclid'
  Werteliste: `Metric` ∈ {'euclid', 'maximum'}
- ▷ **`SingleMultiple`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Als Ergebnis eine Region oder für jeden Cluster eine eigene Region.
  Default: 'single'
  Werteliste: `SingleMultiple` ∈ {'single', 'multiple'}
- ▷ **`Radius`** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Clusterradien bzw. halbe Clusterkantenlängen (von `learn_ndim_norm` geliefert).
- ▷ **`Center`** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Koordinaten aller Clusterzentren (von `learn_ndim_norm` geliefert).

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"
using namespace Halcon;

int main ()
{
  HImage   image ("meer"),
           t1, t2, t3,
           m1, m2, m3, m;

  HWindow  w;

  w.SetColor ("green");
  image.Display (w);

  cout << "Draw your region of interest " << endl;

  HRegion testreg = w.DrawRegion ();

  t1 = image.TextureLaws ("el", 2, 5);     m1 = t1.MeanImage (21, 21);
  t2 = image.TextureLaws ("es", 2, 5);     m2 = t2.MeanImage (21, 21);
  t3 = image.TextureLaws ("le", 2, 5);     m3 = t3.MeanImage (21, 21);

  m  = m1.Compose3 (m2, m3);

  Tuple Metric = "euclid";
  Tuple Radius = 20.0;
  Tuple MinNum = 5;
  Tuple NbrCha = 3;

  HRegion empty;
  Tuple cen, t;

  Radius = testreg.LearnNdimNorm (empty, m, Metric, Radius,
                                  MinNum, NbrCha, &cen, &t);
  Tuple RegMod = "multiple";

  HRegionArray reg = m.ClassNdimNorm (Metric, RegMod, Radius, cen, NbrCha);

  w.SetColored (12);
  reg.Display (w);
  cout << "Result of classification" << endl;
  return (0);
}
```

Komplexität

Sei N die Anzahl der Cluster (= Länge der Tupel Radius und Center) und A die Fläche der Eingaberegion(en), dann ist die Laufzeitkomplexität $O(N, A)$.

Ergebnis

`class_ndim_norm` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Für das Verhalten bzgl. der Eingabebilder und Ausgaberegionen sind die Flags *'no_object_result'*, *'empty_region_result'* und *'store_empty_region'* einstellbar (siehe `set_system`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

learn_ndim_norm, compose2, compose3, compose4, compose5, compose6, compose7

Nachfolger

connection, select_shape, reduce_domain, select_gray

Alternativen

class_2dim_sup, class_2dim_unsup

Modul

Foundation

classify_image_class_gmm (Image : ClassRegions : GMMHandle, RejectionThreshold :)

Klassifizieren eines Bildes durch ein Gaußsches Mischverteilungsmodell.

classify_image_class_gmm führt auf dem mehrkanaligen Bild Image eine Pixelklassifikation mit dem Gaußsches Mischverteilungsmodell (GMM) GMMHandle durch. Das GMM muss vor der Verwendung von classify_image_class_gmm mit train_class_gmm trainiert werden. Image muss die bei create_class_gmm mit NumDim spezifizierte Anzahl von Kanälen besitzen. Als Ausgabe werden in ClassRegions NumClasses Regionen als Ergebnis der Pixelklassifikation zurückgegeben. Die Reihenfolge der Regionen in ClassRegions entspricht dabei der Reihenfolge der Klassen, wie sie durch die Trainingsregionen in add_samples_image_class_gmm definiert wurde. Der Parameter RejectionThreshold erlaubt die Zurückweisung von zu unsicher klassifizierten Pixeln. Er stellt einen Schwellenwert auf dem von der Klassifikation zurückgelieferten K-Sigma-Wahrscheinlichkeitsmaß dar (siehe classify_class_gmm und evaluate_class_gmm). Alle Pixel mit einer Wahrscheinlichkeit unterhalb von RejectionThreshold werden keiner Klasse zugeordnet.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / cyclic / direction / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Eingabebild.

▷ **ClassRegions** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Segmentierte Klassen.

▷ **GMMHandle** (input_control) ..... class_gmm ⇝ *handle*
Handle des GMM.

▷ **RejectionThreshold** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Schwellenwert für die Rückweisung der Klassifikation.
Default: 0.5
Wertevorschläge: RejectionThreshold ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: RejectionThreshold >= 0.0 && RejectionThreshold <= 1.0

Beispiel

```
read_image (Image, 'ic')
gen_rectangle1 (Board, 80, 320, 110, 350)
gen_rectangle1 (Capacitor, 359, 263, 371, 302)
gen_rectangle1 (Resistor, 200, 252, 290, 256)
gen_rectangle1 (IC, 180, 135, 216, 165)
concat_obj (Board, Capacitor, Classes)
concat_obj (Classes, Resistor, Classes)
concat_obj (Classes, IC, Classes)
create_class_gmm (3, 4, [1,30], 'full', 'none',0, 42, GMMHandle)
add_samples_image_class_gmm (Image, Classes, GMMHandle, 1.5)
get_sample_num_class_gmm (GMMHandle, NumSamples)
```

```
train_class_gmm (GMMHandle, 150, 1e-4, 'training', 1e-4, Centers, Iter)
classify_image_class_gmm (Image, ClassRegions, GMMHandle, 0.0001)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `classify_image_class_gmm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`train_class_gmm`, `read_class_gmm`

Alternativen

`classify_image_class_knn`, `classify_image_class_mlp`, `classify_image_class_svm`, `classify_image_class_lut`, `class_ndim_norm`, `class_2dim_sup`

Siehe auch

`add_samples_image_class_gmm`, `create_class_gmm`

Modul

Foundation

classify_image_class_knn (Image : ClassRegions, DistanceImage : KNNHandle, RejectionThreshold :)

Klassifizieren eines Bildes durch einen k-NN-Klassifikator

`classify_image_class_knn` führt auf dem mehrkanaligen Bild `Image` eine Pixelklassifikation mit dem k-NN-Klassifikator `KNNHandle` durch. Der k-NN muss vor der Verwendung von `classify_image_class_knn` mit `train_class_knn` trainiert werden. `Image` muss die bei `create_class_knn` mit `NumInput` spezifizierte Anzahl von Kanälen besitzen. Als Ausgabe werden in `ClassRegions` `NumClasses` Regionen als Ergebnis der Pixelklassifikation zurückgegeben. Die Reihenfolge der Regionen in `ClassRegions` entspricht dabei der Reihenfolge der Klassen, wie sie durch die Trainingsregionen in `add_samples_image_class_knn` definiert wurde. Der Parameter `RejectionThreshold` erlaubt die Zurückweisung von zu unsicher klassifizierten Pixeln. Er stellt einen Schwellenwert auf dem von der Klassifikation zurückgelieferten Wahrscheinlichkeitsmaß dar (siehe `classify_class_knn`). Alle Pixel mit einer Wahrscheinlichkeit unterhalb von `RejectionThreshold` werden keiner Klasse zugeordnet. Da ein k-NN-Klassifikator bei Pixeldaten, die im Merkmalsraum außerhalb der konvexen Hülle der Trainingsdaten liegen einer der Klassen zuordnet, empfiehlt es sich in vielen Fällen, trotz der Verwendung von `RejectionThreshold`, eine Rückweisungsklasse explizit zu trainieren, indem mit `add_samples_image_class_knn` Trainingsmuster für die Rückweisungsklasse abgespeichert werden und der k-NN mit `train_class_knn` neu trainiert wird.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / cyclic / direction / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Eingabebild.

▷ **ClassRegions** (output_object) ..... region-array ⇝ *object :* real
Segmentierte Klassen.

▷ **DistanceImage** (output_object) ..... image ⇝ *object*
Bild mit Distanzen pro Pixel zum jeweiligen nächsten Nachbarn.

▷ **KNNHandle** (input_control) ..... class_knn ⇝ *handle*
Handle des k-NN-Klassifikators.

▷ **RejectionThreshold** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Schwellenwert für die Rückweisung der Klassifikation.
Default: 0.5
Wertevorschläge: RejectionThreshold ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 5.0, 10.0, 255.0}
Restriktion: RejectionThreshold >= 0.0

Beispiel

```
read_image (Image, 'ic')
gen_rectangle1 (Board, 80, 320, 110, 350)
gen_rectangle1 (Capacitor, 359, 263, 371, 302)
gen_rectangle1 (Resistor, 200, 252, 290, 256)
gen_rectangle1 (IC, 180, 135, 216, 165)
concat_obj (Board, Capacitor, Classes)
concat_obj (Classes, Resistor, Classes)
concat_obj (Classes, IC, Classes)
create_class_knn (3, KNNHandle)
add_samples_image_class_knn (Image, Classes, KNNHandle)
get_sample_num_class_knn (KNNHandle, NumSamples)
train_class_knn (KNNHandle, [], [])
classify_image_class_knn (Image, ClassRegions, DistanceImage, \
                          KNNHandle, 0.5)
dev_display (ClassRegions)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert classify_image_class_knn den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

train_class_knn, read_class_knn

Alternativen

classify_image_class_svm, classify_image_class_mlp, classify_image_class_gmm, classify_image_class_lut, class_ndim_norm, class_2dim_sup

Siehe auch

add_samples_image_class_knn, create_class_knn

Modul

Foundation

classify_image_class_lut (Image : ClassRegions : ClassLUTHandle :)

Klassifizieren eines Byte-Bildes mit einer Look-Up-Table.

classify_image_class_lut führt auf einem mehrkanaligen Byte-Bild Image eine Pixelklassifikation anhand einer Look-Up-Table (LUT) ClassLUTHandle durch. Der Operator kann classify_image_class_gmm, classify_image_class_knn, classify_image_class_mlp und classify_image_class_svm ersetzen, was die Klassifikation deutlich beschleunigt, weil die entsprechende Klasse nicht in jedem Bildpunkt extra berechnet werden muss, da alle möglichen Antworten des GMM, KNN, MLP bzw. SVM in der LUT gespeichert sind. Dieser LUT Klassifikator muss vor der Verwendung von classify_image_class_lut durch den entsprechend trainierten Klassifikator mit create_class_lut_gmm, create_class_lut_knn, create_class_lut_mlp bzw. create_class_lut_svm erzeugt werden. Für die Klassifizierung sind die in create_class_gmm,

create_class_knn, create_class_mlp bzw. create_class_svm angegeben Parameter von Bedeutung: Das Byte-Bild Image muss die selbe Anzahl von Kanälen besitzen, wie in NumInput, NumFeatures bzw. NumDim spezifiziert wurde. Als Ausgabe werden in ClassRegions NumOutput bzw. NumClasses Regionen als Ergebnis der Pixelklassifikation zurückgegeben.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte
  Eingabebild.
- ▷ **ClassRegions** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Segmentierte Klassen.
- ▷ **ClassLUTHandle** (input_control) ..... class_lut ⇝ *handle*
  Handle des LUT Klassifikators.

Beispiel

```
read_image (Image, 'patras')
gen_rectangle1 (Sea, 10, 10, 120, 270)
gen_rectangle2 (Deck, [170,400], [350,375], [-0.56192,-0.75139], \
                [64,104], [26,11])
union1 (Deck, Deck)
gen_rectangle1 (Walls, 355, 623, 420, 702)
gen_rectangle2 (Chimney, 286, 623, -0.56192, 64, 33)
concat_obj (Sea, Deck, Classes)
concat_obj (Classes, Walls, Classes)
concat_obj (Classes, Chimney, Classes)
*
* create MLP classifier and train it with sample classes
create_class_mlp (3, 3, 4, 'softmax', 'principal_components', 3, \
                  42, MLPHandle)
add_samples_image_class_mlp (Image, Classes, MLPHandle)
train_class_mlp (MLPHandle, 200, 1, 0.01, Error, ErrorLog)
*
* create the LUT classifier
create_class_lut_mlp (MLPHandle, [], [], ClassLUTHandle)
*
* classify the image with the LUT
classify_image_class_lut (Image, ClassRegions, ClassLUTHandle)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert classify_image_class_lut den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

create_class_lut_gmm, create_class_lut_knn, create_class_lut_mlp, create_class_lut_svm

Alternativen

classify_image_class_gmm, classify_image_class_knn, classify_image_class_mlp, classify_image_class_svm

Siehe auch

create_class_lut_gmm, create_class_lut_knn, create_class_lut_mlp, create_class_lut_svm, create_class_lut_gmm

Modul

Foundation

classify_image_class_mlp (Image : ClassRegions : MLPHandle, RejectionThreshold :)

Klassifizieren eines Bildes durch ein mehrschichtiges Perzeptron.

classify_image_class_mlp führt auf dem mehrkanaligen Bild Image eine Pixelklassifikation mit dem mehrschichtigen Perzeptron (MLP) MLPHandle durch. Das MLP muss vor der Verwendung von classify_image_class_mlp mit train_class_mlp trainiert werden. Image muss die bei create_class_mlp mit NumInput spezifizierte Anzahl von Kanälen besitzen. Als Ausgabe werden in ClassRegions NumOutput Regionen als Ergebnis der Pixelklassifikation zurückgegeben. Die Reihenfolge der Regionen in ClassRegions entspricht dabei der Reihenfolge der Klassen, wie sie durch die Trainingsregionen in add_samples_image_class_mlp definiert wurde. Der Parameter RejectionThreshold erlaubt die Zurückweisung von zu unsicher klassifizierten Pixeln. Er stellt einen Schwellenwert auf dem von der Klassifikation zurückgelieferten Wahrscheinlichkeitsmaß dar (siehe classify_class_mlp und evaluate_class_mlp). Alle Pixel mit einer Wahrscheinlichkeit unterhalb von RejectionThreshold werden keiner Klasse zugeordnet. Da ein MLP Pixeldaten, die im Merkmalsraum außerhalb der konvexen Hülle der Trainingsdaten liegen, typischerweise mit einer relativ hohen Wahrscheinlichkeit (Konfidenz) einer der Klassen zuordnet, empfiehlt es sich in vielen Fällen trotz der Verwendung von RejectionThreshold, eine Rückweisungsklasse explizit zu trainieren, indem mit add_samples_image_class_mlp Trainingsmuster für die Rückweisungsklasse abgespeichert werden und das Netz mit train_class_mlp neu trainiert wird.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / cyclic / direction / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Eingabebild.

▷ **ClassRegions** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Segmentierte Klassen.

▷ **MLPHandle** (input_control) ..... class_mlp ⇝ *handle*
Handle des MLP.

▷ **RejectionThreshold** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Schwellenwert für die Rückweisung der Klassifikation.
Default: 0.5
Wertevorschläge: RejectionThreshold ∈ {0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}
Restriktion: RejectionThreshold >= 0.0 && RejectionThreshold <= 1.0

Beispiel

```
read_image (Image, 'ic')
gen_rectangle1 (Board, 80, 320, 110, 350)
gen_rectangle1 (Capacitor, 359, 263, 371, 302)
gen_rectangle1 (Resistor, 200, 252, 290, 256)
gen_rectangle1 (IC, 180, 135, 216, 165)
concat_obj (Board, Capacitor, Classes)
concat_obj (Classes, Resistor, Classes)
concat_obj (Classes, IC, Classes)
create_class_mlp (3, 3, 4, 'softmax', 'principal_components', 3, 42, \
                  MLPHandle)
add_samples_image_class_mlp (Image, Classes, MLPHandle)
get_sample_num_class_mlp (MLPHandle, NumSamples)
train_class_mlp (MLPHandle, 200, 1, 0.01, Error, ErrorLog)
classify_image_class_mlp (Image, ClassRegions, MLPHandle, 0.5)
dev_display (ClassRegions)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert classify_image_class_mlp den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

train_class_mlp, read_class_mlp

Alternativen

classify_image_class_gmm, classify_image_class_knn, classify_image_class_svm, classify_image_class_lut, class_ndim_norm, class_2dim_sup

Siehe auch

add_samples_image_class_mlp, create_class_mlp

Modul

Foundation

classify_image_class_svm (Image : ClassRegions : SVMHandle :)

Klassifizieren eines Bildes durch eine Support-Vektor-Maschine.

classify_image_class_svm führt auf dem mehrkanaligen Bild Image eine Pixelklassifikation mit der Support-Vektor-Maschine (SVM) SVMHandle durch. Die SVM muss vor der Verwendung von classify_image_class_svm mit train_class_svm trainiert werden. Image muss die bei create_class_svm mit NumFeatures spezifizierte Anzahl von Kanälen besitzen. Als Ausgabe werden in ClassRegions NumClasses Regionen als Ergebnis der Pixelklassifikation zurückgegeben. Die Reihenfolge der Regionen in ClassRegions entspricht dabei der Reihenfolge der Klassen, wie sie durch die Trainingsregionen in add_samples_image_class_svm definiert wurde.

Damit eine SVM Pixeldaten, die im Merkmalsraum außerhalb der konvexen Hülle der Trainingsdaten liegen, nicht einfach klassifiziert, empfiehlt es sich in vielen Fällen, eine Rückweisungsklasse explizit zu trainieren, indem mit add_samples_image_class_svm Trainingsmuster für die Rückweisungsklasse abgespeichert werden und die SVM mit train_class_svm neu trainiert wird.

Eine Möglichkeit, die explizite Angabe einer Rückweisungsklasse zu vermeiden, ist die Verwendung einer SVM im Modus *'novelty-detection'* (siehe die entsprechende Beschreibung in create_class_svm und add_samples_image_class_svm).

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object* : byte / cyclic / direction / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Eingabebild.

▷ **ClassRegions** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Segmentierte Klassen.

▷ **SVMHandle** (input_control) ..... class_svm ⇝ *handle*
Handle der SVM.

Beispiel

```
read_image (Image, 'ic')
gen_rectangle1 (Board, 20, 270, 160, 420)
gen_rectangle1 (Capacitor, 359, 263, 371, 302)
gen_rectangle1 (Resistor, 200, 252, 290, 256)
gen_rectangle1 (IC, 180, 135, 216, 165)
concat_obj (Board, Capacitor, Classes)
concat_obj (Classes, Resistor, Classes)
concat_obj (Classes, IC, Classes)
create_class_svm (3, 'rbf', 0.01, 0.01, 4, 'one-versus-all', \
                  'normalization', 3, SVMHandle)
add_samples_image_class_svm (Image, Classes, SVMHandle)
train_class_svm (SVMHandle, 0.001, 'default')
reduce_class_svm (SVMHandle, 'bottom_up', 2, 0.01, SVMHandleReduced)
classify_image_class_svm (Image, ClassRegions, SVMHandleReduced)
dev_display (ClassRegions)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `classify_image_class_svm` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`train_class_svm`, `read_class_svm`, `reduce_class_svm`

Alternativen

`classify_image_class_gmm`, `classify_image_class_knn`, `classify_image_class_mlp`, `classify_image_class_lut`, `class_ndim_norm`, `class_2dim_sup`

Siehe auch

`add_samples_image_class_svm`, `create_class_svm`

Modul

Foundation

learn_ndim_norm (Foreground, Background, Image : : Metric, Distance, MinNumberPercent : Radius, Center, Quality)

Konstruieren von Clustern für `class_ndim_norm`.

`learn_ndim_norm` erzeugt aus den in `Foreground` enthaltenen Regionen Klassifikationscluster, die im Operator `class_ndim_norm` verwendet werden. Mit `Background` kann eine Klasse von Pixeln angegeben werden, die bei der Klassifikation (`class_ndim_norm`) nicht gefunden werden sollen. Dieser Parameter darf auch leer sein (leeres Objekt).

Mit dem Parameter `Distance` wird der maximale `Radius` für die Cluster festgelegt. Er beschreibt den minimalen Abstand zweier Clusterzentren. Wird der Parameter `Distance` klein gewählt, so können die (kleinen) Hyperkugeln (-Würfel) den Merkmalsraum gut approximieren. Gleichzeitig steigt jedoch der Rechenaufwand beim Klassifizieren.

Das Verhältnis aus Anzahl der Pixel in einem Cluster zu der Gesamtzahl (in Prozent) muss über dem Wert von `MinNumberPercent` liegen, ansonsten wird dieser Cluster nicht ausgegeben. Der Parameter `MinNumberPercent` dient dazu, Ausreißer in der Trainingsmenge zu eliminieren. Wird er zu groß gewählt, dann werden zu viele Cluster unterdrückt.

Es können zwei verschiedene Verfahren verwendet werden: Die minimale euklidische Distanz (n-dimensionale Kugeln) und das Maximum-Verfahren (n-dimensionale Würfel) für die Beschreibung der Pixel des zu klassifizierenden Bildobjekts im n-dimensionalen Histogramm (Parameter `Metric`). Die euklidische Metrik liefert i.A. die besseren Ergebnisse, benötigt jedoch auch mehr Rechenzeit. Der Parameter `Quality` gibt die Qualität der Clusterbildung an. Dabei wird die Überschneidung der abgewiesenen Objekte mit den Klassifizierungsobjekten berechnet. Null bedeutet maximale Überschneidung, Werte größer Null geben das entsprechende Verhältnis der Überlappung an. Wird kein Zurückweisungsobjekt angegeben, so ist dieser Wert 1. Die Objekte in `Background` haben jedoch keinen Einfluss auf die Konstruktion der Cluster. Sie dienen nur zur Kontrolle der zu erwartenden Ergebnisse.

Parameter

- ▷ **Foreground** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Vordergrundregion
- ▷ **Background** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Hintergrundregion (Rückweisungsklasse)
- ▷ **Image** (input_object) ..... (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte
  Trainingsbild.

▷ **Metric** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Verwendete Metrik
Default: 'euclid'
Werteliste: Metric ∈ {'euclid', 'maximum'}

▷ **Distance** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Maximaler Radius für die Cluster.
Default: 10.0
Wertevorschläge: Distance ∈ {1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0, 13.0, 17.0, 24.0, 30.0, 40.0}
Wertebereich: 1.0 ≤ Distance (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 1.0

▷ **MinNumberPercent** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Das Verhältnis aus Anzahl der Pixel in einem Cluster zur Gesamtzahl (in Prozent) muss über dem Wert von MinNumberPercent liegen (sonst wird der Cluster nicht ausgegeben).
Default: 0.01
Wertevorschläge: MinNumberPercent ∈ {0.001, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ MinNumberPercent ≤ 100.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.1

▷ **Radius** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Clusterradien bzw. halbe Clusterkantenlängen.

▷ **Center** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Koordinaten aller Clusterzentren.

▷ **Quality** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
Überschneidung der abgewiesenen Objekte mit den Klassifizierungsobjekten (1: keine Überschneidung).
Zusicherung: 0 <= Quality && Quality <= 1

Ergebnis

learn_ndim_norm liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Für das Verhalten bzgl. der Eingabebilder sind die Flags *'no_object_result'* und *'empty_region_result'* einstellbar (siehe set_system). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: exclusive (läuft parallel nur zu unabhängigen Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

min_max_gray, sobel_amp, binomial_filter, gauss_filter, reduce_domain, diff_of_gauss

Nachfolger

class_ndim_norm, connection, dilation1, erosion1, opening, closing, rank_region, shape_trans, skeleton

Siehe auch

class_ndim_norm, histo_2dim

Literatur

P. Haberäcker, „Digitale Bildverarbeitung"; Hanser-Studienbücher, München, Wien, 1987

Modul

Foundation

24.4 Maximally Stable Extremal Regions

```
segment_image_mser ( Image : MSERDark, MSERLight : Polarity,
    MinArea, MaxArea, Delta, GenParamName, GenParamValue : )
```

Segmentieren von Maximally Stable Extremal Regions (MSER).

segment_image_mser segmentiert ein Bild in Regionen mit homogenen Grauwerten. Dies erfolgt mit Hilfe der Methode der Maximally Stable Extremal Regions (MSER). Die Homogenität einer Region wird bestimmt, indem ihre lokale Umgebung betrachtet wird. Der Operator ist daher besonders für die Segmentierung von Objekten vor einem inhomogenen Hintergrund und für Anwendungen mit wechselnder Beleuchtung geeignet.

Parameter

Polarity Der Parameter Polarity bestimmt, ob MSERs extrahiert werden, die dunkler als ihre Umgebung sind, oder solche, die heller als ihre Umgebung sind.

Wert	Bedeutung
'dark'	Es werden nur MSERs extrahiert, die dunkler als ihre Umgebung sind.
'light'	Es werden nur MSERs extrahiert, die heller als ihre Umgebung sind.
'both' (Defaultwert)	Es werden beide Arten von MSERs extrahiert.

MinArea, MaxArea Die Parameter MinArea und MaxArea beschränken die Größe der zurückgegebenen MSERs.

Sehr kleine Werte von MinArea, z.B. Werte kleiner als 5, können zu deutlich höheren Laufzeiten führen. Dies gilt insbesondere dann, wenn das zu segmentierende Bild starkes Rauschen enthält.

Wird für MaxArea ein leeres Tupel übergeben (Default), werden nur MSERs zurückgegeben die echte Teilmengen der Zusammenhangskomponenten des Bilddefinitionsbereiches sind.

Delta Der Parameter Delta beeinflusst die Selektivität des Verfahrens. Größere Werte erhöhen die Selektivität und führen zu weniger MSERs. Kleinere Werte führen zu mehr MSERs.

Eine genauere Beschreibung der Parameter und ihrer Auswirkungen findet sich im Abschnitt Segmentierungsprozess.

Die folgenden generischen Parameter können die für eine Feinanpassung der MSER-Segmentierung verwendet werden. Die generischen Parameter können mittels GenParamName und GenParamValue gesetzt werden.

'max_variation': Die maximale Variation der Fläche einer Region im Bereich von $\pm$ Delta Schwellenwerten. Größere Werte führen zu mehr MSERs. Kleinere Werte führen zu weniger MSERs.

Eine Definition des Begriffs 'variation' sowie eine genauere Beschreibung des generischen Parameters *'max_variation'* und seiner Auswirkungen findet sich im Abschnitt Segmentierungsprozess.

Wertevorschläge: *0.1*, *0.2*, *0.5*, *1.0*, *2.0*, *5.0*

Default: *0.2*

Restriktion: reelle Werte größer gleich *0.0*.

'min_diversity': Die Verschiedenartigkeit (minimale relative Größendifferenz oder 'diversity') zweier sich überlappender MSERs. Kleinere Werte führen zu mehr MSERs. Größere Werte führen zu weniger MSERs.

Eine Definition des Begriffs Verschiedenartigkeit ('diversity') sowie eine genauere Beschreibung des generischen Parameters *'min_diversity'* und seiner Auswirkungen findet sich im Abschnitt Segmentierungsprozess.

Wertevorschläge: *0.1*, *0.5*, *0.8*, *1.0*, *2.0*, *5.0*

Default: *0.8*

Restriktion: reelle Werte größer gleich *0.0*.

'may_touch_border': Steuert die Behandlung von Regionen, die den Rand des Definitionsbereiches des Eingabebildes berühren.

Wird der Parameter *'may_touch_border'* auf *'false'* gesetzt, so werden alle Regionen verworfen, die den Rand des Definitionsbereiches berühren. Wird der Parameter *'may_touch_border'* auf *'true'* gesetzt, so werden solche Regionen zurück gegeben.

Werteliste: *'false'*, *'true'*

Default: *'false'*, wenn der maximale Definitionsbereiches eines Bildes verwendet wird; *'true'*, wenn der Definitionsbereiche reduziert wird.

'min_gray', *'max_gray'*: Die Werte *'min_gray'* und *'max_gray'* reduzieren den Eingabedefinitionsbereich dynamisch durch die Anwendung eines Schwellenwertes (threshold) auf dem Eingabebild. Alle Pixel außerhalb des angegebenen Grauwertbereiches werden bei der Segmentierung nicht beachtet. Dadurch kann die Laufzeit erheblich reduziert werden.

Bitte beachten Sie, dass falls das Eingabebild Image einen maximalen Definitionsbereich hat, der durch Eingabe von *'min_gray'* und *'max_gray'* verkleinert wird, kann die Standardeinstellung von *'may_touch_border'* dazu führen, dass mehr Ergebnisregionen zurückgegeben werden, als ohne Einschränkung des Graubereiches.

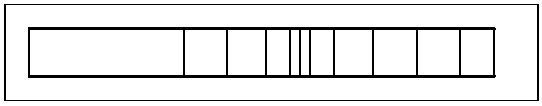
Default: *'min_gray'*: *0*, *'max_gray'*: *255* für Byte-Bilder, *65535* für uint2-Bilder
Restriktion: ganzzahlige Werte größer gleich *0*.

Segmentierungsprozess

In einem ersten Schritt wird das Eingabebild mit allen Schwellenwerten t, von 0 bis zum maximal vorkommenden Grauwert, segmentiert.

Zur Erläuterung wird im folgenden Beispiel ein Eingabebild mit zwölf Grauwerten (0...11) verwendet. Auf der rechten Seite der folgenden Abbildung sind die Ränder der resultierenden Schwellenwert-Regionen dargestellt.

Beispielbild mit den Grauwerten 0 (= schwarz) bis 11 (= weiß)



Ränder der Schwellenwert-Regionen für alle Schwellenwerte (t = 0...11)

Die resultierenden Schwellenwert-Regionen werden in ihre Zusammenhangskomponenten (4-er Nachbarschaft) zerlegt. Da die einzelnen Komponenten durch wachsende Schwellenwerte entstehen, nimmt ihre Fläche mit jedem neuen Schwellenwert zu. Diese Flächenveränderung der einzelnen Komponenten wird im Folgenden ausgewertet. Eine MSER ist eine Komponente, deren Fläche im Bereich von $\pm$ `Delta` Schwellenwerten nicht signifikant variiert. Um als MSER akzeptiert zu werden, muss die Variation der Fläche ein lokales Minimum sein, und sie darf nicht größer als *'max_variation'* sein. Darüber hinaus muss die Verschiedenartigkeit ('diversity') von sich überlappenden MSERs größer als *'min_diversity'* sein (siehe unten).

Die Variation der Fläche einer Komponente ist wie folgt definiert:

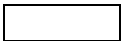
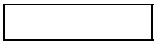
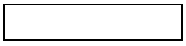
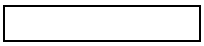
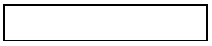
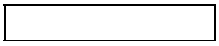
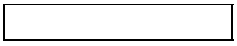
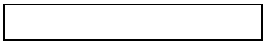
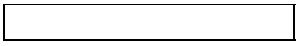
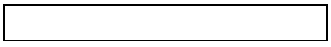
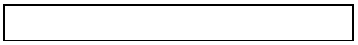
$$Variation_t = \frac{Flaeche_{t+\Delta} - Flaeche_{t-\Delta}}{Flaeche_t}$$

wobei

$$\begin{aligned} Flaeche_{t-\Delta} &= Flaeche_0, \qquad t-\Delta < 0 \\ Flaeche_{t+\Delta} &= Flaeche_{t_{max}}, \qquad t+\Delta > t_{max} \end{aligned}$$

Ein Verkleinern des Wertes von *'max_variation'* führt zu einer geringeren Anzahl akzeptierter Regionen.

In unserem Beispiel besteht jede Region nur aus einer einzigen Komponente. Daher werden die Bezeichnungen (Schwellenwert-)Region und Komponente im Folgenden synonym verwendet. Die folgende Tabelle zeigt die Fläche der Schwellenwert-Regionen und ihre Variation für `Delta` gleich 1 und für `Delta` gleich 2.

Schwellenwert t	Schwellenwert-Region	Fläche der Schwellenwert-Region	Variation der Fläche (für `Delta` = 1)	Variation der Fläche (für `Delta` = 2)
0		320	**0.28**	**0.53**
1		410	0.41	0.54
2		490	0.27	0.49
3		540	0.13	0.31
4		560	**0.07**	**0.25**
5		580	0.12	0.29
6		630	0.21	0.38
7		710	0.24	0.44
8		800	0.23	**0.41**
9		890	**0.18**	1.67
10		960	1.36	1.46
11		2200	**0.56**	**0.60**

Die Fläche der Schwellenwert-Regionen steigt mit wachsendem Schwellenwert t an. Für `Delta` gleich 1, treten lokale Minima der Variation für die Schwellenwerte t = 0, t = 4, t = 9 und t = 11 auf. Daher sind die entsprechenden Schwellenwert-Regionen MSER-Kandidaten. Für `Delta` gleich 2 entsprechen die MSER-Kandidaten den Schwellenwert-Regionen für t = 0, t = 4, t = 8 und t = 11.

Standardmäßig werden die Zusammenhangskomponenten des Definitionsbereichs nicht als MSERs zurückgegeben. Dieses Verhalten kann dadurch geändert werden, dass *'may_touch_border'* auf *'true'* und `MaxArea` auf einen Wert größer der Fläche des Definitionsbereichs, gesetzt wird. Auf diese Weise können auch die Zusammenhangskomponenten selbst als MSERs extrahiert werden. In unserem Beispiel führt das Standardverhalten dazu, dass die MSER-Kandidaten die den Schwellenwert-Regionen für t = 11 entsprechen, eliminiert werden.

Die folgende Abbildung zeigt die resultierenden MSER-Kandidaten für `Delta` gleich 1 und für `Delta` gleich 2 (mit *'max_variation'* gleich 1.0). Die MSERs sind dabei jeweils dem Eingabebild überlagert.

MSER-Kandidaten für Delta gleich 1	MSER-Kandidaten für Delta gleich 2
entspricht t = 0	entspricht t = 0
entspricht t = 4	entspricht t = 4
entspricht t = 9	entspricht t = 8

Die Segmentierungsmethode teilt das Bild nicht in disjunkte Regionen, sondern extrahiert alle gültigen MSERs, welche sich im Allgemeinen auch überlappen dürfen. Nachdem die MSER-Kandidaten durch wachsende Schwellenwerte entstehen, bestehen zwei sich überlappende Regionen immer aus einer größeren und einer kleineren Region, wobei die kleinere komplett in der größeren enthalten ist. Die Verschiedenartigkeit ('diversity') beschreibt, wie stark sich die Flächen der sich überlappenden Regionen unterscheiden. Sie wird als relative Flächendifferenz berechnet:

$$diversity_i = \frac{Flaeche_{i+1} - Flaeche_i}{Flaeche_i}$$

wobei $Flaeche_i$: die Flaeche des aktuellen MSER-Kandidaten ist und $Flaeche_{i+1}$: die Flaeche des MSER-Kandidaten ist, der den aktuellen enthält.

Es werden nur MSER-Kandidaten zurück gegeben, deren Verschiedenartigkeit ('diversity') mindestens dem Wert *'min_diversity'* entspricht. Der Parameter *'min_diversity'* kann daher verwendet werden, um die Anzahl sich überlappender Regionen zu steuern. Größere Werte für *'min_diversity'* reduzieren die Anzahl sich überlappender Regionen und kleinere Werte erhöhen diese Anzahl. Die jeweils größten MSER-Kandidaten, d.h. die Kandidaten, die nicht in einem anderen enthalten sind, werden aber in jedem Fall zurück gegeben.

	Index i des MSER-Kandidaten	Schwellenwert	Fläche der Schwellenwert-Region	Verschiedenartigkeit ('diversity') des MSER-Kandidaten
Delta=1	0	0	320	0.75
	1	4	560	0.59
	2	9	890	N/A
Delta=2	0	0	320	0.75
	1	4	560	0.43
	2	8	800	N/A

Zuerst wird der MSER-Kandidat mit der kleinsten Verschiedenartigkeit ('diversity') gelöscht, falls sein Wert kleiner als *'min_diversity'* ist. In unserem Beispiel wurde der Wert für *'min_diversity'* auf 0.5 gesetzt. Für Delta gleich 2 wird daher der MSER-Kandidat mit der Verschiedenartigkeit 0.43 gelöscht. Daraufhin werden die Werte für die Verschiedenartigkeit der verbleibenden MSER-Kandidaten neu berechnet. Hierbei erhält der MSER-Kandidat 0

einen Wert von 1.5. Damit haben jetzt alle MSER-Kandidaten eine Verschiedenartigkeit die größer als 0.5 ist und werden als MSERs akzeptiert.

Das Segmentierungverfahren berechnet MSERs innerhalb jeder Zusammenhangskomponente des Definitionsbereiches des Eingabebildes.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **MSERDark** (output_object) . . . . . region-array ⇝ *object*
  Segmentierte dunkle MSERs.
- ▷ **MSERLight** (output_object) . . . . . region-array ⇝ *object*
  Segmentierte helle MSERs.
- ▷ **Polarity** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Polarität der segmentierten MSERs.
  Default: 'both'
  Werteliste: `Polarity` ∈ {'dark', 'light', 'both'}
- ▷ **MinArea** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / real
  Minimale Fläche der MSERs.
  Default: 10
  Wertevorschläge: `MinArea` ∈ {1, 10, 100, 10000}
  Wertebereich: 1 ≤ MinArea
- ▷ **MaxArea** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / real
  Maximale Fläche der MSERs.
  Default: []
  Wertevorschläge: `MaxArea` ∈ {1, 10, 100, 10000}
  Wertebereich: 1 ≤ MaxArea
- ▷ **Delta** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer* / real
  Bereich von ± `Delta` Schwellenwerten, für den eine MSER stabil sein muss.
  Default: 15
  Wertevorschläge: `Delta` ∈ {5, 10, 20, 50}
  Wertebereich: 1 ≤ `Delta` ≤ 65535
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'max_variation', 'min_diversity', 'may_touch_border', 'min_gray', 'max_gray'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *string* / real / integer
  Werte der generischen Parameter.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0.5, 0.8, 'true', 'false', 30, 50, 200, 230}

Beispiel

```
read_image (Image,'pellets')
segment_image_mser (Image, MSERDark, MSERLight, 'light',\
                    1000, 10000, 3, [],[])
```

Ergebnis

Sind alle Eingabeparameter korrekt, gibt `segment_image_mser` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

select_shape, select_gray

Alternativen

auto_threshold, binary_threshold, char_threshold, local_threshold, watersheds, regiongrowing

Literatur

J. Matas, O. Chum, M. Urban, and T. Pajdla: „Robust wide baseline stereo from maximally stable extremal regions.“; Proc. of British Machine Vision Conference, pages 384-396; 2002.

Modul

Foundation

24.5 Schwellenwert-Verfahren

Dieses Kapitel beschreibt Operatoren der Schwellenwertsegmentierung.

Konzept der Schwellenwertoperatoren

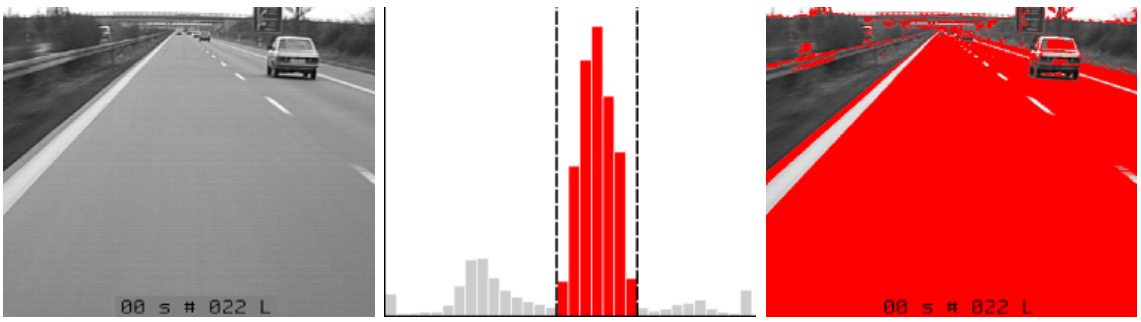
Eine Möglichkeit ein Bild zu segmentieren ist die Verwendung von Schwellenwertoperatoren. Regionen werden dabei durch Schwellenwertbedingungen bestimmt, die auf Grauwerten basieren. Je nach Anwendung können sich Aufgabenbereiche und Aufnahmesituationen stark unterscheiden, weswegen eine Reihe unterschiedlicher Operatoren zur Verfügung stehen.

Die folgenden Abschnitte geben einen Überblick über die vorhandenen Schwellenwertoperatoren. Zu diesem Zweck werden sie in histogrammbasierte und lokale Methoden eingeteilt und genauer betrachtet.

Histogrammbasierte Schwellenwertoperatoren

Unabhängig von ihrer Position im Bild werden Pixel bei der histogrammbasierten Segmentierung nur basierend auf ihren Grauwerten in Regionen eingeteilt. Die Schwellenwerte werden daher durch eine Anpassung an die Form des Histogramms bestimmt.

Threshold Mit dem Operator threshold kann der Nutzer alle Pixel auswählen, deren Wert in einem manuell bestimmten Grauwertintervall liegt.

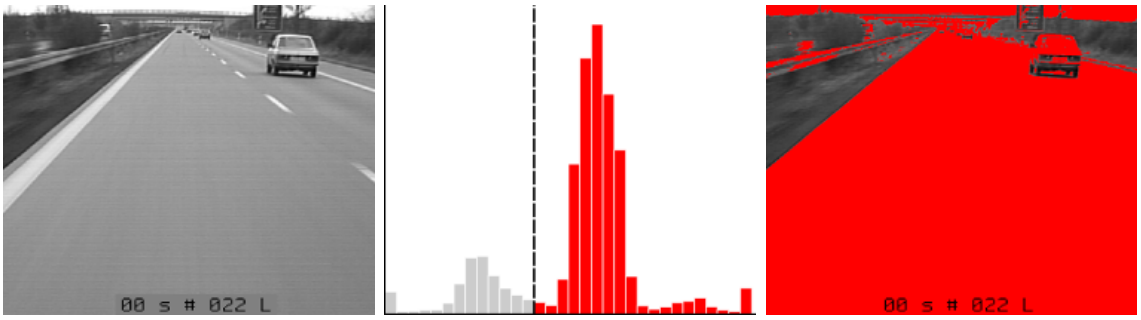


(1) (2) (3)

(1) Eingabebild, (2) Histogramm des Eingabebildes mit den manuell bestimmten Schwellenwerten MinGray und MaxGray, (3) Ergebnis der Segmentierung.

Der Operator fast_threshold arbeitet ebenfalls mit zwei manuell zu bestimmenden Schwellenwerten, nutzt allerdings einen anderen Algorithmus zur Berechnung.

Binary Threshold Um das Eingangsbild in eine helle und eine dunkle Region einzuteilen berechnet binary_threshold automatisch einen Schwellenwert, um Vorder- und Hintergrund möglichst eindeutig voneinander zu trennen.

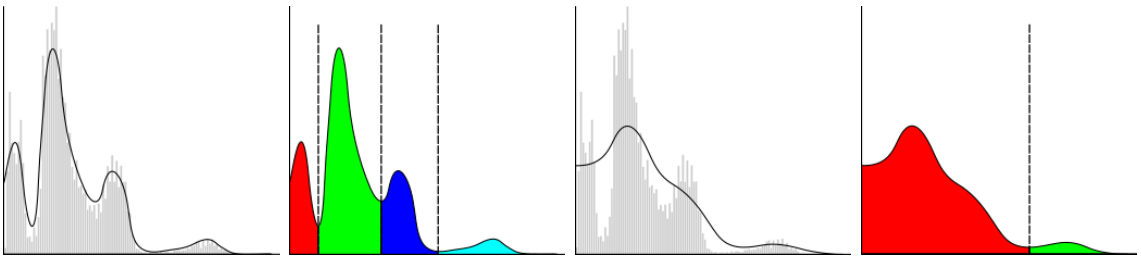


(1) (2) (3)

(1) Eingabebild, (2) Histogramm des Eingabebildes mit einem automatisch bestimmten binären Schwellenwert, (3) Ergebnis der Segmentierung.

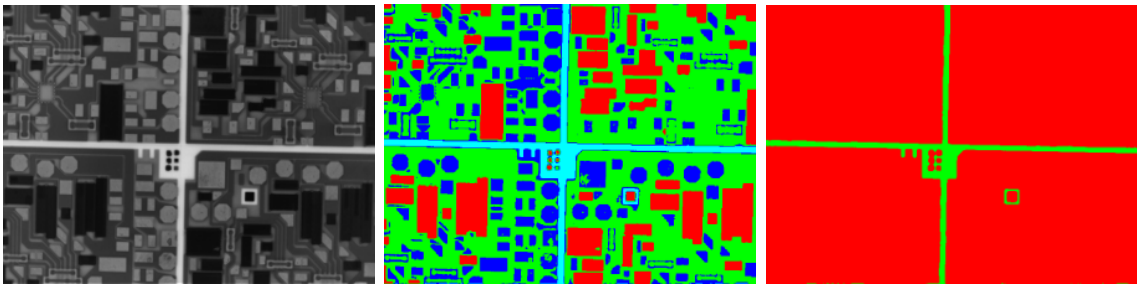
Die subpixelgenaue Grenze zwischen Vorder- und Hintergrund des Eingabebildes gibt der Operator `threshold_sub_pix` aus. Der Schwellenwert muss hierbei manuell gesetzt werden.

Automatic Threshold `auto_threshold` berechnet die lokalen Minima im Histogramm eines Bildes, um daraus die Schwellenwerte zu bestimmen. Durch die Glättung des Histogramms kann Einfluss auf die Häufung lokaler Minima und damit die Anzahl an Klassen im Ergebnisbild genommen werden.



(1) (2) (3) (4)

(1) Leicht geglättetes Histogramm, (2) höhere Anzahl an lokalen Minima, (3) stärkere Glättung des Histogramms, (4) Anzahl lokaler Minima reduziert.

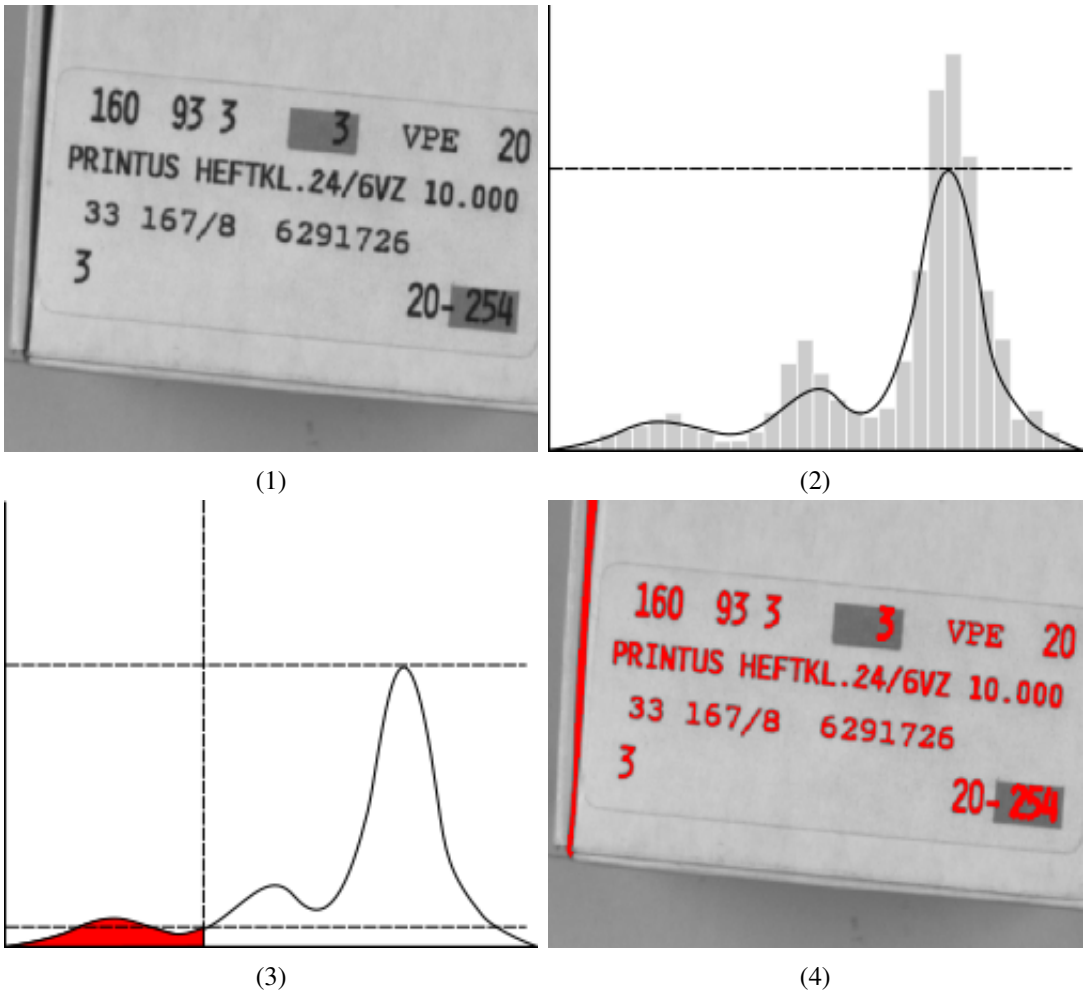


(1) (2) (3)

(1) Eingabebild, (2) vier Klassen aus leicht geglättetem Histogramm, (3) zwei Klassen aus stärker geglättetem Histogramm.

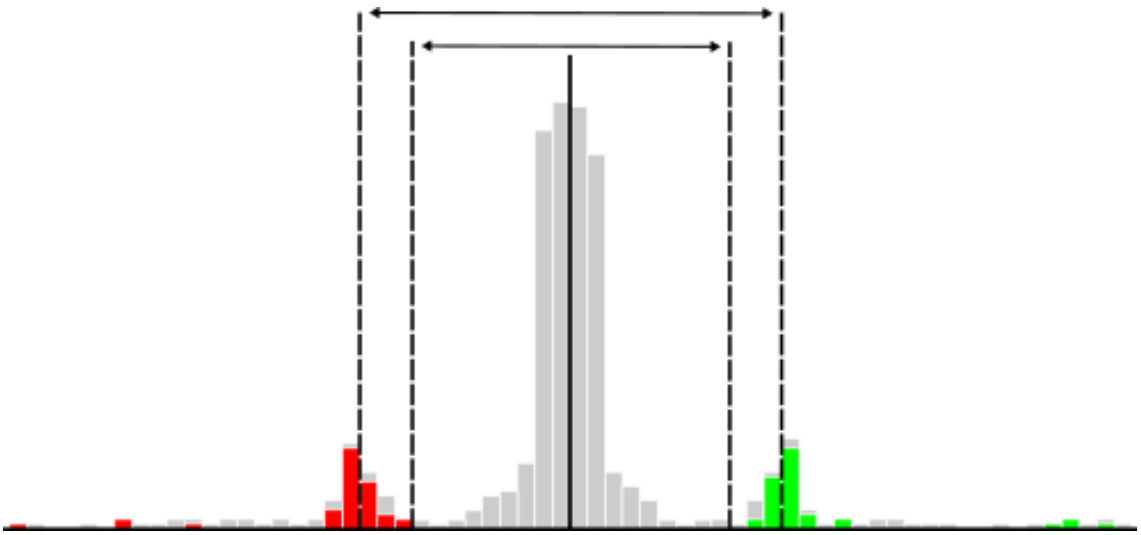
`histo_to_thresh` kann genutzt werden, um die automatisch berechneten Schwellenwerte ausgeben zu lassen.

Character Threshold Um dunklen Text auf hellem Hintergrund zu segmentieren, ist `char_threshold` ein nützliches Tool. Im Histogramm entspricht der Hintergrund dem globalen Maximum. Ohne geeignetes Minimum im unteren Grauwertbereich wird der Schwellenwert dann in Abhängigkeit von der Frequenz des maximalen Grauwerts mittels des Parameters `Percent` bestimmt.

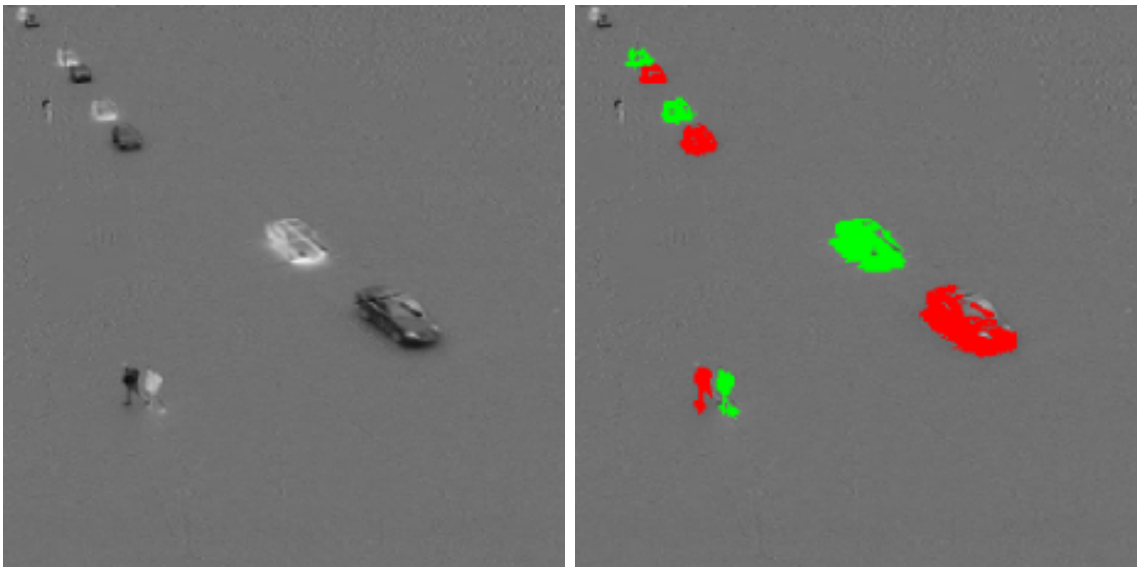


(1) Eingabebild, (2) geglättetes Histogramm mit globalem Maximum, (3) `Percent` bestimmt den Schwellenwert links des Maximums, (4) Ergebnisbild.

Dual-Threshold Subtrahiert man zwei Bilder voneinander oder nutzt einen Operator wie `laplace_of_gauss` zur Kantendetektion, so entstehen üblicherweise Bilder mit negativen Pixelwerten. Zur Segmentierung solcher Bilder unter Berücksichtigung der Regionengröße ist der Operator `dual_threshold` geeignet.



Histogramm eines Bildes mit negativen und positiven Pixelwerten mit den Schwellenwerten `Threshold` (innere Grenzen) und `MinGray` (äußere Grenzen). Pixel werden nur ausgewählt wenn Grauwert- und Größenbedingung erfüllt werden.



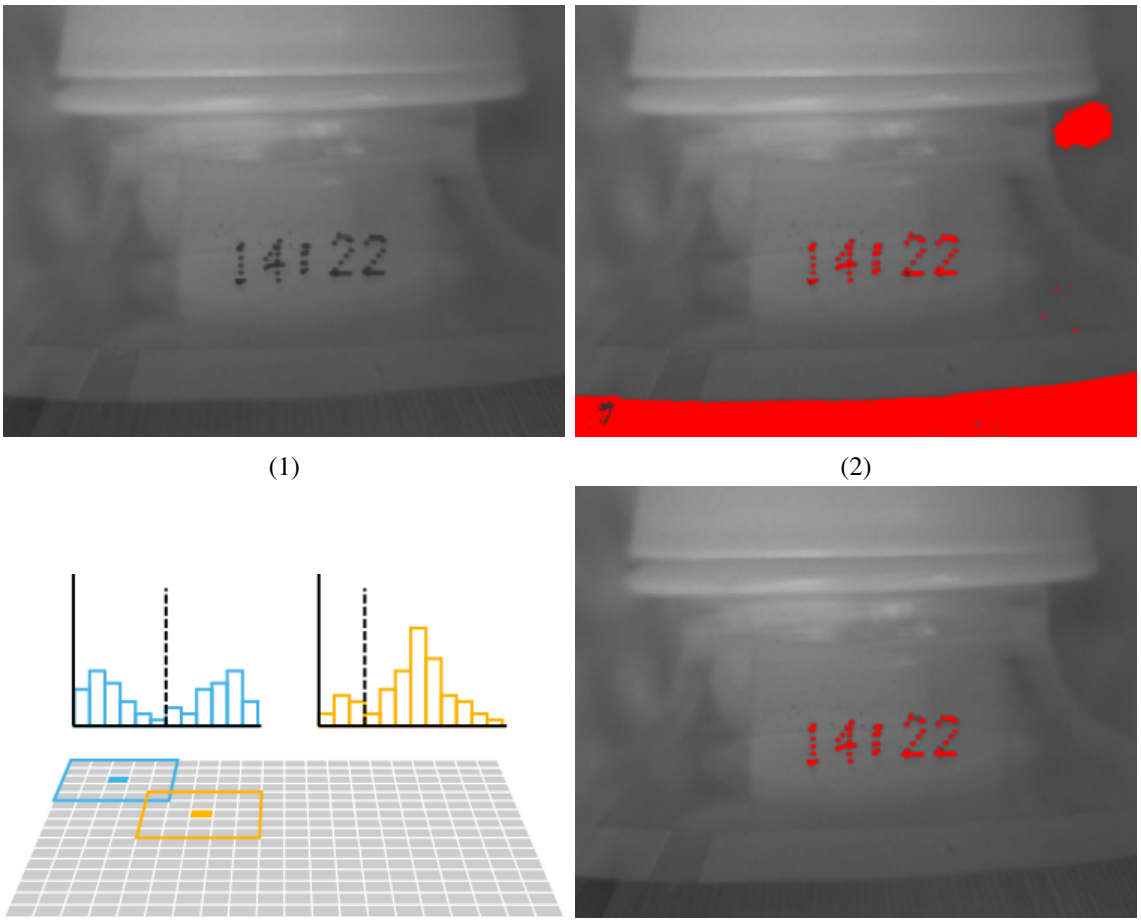
(1) (2)

(1) Mit `sub_image` erzeugtes Eingabebild, (2) Ergebnisbild nach Anwendung von `dual_threshold`.

Local Threshold Operators

Im Gegensatz zur histogrammbasierten Schwellenwertsegmentierung berücksichtigt ein lokaler Schwellenwertoperator auch die Position oder Nachbarschaft eines Pixels. Statt globalen Schwellenwerten, die auf jeden Bildpunkt angewandt werden, ist es oft sinnvoll den Schwellenwert lokal an Bildmerkmale anzupassen.

Local Threshold `local_threshold` berücksichtigt für jedes Pixel lokale Mittelwerte und Standardabweichungen. Die Größe der einbezogenen Nachbarschaft wird vom Nutzer festgelegt. Dieser Operator eignet sich besonders für die Segmentierung von Text bei inhomogenen Belichtungsverhältnissen oder Hintergrund.



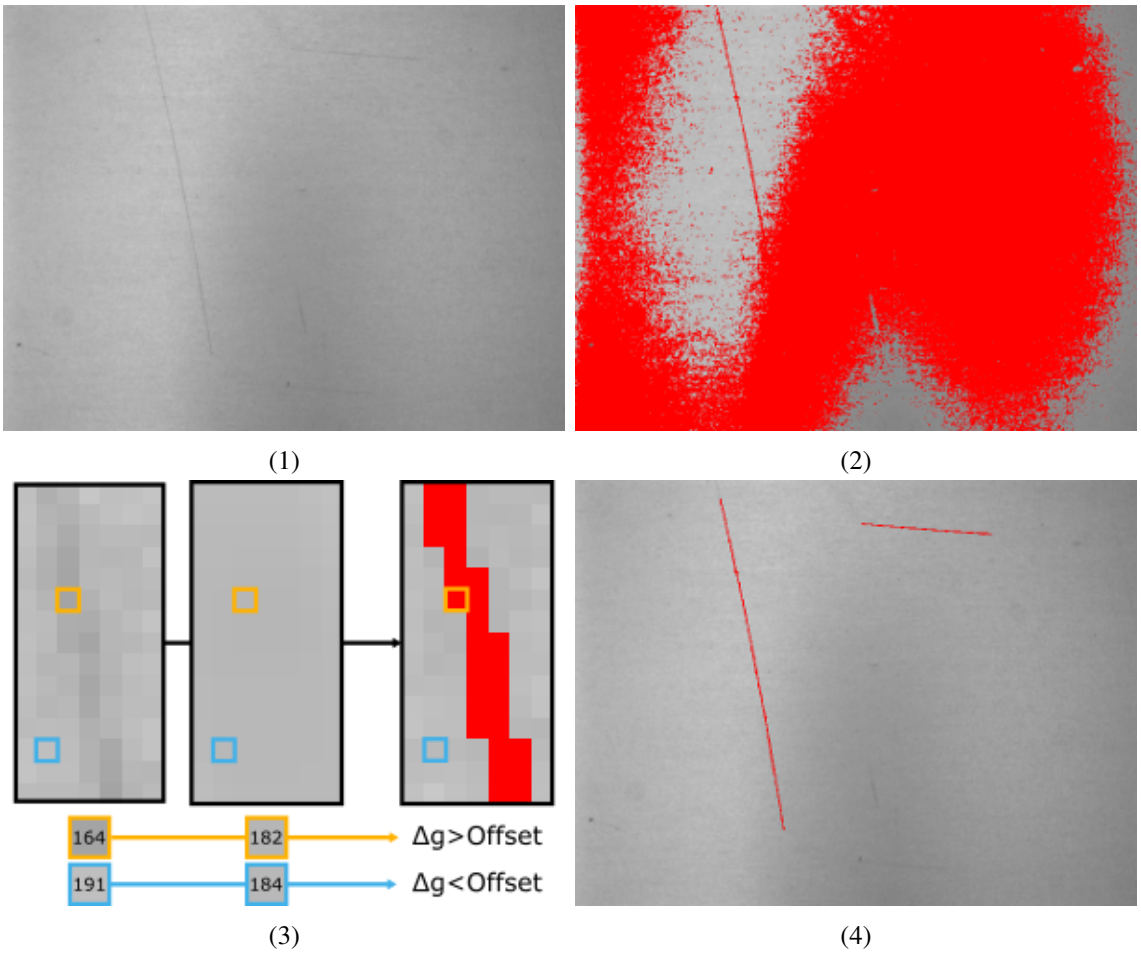
(1) (2)

(3) (4)

(1) Eingabebild, (2) Segmentierung mit globalem Schwellenwert gibt nicht den Text allein aus, (3) Schwellenwert wird an lokale Bildmerkmale angepasst, (4) Text kann segmentiert werden.

Der Operator `var_threshold` arbeitet nach einem ähnlichen Prinzip, verwendet allerdings lokale Helligkeit und Standardabweichung als Kriterien zur Segmentierung.

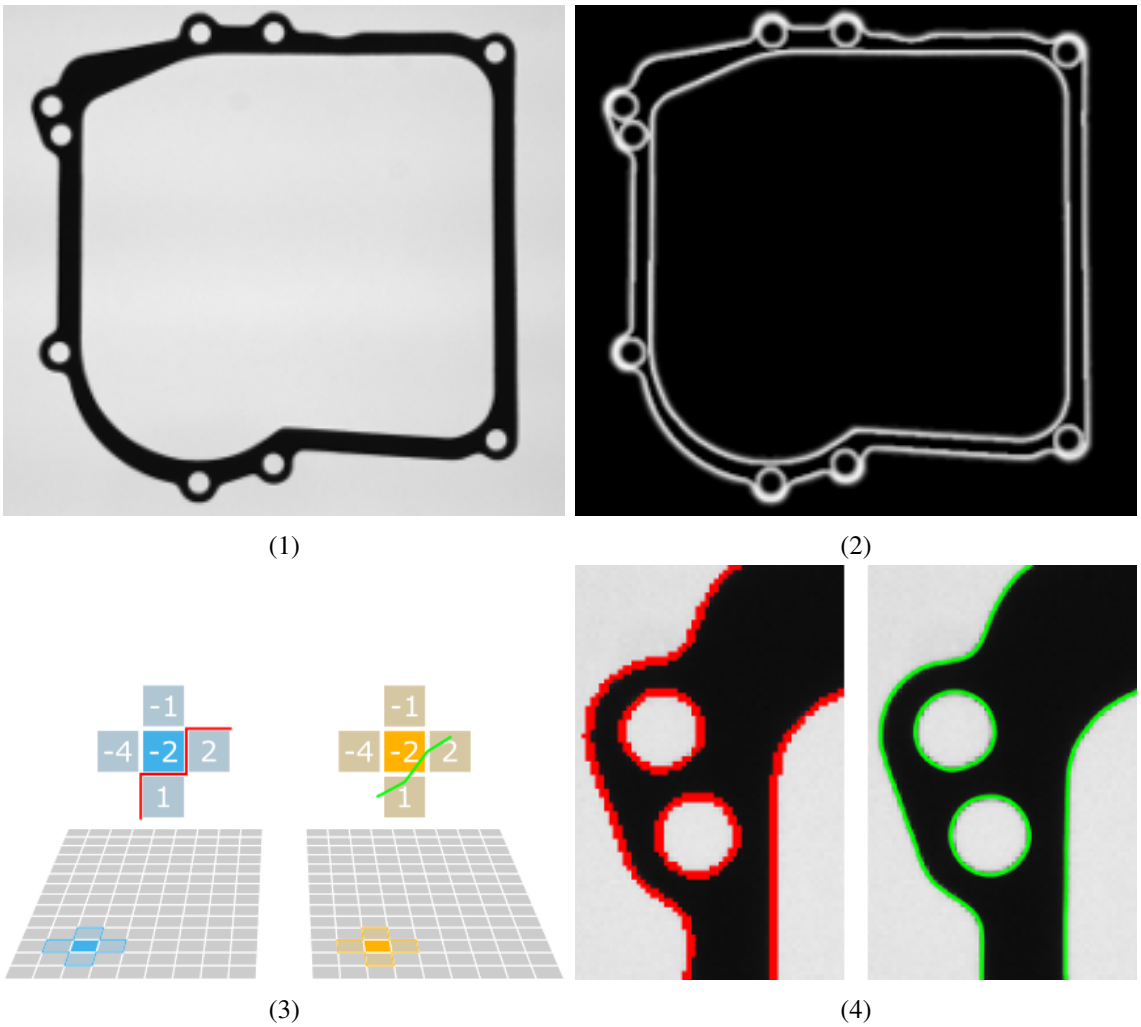
Dynamic Threshold `dyn_threshold` kann verwendet werden, um die Unterschiede zwischen Bildern zu untersuchen. Üblicherweise werden dabei das Eingabebild und eine gefilterte Version des Originals (z.B. das Mittelwertbild) pixelweise verglichen. Der Parameter `LightDark` wird dabei dazu verwendet festzulegen welche Veränderungen im Bild relevant für den Nutzer sind. Die Sensitivität des Operators kann mit dem Parameter `Offset` gesteuert werden.



(1) Eingabebild, (2) Segmentierung von Kratzern mit globalen Schwellenwerten ist aufgrund der unregelmäßigen Belichtungsverhältnisse nicht möglich, (3) Untersuchung der Grauwertdifferenzen korrespondierender Pixel in Originalbild (links) und Mittelwertbild (rechts) zur Segmentierung von Regionen in Abhängigkeit vom Parameter `Offset` (Vergrößerte Bildausschnitte), (4) Ergebnisbild nach Selektion gewünschter Regionen. Für weitere Details steht das Beispiel `surface_scratch.hdev` zur Verfügung.

Um die absoluten Differenzen zwischen zwei Bildern zu untersuchen steht der Operator `check_difference` zur Verfügung. Er ist besonders geeignet für die Detektion von Veränderung in aufeinanderfolgenden Bildaufnahmen.

Zero Crossing Threshold In Bildern, welche durch Operatoren wie `laplace_of_gauss` erzeugt werden, können Kanten an den Nulldurchgängen identifiziert werden. `zero_crossing` und `zero_crossing_sub_pix` liefern diese Kanten unter Berücksichtigung der Vierer-Nachbarschaft jedes Bildpunktes.



(1) Eingabebild, (2) Bildbereich wird reduziert und Laplace-of-Gaussian Filterung wird durchgeführt, (3) Kanten werden an den Nulldurchgängen pixelgenau (rot) bzw. subpixelgenau (grün) identifiziert, (4) Bildausschnitt des Resultats mit `zero_crossing` (rot) bzw. `zero_crossing_sub_pix` (grün).

auto_threshold (Image : Regions : Sigma :)

Segmentieren mit Schwellen aus dem Histogramm.

`auto_threshold` segmentiert ein einkanaliges Bild mittels mehrfacher Schwellenwertsegmentierung. Als erstes wird dabei das absolute Histogramm über den Grauwerten ermittelt. Dann werden im Histogramm relevante Minima gesucht, die schließlich nacheinander als Schwellen für die Schwellenwertsegmentierung dienen. Die Schwellen bestehen für Bilder vom Typ byte aus den Werten 0 und 255 und aus allen Minima des Histogramms (nach der Histogrammglättung mit einem Gaußfilter mit Standardabweichung `Sigma`). Für jedes Grauwertintervall wird *eine* Region erzeugt. Die Anzahl der Regionen ist die Anzahl der Minima + 1. Für Bilder vom Typ uint2 gilt das oben beschriebene analog. Allerdings ist es hier so, dass die höchste Schwelle 65535 beträgt. Weiterhin bezieht sich bei uint2-Bildern der Wert von `Sigma` (virtuell) auf ein Histogramm mit 256 Werten, obwohl intern Histogramme mit einer höheren Auflösung verwendet werden. Dies dient dazu, den Parameter `Sigma` bei der Umstellung zwischen Bildtypen nicht ändern zu müssen. Für float Bilder sind die Schwellenwerte der minimale und maximale Grauwert aus dem Bild sowie alle Minima die aus dem Histogramm extrahiert wurden. Hier bezieht sich der Parameter `Sigma` auf die ursprünglichen Grauwerte. Um so größer der Wert von `Sigma` ist, um so weniger Regionen werden extrahiert. Das Verfahren ist dann einsetzbar, wenn die gesuchten Regionen einheitliche Grauwerte ausweisen (homogene Regionen).

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
Eingabebild.

▷ **Regions** (output_object) . . . . . region-array ⇝ *object*
Regionen mit den Punkten innerhalb der Grauwertintervalle.

▷ **Sigma** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Sigma für Gaußglättung des Histogramms.
Default: 2.0
Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0}
(lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.3

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
median_image (Image, Median, 'circle', 3, 'mirrored')
auto_threshold (Median, Seg, 2.0)
connection (Seg, Connected)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`anisotropic_diffusion`, `median_image`, `illuminate`

Nachfolger

`connection`, `select_shape`, `select_gray`

Alternativen

`binary_threshold`, `char_threshold`

Siehe auch

`gray_histo`, `gray_histo_abs`, `histo_to_thresh`, `smooth_funct_1d_gauss`, `threshold`

Modul

Foundation

binary_threshold (Image : Region : Method, LightDark : UsedThreshold)

Segmentieren mit verschiedenen globalen Schwellenwertoperationen.

`binary_threshold` segmentiert ein einkanaliges Bild `Image` mit einem automatisch bestimmten globalen Schwellenwert und gibt die segmentierte `Region` zurück. Dies ist z.B. für die Segmentierung von Buchstaben und Zeichen auf gleichmäßig beleuchtetem Hintergrund geeignet. `binary_threshold` gibt auch den verwendeten Schwellenwert in `UsedThreshold` zurück.

Der verwendete Schwellenwert wird mit der in `Method` angegebenen Methode bestimmt. Derzeit stehen die beiden folgenden Methoden zur Verfügung: *'max_separability'* und *'smooth_histo'*. Beide Verfahren sollten nur auf Bilder angewendet werden, die ein bimodales Histogramm haben.

Die Methode *'smooth_histo'* stellt die Funktionalität zur Verfügung, die vom Operator `bin_threshold` bereitgestellt wurde. Die Methode *'max_separability'* ist weniger empfindlich gegenüber dünnen und isolierten Spitzen im Histogramm. Außerdem tendiert diese Methode dazu, Werte für `UsedThreshold` zu bestimmen, die näher am Schwerpunkt des Histogramms liegen. In vielen Fällen ist die Methode *'max_separability'* schneller als *'smooth_histo'*.

Maximierung der Trennbarkeit

Bei der Wahl von *'max_separability'* als Verfahren in `Method` wird eine automatische Bestimmung eines globalen Schwellenwertes nach dem Verfahren von Otsu (siehe Referenzen) durchgeführt.

Der Algorithmus berechnet zuerst das Histogramm des Bildes und verwendet dann statistische Momente um die optimale Schwelle T^* zu bestimmen. Die Schwelle trennt die Pixel so in Vordergrund und Hintergrund, dass die Streuung zwischen den beiden Klassen maximiert wird.

- Für `LightDark` = *'light'* werden alle Pixel mit Grauwert größer gleich T^* ausgewählt.
- Für `LightDark` = *'dark'* werden alle Pixel mit Grauwert kleiner als T^* ausgewählt.

Das Verfahren 'max_separability' ist nur für byte- und uint2-Bilder verfügbar.

Verfahren mit Glättung des Histogramms

Bei der Wahl von *'smooth_histo'* als Verfahren in `Method` wird der optimale Schwellenwert T^* wie folgt bestimmt: Als erstes wird dabei das relative Histogramm über den Grauwerten ermittelt. Dann werden im Histogramm relevante Minima gesucht, die als Schwellen für die Schwellenwertsegmentierung dienen. Um die Anzahl der Minima zu reduzieren, wird das Histogramm wie bei `auto_threshold` mit einer Gaußmaske geglättet. Die Maske wird dabei so lange vergrößert, bis nur noch ein Minimum vorhanden ist. Der Schwellenwert T^* wird dann auf dieses Minimum gesetzt.

- Für `LightDark` = *'light'* wird jedes Pixel $p(r, c)$ dessen Grauwert größer gleich der lokalen Schwelle T^* ist selektiert.
- Für `LightDark` = *'dark'* wird jedes Pixel $p(r, c)$ dessen Grauwert kleiner als die lokale Schwelle T^* ist selektiert.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild.

▷ **`Region`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Segmentierte Ausgaberegion.

▷ **`Method`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Auswahl des Verfahrens.
Default: 'max_separability'
Werteliste: `Method` ∈ {'max_separability', 'smooth_histo'}

▷ **`LightDark`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Segmentierung des Vordergrunds oder des Hintergrunds.
Default: 'dark'
Werteliste: `LightDark` ∈ {'dark', 'light'}

▷ **`UsedThreshold`** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *integer* / string
Angewandte Schwelle.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

`connection`, `select_shape`, `select_gray`

Alternativen

`auto_threshold`, `char_threshold`, `local_threshold`

Siehe auch

`gray_histo`, `threshold`

Literatur

N. Otsu, „A threshold selection method from gray level histograms", IEEE Trans. Syst. Man. Cybern., Vol. SMC-9, 62-66 (1979).

Modul

Foundation

char_threshold (Image, HistoRegion : Characters : Sigma, Percent : Threshold)

Segmentieren mit Schwellen für Texte.

char_threshold ist darauf spezialisiert, in einkanaligen Bildern dunkle Schriftzeichen von hellem Hintergrund zu segmentieren. Die Vorgehensweise ist dabei wie folgt: Zuerst wird das Histogramm der Grauwerte des Bildes Image für die Punkte der Region HistoRegion ermittelt und zur Rauschunterdrückung mit einer Gaußmaske (Parameter Sigma) geglättet. In diesem Histogramm kennzeichnet das Maximum den Hintergrund (weißes Papier), während die Schriftzeichen ein kleines lokales Maximum bei niedrigen Grauwerten verursachen. Im Gegensatz zum Operator binary_threshold (mit Method='smooth_histo') wird nun nicht nach dem Minimum zwischen den beiden Maxima gesucht; der Schwellenwert wird stattdessen in Relation zum Maximum des Histogramms, also zum Hintergrund, nach folgender Bedingung bestimmt:

$$Histogramm[\text{Schwellenwert}] * 100.0 < Histogramm[\text{Maximum}] * (100.0 - \texttt{Percent})$$

Falls z.B. Percent = 95 gewählt wird, sucht der Operator den Grauwert, dessen Häufigkeit höchstens 5 Prozent der maximalen Häufigkeit beträgt. Da char_threshold annimmt, dass die Schriftzeichen dunkler sind als der Hintergrund, wird der Schwellenwert links vom Maximum gesucht.

Im Vergleich zu binary_threshold sollte char_threshold dann eingesetzt werden, wenn kein deutliches Minimum zwischen den beiden zu den Schriftzeichen bzw. zum Hintergrund gehörenden Maxima besteht oder die Schriftzeichen gar kein lokales Maximum verursachen. Dies tritt z.B. bei ungleichmäßiger Beleuchtung auf, oder wenn das Bild nur wenige Schriftzeichen enthält.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object : byte*
  Eingabebild.
- ▷ **HistoRegion** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Region, in der das Histogramm berechnet wird.
- ▷ **Characters** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Dunkle Bereiche des Bildes (Buchstaben).
- ▷ **Sigma** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Sigma für Glättung des Histogramms.
  Default: 2.0
  Wertevorschläge: Sigma ∈ {0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0}
  Wertebereich: 0.0 ≤ Sigma ≤ 50.0 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 0.2
- ▷ **Percent** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Prozentwert für Grauwertunterschied.
  Default: 95
  Wertevorschläge: Percent ∈ {90, 92, 95, 96, 97, 98, 99, 99.5, 100}
  Wertebereich: 0.0 ≤ Percent ≤ 100.0 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.1
  Empfohlene Schrittweite: 0.5
- ▷ **Threshold** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Verwendeter Schwellenwert.

Beispiel

```
read_image (Image, 'letters')
char_threshold (Image, Image, Seg, 0.0, 5.0, Threshold)
connection (Seg, Connected)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

anisotropic_diffusion, median_image, illuminate

Nachfolger

connection, select_shape, select_gray

Alternativen

binary_threshold, auto_threshold, gray_histo, smooth_funct_1d_gauss, threshold

Modul

Foundation

check_difference (Image, Pattern : Selected : Mode, DiffLowerBound, DiffUpperBound, GrayOffset, AddRow, AddCol :)

Pixelweises Vergleichen zweier Bilder.

check_difference wählt aus dem Eingabebild die Bildpunkte ($g_o = g_{\texttt{Image}}$) aus, deren Grauwertabweichung von den entsprechenden Pixel in Pattern abhängig vom Parameter Mode innerhalb bzw. außerhalb des vorgegebenen Werteintervalls $[\texttt{DiffLowerBound}, \texttt{DiffUpperBound}]$ liegt. Die Pixel in Pattern werden um (AddRow, AddCol) gegenüber Image verschoben. Sei g_p der Grauwert aus Pattern, der gegenüber g_o um den Vektor (AddRow, AddCol) verschoben ist.

Dann werden im Modus *'diff_inside'* die Pixel g_o selektiert mit

$$g_o - g_p - \texttt{GrayOffset} \geq \texttt{DiffLowerBound} \quad \text{und}$$
$$g_o - g_p - \texttt{GrayOffset} \leq \texttt{DiffUpperBound}$$

und im Modus *'diff_outside'* die g_o mit

$$g_o - g_p - \texttt{GrayOffset} > \texttt{DiffLowerBound} \quad \text{oder}$$
$$g_o - g_p - \texttt{GrayOffset} < \texttt{DiffUpperBound}$$

Dieser Test wird für alle Bildpunkte aus dem Definitionsbereich von Image, geschnitten mit dem verschobenen Definitionsbereich von Pattern, durchgeführt. Alle Punkte, die die obige Bedingung erfüllen, werden in der Ausgaberegion gespeichert. Die beiden Bilder können unterschiedliche Größe haben. Typischerweise ist Pattern kleiner als Image.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
Eingabebild.

▷ **Pattern** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte
Vergleichsbild.

▷ **Selected** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Punkte, in denen sich die Bilder ähneln/unterscheiden.

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Modus: bestimme ähnliche oder verschiedene Pixel.
Default: 'diff_outside'
Wertevorschläge: Mode ∈ {'diff_inside', 'diff_outside'}

▷ **DiffLowerBound** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
Untere Grenze der erlaubten Grauwertdifferenz.
Default: -5
Wertevorschläge: DiffLowerBound ∈ {0, -1, -2, -3, -5, -7, -10, -12, -15, -17, -20, -25, -30}
Wertebereich: -255 ≤ DiffLowerBound ≤ 255 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **DiffUpperBound** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Obere Grenze der erlaubten Grauwertdifferenz.
Default: 5
Wertevorschläge: DiffUpperBound ∈ {0, 1, 2, 3, 5, 7, 10, 12, 15, 17, 20, 25, 30}
Wertebereich: -255 ≤ DiffUpperBound ≤ 255 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **GrayOffset** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Korrekturgrauwert, der im Eingabebild abgezogen wird.
Default: 0
Wertevorschläge: GrayOffset ∈ {-30, -25, -20, -17, -15, -12, -10, -7, -5, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 5, 7, 10, 12, 15, 17, 20, 25, 30}
Wertebereich: -255 ≤ GrayOffset ≤ 255 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 2

▷ **AddRow** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *integer*
Zeilenkoordinate, um die das Vergleichsbild verschoben wird.
Default: 0
Wertevorschläge: AddRow ∈ {-200, -100, -20, -10, 0, 10, 20, 100, 200}
Wertebereich: -32000 ≤ AddRow ≤ 32000 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **AddCol** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *integer*
Spaltenkoordinate, um die das Vergleichsbild verschoben wird.
Default: 0
Wertevorschläge: AddCol ∈ {-200, -100, -20, -10, 0, 10, 20, 100, 200}
Wertebereich: -32000 ≤ AddCol ≤ 32000 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Komplexität

Sei A die Anzahl der gültigen Pixel, dann ist die Laufzeitkomplexität: $O(A)$.

Ergebnis

check_difference liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Für das Verhalten bzgl. der Eingabebilder und Ausgaberegionen sind die Flags *'no_object_result'*, *'empty_region_result'* und *'store_empty_region'* einstellbar (siehe set_system). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Nachfolger

connection, select_shape, reduce_domain, select_gray, rank_region, dilation1, opening

Alternativen

sub_image, dyn_threshold

Modul

Foundation

dual_threshold (Image : RegionCrossings : MinSize, MinGray, Threshold :)

Segmentieren mit Schwellen für Bilder mit Vorzeichen.

dual_threshold segmentiert das Eingabebild in eine Teilregion mit Grauwerten $\geq$Threshold („positive“ Bildbereiche) und eine mit Grauwerten $\leq -$Threshold („negative“ Bildbereiche). Nur „positive“ oder „negative“ Teilbereiche mit einer Fläche größer als MinSize werden dabei berücksichtigt. Teilbereiche, deren maximaler Grauwert betragsmäßig kleiner ist als MinGray, werden unterdrückt.

Die durchgeführte Segmentierung ist nicht vollständig, d.h. die „positiven“ und „negativen“ Ergebnisregionen überdecken zusammengenommen nicht unbedingt das ganze Eingabebild. Es bleiben alle Bildbereiche unberücksichtigt, deren Grauwerte zwischen $-$Threshold und Threshold (bzw. $-$MinGray und MinGray) liegen.

dual_threshold schließt sich typischerweise an die Anwendung von Laplace-Operatoren wie (laplace, laplace_of_gauss, derivate_gauss oder diff_of_gauss) oder eine Bildsubtraktion (sub_image) an. In den Nulldurchgängen des Laplace-Operators spiegeln sich Bildkanten wider, die sich als Trennlinien zwischen den „positiven“ und „negativen“ Bildbereichen bestimmen lassen. Dazu ruft man zuerst dual_threshold mit Threshold = 1 auf und erzeugt dann die komplementäre Regionen mittels complement. Der Parameter MinGray steuert dabei die Rauschinvarianz,während MinSize das Auflösungsvermögen der Kantendetektion steuert.

Bei Pixeltypen ohne Vorzeichen (byte) wird nur die positive Hälfte der Segmentierung durchgeführt. dual_threshold verhält sich also wie eine einfaches Schwellenwertverfahren (threshold) mit nachgeschaltetem connection und select_gray.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / int4 / real
  Eingabebild.
- ▷ **RegionCrossings** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
  „Positive“ und „negative“ Teilregionen.
- ▷ **MinSize** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Teilregionen mit weniger als MinSize Fläche werden unterdrückt.
  Default: 20
  Wertevorschläge: MinSize $\in$ {0, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000}
  Wertebereich: $0 \leq$ MinSize $\leq$ 10000 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 10
- ▷ **MinGray** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Teilregionen, deren maximaler Grauwert betragsmäßig kleiner als MinGray ist, werden unterdrückt.
  Default: 5.0
  Wertevorschläge: MinGray $\in$ {1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 9.0, 11.0, 15.0, 20.0}
  Wertebereich: $0 \leq$ MinGray (lin)
  Minimale Schrittweite: 1.0
  Empfohlene Schrittweite: 10.0
- ▷ **Threshold** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Zurückgeliefert werden Teilregionen, deren Grauwerte größer gleich (bzw. kleiner gleich) Threshold (-Threshold) sind.
  Default: 2.0
  Wertevorschläge: Threshold $\in$ {1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 9.0, 11.0, 15.0, 20.0}
  Wertebereich: $0 \leq$ Threshold (lin)
  Minimale Schrittweite: 1.0
  Empfohlene Schrittweite: 10.0

Beispiel

```
* Edge detection with the Laplace operator (and edge thinning)
diff_of_gauss(Image,Laplace,2.0,1.6)
* find "`positive"' and "`negative"' regions:
dual_threshold(Laplace,Region,20,2,1)
* The zero runnings are the complement to these image section:
complement(Region,ZeroCrossings)

* Simulation of dual_threshold
dual_threshold(Laplace,Result,MinS,MinG,Threshold)
threshold(Laplace,Tmp1,Threshold,999999)
```

```
connection(Tmp1,Tmp2)
select_shape(Tmp2,Tmp3,'area','and',MinS,999999)
select_gray(Laplace,Tmp3,Tmp4,'max','and',MinG,999999)
threshold(Laplace,Tmp5,-999999,-Threshold)
connection(Tmp5,Tmp6)
select_shape(Tmp6,Tmp7,'area','and',MinS,999999)
select_gray(Laplace,Tmp7,Tmp8,'min','and',-999999,-MinG)
concat_obj(Tmp4,Tmp8,Result)
```

Ergebnis

`dual_threshold` liefert normalerweise den Wert 2 (`H_MSG_TRUE`). Für das Verhalten bzgl. der Eingabebilder und Ausgaberegionen sind die Flags *'no_object_result'*, *'empty_region_result'* und *'store_empty_region'* einstellbar (siehe `set_system`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`min_max_gray`, `sobel_amp`, `binomial_filter`, `gauss_filter`, `reduce_domain`, `diff_of_gauss`, `sub_image`, `derivate_gauss`, `laplace_of_gauss`, `laplace`, `expand_region`

Nachfolger

`connection`, `dilation1`, `erosion1`, `opening`, `closing`, `rank_region`, `shape_trans`, `skeleton`

Alternativen

`threshold`, `dyn_threshold`, `check_difference`

Siehe auch

`connection`, `select_shape`, `select_gray`

Modul

Foundation

dyn_threshold (OrigImage, ThresholdImage : RegionDynThresh : Offset, LightDark :)

Segmentieren mit lokalem Schwellenwert.

`dyn_threshold` wählt aus den Eingabebildern die Bildpunkte ($g_o = g$`_OrigImage`) aus, die der Schwellenwertbedingung genügen. Sei $g_t = g$`_ThresholdImage` dann lautet diese Bedingung bei `LightDark` = *'light'*:

$$g_o \geq g_t + \texttt{Offset}$$

Bei `LightDark` = *'dark'* lautet sie:

$$g_o \leq g_t - \texttt{Offset}$$

Bei `LightDark` = *'equal'*:

$$g_t - \texttt{Offset} \leq g_o \leq g_t + \texttt{Offset}$$

Und bei `LightDark` = *'not_equal'*:

$$g_t - \texttt{Offset} > g_o \vee g_o > g_t + \texttt{Offset}$$

Typischerweise werden als Vergleichskomponenten das Original und eine geglättete Version eines Bildes verwendet (z.B. `mean_image`, `binomial_filter`, `gauss_filter`, etc.). Dann entspricht `dyn_threshold` in seiner Wirkung etwa der Anwendung von `threshold` auf ein hochpassgefiltertes Bild (`highpass_image`).

Es lassen sich Objektkanten finden, wobei die Größe (Durchmesser) der gesuchten Objekte durch die Maskengröße des Tiefpassfilters und die Steigung, bzw. Amplitude der Kante festgelegt wird.

Je größer der Maskendurchmesser gewählt wird, desto größer sind die gefundenen Regionen. Als Faustregel sollte die Maskengröße etwa doppelt so groß wie der Durchmesser der gesuchten Objekte sein. Es ist wichtig, den Parameter `Offset` nicht auf Null zu setzen, da dann zu viele kleine Regionen gefunden werden (Rauschen). Sinnvoll sind Werte, die betragsmäßig zwischen 5 und 40 liegen. Je größer `Offset` gewählt wird, desto weniger Punkte werden gefunden und umso kleiner werden die Regionen.

Alle Punkte eines Eingabebildes, die die obige Bedingung erfüllen, werden gemeinsam als eine Region abgespeichert. Die Zusammenhangskomponenten können gegebenenfalls mit `connection` berechnet werden.

Achtung

Wird `Offset` auf $-1 \ldots 1$ gesetzt, dann wird i.a. eine sehr verrauschte Region erzeugt, die viel Speicherplatz benötigt. Wird `Offset` zu groß gewählt (etwa > 60), dann kann es vorkommen, dass kein Punkt die Schwellenwertbedingung erfüllt (also eine leere Region berechnet wird). Wird `Offset` zu klein gewählt (etwa $<$ -60) dann können alle Punkte die Schwellenwertbedingung erfüllen. Es wird also eine maximale Region erzeugt.

Parameter

- ▷ **`OrigImage`** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Eingabebild.
- ▷ **`ThresholdImage`** (input_object) . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / uint2 / int4 / real
  Bild mit den lokalen Werten.
- ▷ **`RegionDynThresh`** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Segmentierte Region.
- ▷ **`Offset`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Schwellenwert für die Segmentierung.
  Default: 5.0
  Wertevorschläge: `Offset` ∈ {1.0, 3.0, 5.0, 7.0, 10.0, 20.0, 30.0}
  Wertebereich: -255.0 ≤ `Offset` ≤ 255.0 (lin)
  Minimale Schrittweite: 0.01
  Empfohlene Schrittweite: 5
- ▷ **`LightDark`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Helle,dunkle oder ähnliche Bereiche suchen.
  Default: 'light'
  Werteliste: `LightDark` ∈ {'dark', 'light', 'equal', 'not_equal'}

Beispiel

```
* Looking for regions with the diameter D
mean_image(Image,Mean,D*2+1,D*2+1)
dyn_threshold(Image,Mean,Seg,5,'light')
connection(Seg,Regions)
```

Komplexität

Sei A die Fläche der Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität $O(A)$

Ergebnis

`dyn_threshold` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Für das Verhalten bzgl. der Eingabebilder und Ausgaberegionen sind die Flags *'no_object_result'*, *'empty_region_result'* und *'store_empty_region'* einstellbar (siehe `set_system`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

`mean_image`, `smooth_image`, `binomial_filter`, `gauss_filter`

Nachfolger

connection, select_shape, reduce_domain, select_gray, rank_region, dilation1, opening, erosion1

Alternativen

check_difference, threshold

Siehe auch

highpass_image, sub_image

Modul

Foundation

fast_threshold (Image : Region : MinGray, MaxGray, MinSize :)

Schnelles Segmentieren mit globalen Schwellenwerten.

fast_threshold wählt aus den Eingabebildern die Bildpunkte aus, deren Grauwerte g der Schwellenwertbedingung

$$\texttt{MinGray} \leq g \leq \texttt{MaxGray}$$

genügen. Für eine schnellere Bearbeitung erfolgt die Auswahl der Punkte in zwei Schritten: Zunächst werden alle Punkte bestimmter Zeilen, welche durch ihren Abstand festgelegt werden, untersucht. Danach wird in der Umgebung $((2 * MinSize + 1) \times (2 * MinSize + 1))$ aller so gefundenen Punkte eine genauere Segmentierung durchgeführt.

Achtung

Auf Mehrkernprozessoren, die den SSE2 Befehlssatz unterstützen, ist threshold meist schneller als fast_threshold. fast_threshold sollte nur dann threshold vorgezogen werden, wenn diese Features nicht verfügbar sind, zum Beispiel in eingebetteten Systemen.

Parameter

- **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / direction / cyclic / real
  Eingabebild.
- **Region** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Segmentierte Region.
- **MinGray** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Untere Schwelle für die Grauwerte.
  Default: 128
  Wertevorschläge: MinGray ∈ {0.0, 10.0, 30.0, 64.0, 128.0, 200.0, 220.0, 255.0}
  Wertebereich: 0.0 ≤ MinGray ≤ 255.0 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 5.0
- **MaxGray** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Obere Schwelle für die Grauwerte.
  Default: 255.0
  Wertevorschläge: MaxGray ∈ {0.0, 10.0, 30.0, 64.0, 128.0, 200.0, 220.0, 255.0}
  Wertebereich: 0.0 ≤ MaxGray ≤ 255.0 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 5.0
- **MinSize** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
  Mindestgröße eines Objektes.
  Default: 20
  Wertevorschläge: MinSize ∈ {5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 100}
  Wertebereich: 2 ≤ MinSize ≤ 200 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 2

Komplexität

Sei A die Fläche der Ausgaberegion und $height$ die Höhe von `Image`, dann ist die Laufzeitkomplexität $O(A + height/\texttt{MinSize})$.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `fast_threshold` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Für das Verhalten bzgl. der Ein- und Ausgabebilder sind die Flags 'no_object_result', 'empty_region_result' und 'store_empty_region' einstellbar (siehe `set_system`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`histo_to_thresh`, `min_max_gray`, `sobel_amp`, `binomial_filter`, `gauss_filter`, `reduce_domain`, `fill_interlace`

Nachfolger

`connection`, `dilation1`, `erosion1`, `opening`, `closing`, `rank_region`, `shape_trans`, `skeleton`

Alternativen

`threshold`, `gen_grid_region`, `dilation_rectangle1`, `dyn_threshold`

Siehe auch

`class_2dim_sup`, `hysteresis_threshold`

Modul

Foundation

`histo_to_thresh` `( : : Histogramm, Sigma : MinThresh, MaxThresh )`

Berechnen von Grauwertschwellen aus einem Histogramm.

`histo_to_thresh` berechnet aus einem Histogramm Schwellen für eine Segmentierung mit `threshold`. Als Schwellen werden die Werte 0 und der Maximale Grauwert im Histogramm, sowie alle Minima des Histogramms verwendet. Vor der Berechnung der Schwellen wird das Histogramm mit einer Gaußfunktion geglättet.

`histo_to_thresh` kann die mit `gray_histo` erzeugten relativen und absoluten Histogramme verarbeiten. Allerdings sollten hierbei nur byte-Bilder verwendet werden, da sonst die zurückgelieferten Schwellen nicht ohne weiteres auf die entsprechenden Schwellen des Bildes umgerechnet werden können. Für die Bildtypen uint2 sollten die Histogramme mit `gray_histo_abs` berechnet werden, da dann die Umrechnung auf die Schwellen einfach durch Multiplikation mit der gewählten Quantisierung erfolgen kann. Bei uint2-Bildern ist zu beachten, dass die Quantisierung so gewählt werden sollte, dass das Histogramm noch aussagekräftige Information enthält. So hat z.B. ein 640×480 Bild mit 16 Bit Grauwertauflösung im Mittel nur $307200/65536 = 4.7$ Einträge in jeder Histogrammzelle, d.h. das Histogramm ist zu dünn besetzt, um sinnvolle Statistiken daraus ableiten zu können. Um aus einem solchen Histogramm sinnvolle Schwellen extrahieren zu können, müsste `Sigma` extrem groß gewählt werden, was zu sehr hohen Laufzeiten und numerischen Problemen führen würde. Die Quantisierung in `gray_histo_abs` sollte im Normalfall also so gewählt werden, dass das Histogramm maximal 1024 Einträge enthält. Bei Bildern mit mehr als 10 Bit pro Pixel muss die Quantisierung also größer als 1 gewählt werden. Das mit `gray_histo_abs` berechnete Histogramm ist weiterhin auf die Teile zu beschränken, die signifikante Information tragen. So sollte z.B. bei einem Bild mit 12 Bit pro Pixel die Quantisierung auf 4 gesetzt werden. Von dem berechneten Histogramm (das in diesem Fall immer noch 16384 Werte enthält), sollten die ersten 1024 Werte als Eingabe für `histo_to_thresh` ausgewählt werden. Schließlich muss `MinThresh` noch mit 4 (der Quantisierung) multipliziert werden, während `MaxThresh` mit 4 multipliziert und um 3 (der Quantisierung minus 1) erhöht werden muss.

Parameter

▷ **Histogramm** (input_control) ..... histogram-array ⇝ *integer / real*
Grauwerthistogramm.

▷ **Sigma** (input_control) ..... number ⇝ *real*
Sigma für Glättung des Histogramms.
Default: 2.0
Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0}
Wertebereich: 0.5 ≤ `Sigma` ≤ 30.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.2

▷ **MinThresh** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Minimale Schwellen.

▷ **MaxThresh** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Maximale Schwellen.

Beispiel

```
* Calculate thresholds from a byte image and threshold the image.
gray_histo (Image, Image, AbsoluteHisto, RelativeHisto)
histo_to_thresh (AbsoluteHisto, 4, MinThresh, MaxThresh)
threshold (Image, Region, MinThresh, MaxThresh)

* Calculate thresholds from a 12 bit uint2 image and threshold the image.
gray_histo_abs (Image, Image, 4, AbsoluteHisto)
AbsoluteHisto := AbsoluteHisto[0:1023]
histo_to_thresh (AbsoluteHisto, 16, MinThresh, MaxThresh)
MinThresh := MinThresh*4
MaxThresh := MaxThresh*4+3
threshold (Image, Region, MinThresh, MaxThresh)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gray_histo`

Nachfolger

`threshold`

Siehe auch

`auto_threshold`, `binary_threshold`, `char_threshold`

Modul

Foundation

local_threshold (Image : Region : Method, LightDark, GenParamName, GenParamValue :)

Segmentieren mit lokalen Schwellenwertoperationen.

`local_threshold` segmentiert ein einkanaliges Bild `Image` mit dem in `Method` angegebenen Verfahren und gibt die segmentierte `Region` zurück. Der Operator bietet momentan das Verfahren *'adapted_std_deviation'* an. Dieses Verfahren ist ein lokales Schwellenwertverfahren und liefert gute Ergebnisse auf Bildern von Dokumenten.

Adaptives Schwellenwertverfahren

Bei der Wahl von *'adapted_std_deviation'* als Verfahren in `Method` wird ein lokal adaptives Schwellenwertverfahren basierend auf lokalem Mittelwert und Standardabweichung durchgeführt. Dieses Verfahren kann zum Beispiel Bilder von Dokumenten segmentieren, die durch Veränderungen in der Beleuchtung, durch Rauschen oder andere Effekte beeinflusst wurden. Es erlaubt die Segmentierung von Text auf inhomogenem Hintergrund durch Berücksichtigung des lokalen Kontrastes. Für die Segmentierung des dunklen Vordergrunds (siehe Parameter `LightDark`) wird für ein Pixel an Position (r, c) die lokale Schwelle $T(r, c)$ in einem Fenster der Größe *'mask_size'*×*'mask_size'* (siehe *'mask_size'*) wie folgt berechnet:

$$T(r,c) = \mu(r,c)\left(1 + k\left(\frac{\sigma(r,c)}{R} - 1\right)\right)$$

Hier ist $\mu(r, c)$ der lokale Mittelwert innerhalb des Fensters und $\sigma(r, c)$ die entsprechende Standardabweichung. Der Parameter R (siehe *'range'*) ist der maximal erwartete Wert der Standardabweichung (R= 128 für byte-Bilder) und k (siehe *'scale'*) der Parameter, der kontrolliert wie stark sich der Schwellenwert $T(r, c)$ vom Mittelwert $\mu(r, c)$ unterscheidet.

Bei hohem Kontrast in der Nachbarschaft des Punktes (r, c) hat die Standardabweichung $\sigma(r, c)$ einen Wert nahe bei R, was zu einer Schwelle $T(r, c)$ nahe dem lokalen Mittelwert $\mu(r, c)$ führt. Bei niedrigem Kontrast ist die lokale Schwelle kleiner als der lokale Mittelwert. Für dunklen Text auf hellem Hintergrund der auch dunkle Regionen enthält, erlaubt dies die Segmentierung des Textes auch in den dunkleren Bereichen.

Der Parameter `LightDark` steuert, ob helle oder dunkle Strukturen segmentiert werden sollen.

- Für `LightDark` = *'dark'* werden dunkle Strukturen vor einem hellen Hintergrund segmentiert. Jedes Pixel $p(r, c)$ dessen Grauwert größer als die lokale Schwelle $T(r, c)$ ist wird selektiert.
- Für `LightDark` = *'light'* werden helle Strukturen vor einem dunklen Hintergrund segmentiert. Das Ergebnis ist im wesentlichen das gleiche, wie wenn man das Bild invertieren würde und dann den Parameter `LightDark` auf *'dark'* setzen würde.

Mit Hilfe der generischen Parameter `GenParamName` und `GenParamValue` können folgende Parameter des Verfahrens beeinflusst werden:

'mask_size': bestimmt die Maskengröße, also die Größe der Nachbarschaft, in der die lokale Schwelle bestimmt wird. Je kleiner die Maskengröße ist, umso dünner werden segmentierte Strukturen. *'mask_size'* sollte größer als die Strichbreite der zu segmentierenden Zeichen oder Strukturen gesetzt werden. Ist *'mask_size'* gerade, wird die nächst höhere ungerade Größe verwendet.

Wertevorschläge: *15*, *21*, *31*.

Default: *15*.

'scale': bestimmt den Parameter k ($0 \leq k$), der kontrolliert wie stark der Schwellenwert vom lokalen Mittelwert abweicht. Kleinere Werte für *'scale'* führen dazu, dass auch Strukturen segmentiert werden, die einen geringeren Kontrast zum Hintergrund aufweisen. Größere Werte führen zur Unterdrückung von Artefakten.

Wertevorschläge: *0.2*, *0.3*, *0.5*.

Default: *0.2*.

'range': bestimmt den maximalen Wert der Standardabweichung R. Dieser Wert sollte an den erwarteten Grauwertbereich angepasst werden. Als Faustregel kann der Wert für *'range'* auf $range = 0.5 \cdot (MaxGray - MinGray)$ gesetzt werden, wobei MinGray und MaxGray die minimalen und maximalen Grauwerte sind, die mit `min_max_gray` bestimmt werden können.

Wertevorschläge: *128*, *32767.5*.

Default: *128* (für `byte`-Bilder), *32767.5* (für `uint2`-Bilder)

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild.

▷ **`Region`** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Segmentierte Ausgaberegion.

▷ **Method** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Auswahl des Verfahrens.
Default: 'adapted_std_deviation'
Werteliste: `Method` ∈ {'adapted_std_deviation'}

▷ **LightDark** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Segmentierung des Vordergrunds oder des Hintergrunds.
Default: 'dark'
Werteliste: `LightDark` ∈ {'dark', 'light'}

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Liste der generischen Parameter.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'mask_size', 'scale', 'range'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... attribute.value(-array) ⇝ *integer* / real
Liste der Werte für die generischen Parameter.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0.2, 15, 30, 128.0}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

`connection`, `select_shape`, `select_gray`

Alternativen

`auto_threshold`, `binary_threshold`, `char_threshold`

Siehe auch

`gray_histo`, `threshold`

Literatur

J. Sauvola, M. Pietikäinen, „Adaptive document image binarization", Pattern Recognition, 33, 225-236 (2000)

Modul

Foundation

threshold (Image : Region : MinGray, MaxGray :)

Segmentieren mit globalen Schwellenwerten.

`threshold` wählt aus den Eingabebildern die Bildpunkte aus, deren Grauwerte g der Schwellenwertbedingung

$$\texttt{MinGray} \leq g \leq \texttt{MaxGray}$$

genügen.

Alle Punkte eines Eingabebildes, die die Bedingung erfüllen, werden gemeinsam als eine neue Region abgespeichert. Wird mehr als ein Grauwertbereich übergeben (Tupel von Werten für `MinGray` und `MaxGray`), dann wird für jedes dieser Intervalle eine Region erzeugt. Für Vektorfeldbilder wird der Schwellenwert nicht auf Grauwerte sondern auf die Länge der Vektoren angewandt. Um die Grenzen nach unten oder oben offen zu lassen, kann statt eines Wertes auch *'min'* beziehungsweise *'max'* für `MinGray` und `MaxGray` gesetzt werden.

Achtung

Der Bildtyp kann Auswirkungen auf die Verwendung von `MinGray` und `MaxGray` haben.

Für Bilder vom Typ Integer werden Fließkommawerte in `MinGray` und `MaxGray` abgeschnitten. Für real-Bilder oder Vektorfeldbilder werden `MinGray` und `MaxGray`, falls sie Doublewerte sind, als Fließkommawerte verwendet.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / vector_field
Eingabebild.

▷ **Region** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Segmentierte Region.

▷ **MinGray** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer / string
Untere Schwelle für die Grauwerte oder *'min'*.
Default: 128.0
Wertevorschläge: `MinGray` ∈ {0.0, 10.0, 30.0, 64.0, 128.0, 200.0, 220.0, 255.0, 'min'}

▷ **MaxGray** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer / string
Obere Schwelle für die Grauwerte oder *'max'*.
Default: 255.0
Wertevorschläge: `MaxGray` ∈ {0.0, 10.0, 30.0, 64.0, 128.0, 200.0, 220.0, 255.0, 'max'}
Restriktion: MaxGray >= MinGray

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
sobel_dir(Image,EdgeAmp,EdgeDir,'sum_abs',3)
threshold(EdgeAmp,Seg,50,255)
skeleton(Seg,Rand)
connection(Rand,Lines)
select_shape(Lines,Edges,'area','and',10,1000000)
```

Komplexität

Sei A die Fläche der Eingaberegion, dann ist die Laufzeitkomplexität $O(A)$.

Ergebnis

`threshold` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Für das Verhalten bzgl. der Eingabebilder und Ausgaberegionen sind die Flags *'no_object_result'*, *'empty_region_result'* und *'store_empty_region'* einstellbar (siehe `set_system`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`histo_to_thresh`, `min_max_gray`, `sobel_amp`, `binomial_filter`, `gauss_filter`, `reduce_domain`, `fill_interlace`

Nachfolger

`connection`, `dilation1`, `erosion1`, `opening`, `closing`, `rank_region`, `shape_trans`, `skeleton`

Alternativen

`class_2dim_sup`, `hysteresis_threshold`, `dyn_threshold`, `binary_threshold`, `char_threshold`, `auto_threshold`, `dual_threshold`

Siehe auch

`zero_crossing`, `background_seg`, `regiongrowing`

Modul

Foundation

threshold_sub_pix (Image : Border : Threshold :)

Subpixel-genaues Extrahieren von Grauwert-Höhenlinien in einem Bild

threshold_sub_pix extrahiert die Grauwert-Höhenlinien der Höhe Threshold des Eingabebildes Image subpixel-genau. Die extrahierten Höhenlinien werden als XLD-Konturen in Border zurückgegeben. Im Gegensatz zum Operator threshold liefert threshold_sub_pix keine Fläche zurück, sondern die Linien, die Bereiche mit Grauwert kleiner Threshold von Bereichen mit Grauwert größer Threshold trennen.

Bei der Extraktion wird das Eingabebild als Oberfläche interpretiert, wobei zwischen den Pixelmittelpunkten bilinear interpoliert wird. Konsistent mit der so entstehenden Oberfläche werden einzelne Grauwert-Höhenlinien für jedes Pixel extrahiert und zu topologisch „sauberen“ Konturen verknüpft. Das bedeutet, dass die Höhenlinienkonturen an Kreuzungspunkten sauber aufgetrennt werden. Falls im Bild flächenhafte Bereiche mit einem konstanten Grauwert von Threshold auftreten, wird nur der Rand solcher Gebiete als Höhenlinie zurückgeliefert.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
  Eingabebild.
- ▷ **Border** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Extrahierte Grauwert-Höhenlinien.
- ▷ **Threshold** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Schwellenwert für die Grauwert-Höhenlinien.
  Default: 128
  Wertevorschläge: Threshold ∈ {0.0, 10.0, 30.0, 64.0, 128.0, 200.0, 220.0, 255.0}

Beispiel

```
read_image(Image,'fabrik')
threshold_sub_pix(Image,Border,35)
dev_display(Border)
```

Ergebnis

threshold_sub_pix liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

threshold

Siehe auch

zero_crossing_sub_pix

Modul

2D Metrology

var_threshold (Image : Region : MaskWidth, MaskHeight, StdDevScale, AbsThreshold, LightDark :)

Segmentieren mit Schwellen durch lokale Analyse von Mittelwert und Standardabweichung.

Mit var_threshold ist es möglich, Pixel des Eingabebildes Image zu selektieren, die

- eine hohe lokale Standardabweichung (für positive StdDevScale), oder eine niedrige lokale Standardabweichung (für negative StdDevScale) aufweisen

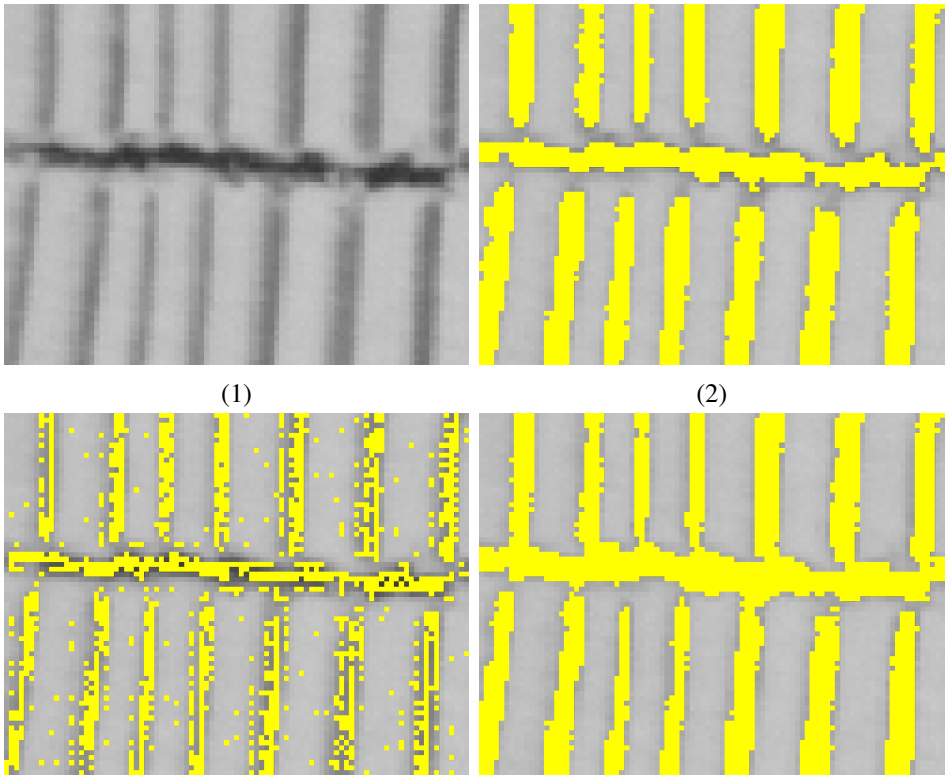
und

- lokal hell oder dunkel sind, gemäß LightDark.

Damit ist es möglich, Regionen in einem unregelmäßigen, verrauschten oder ungleichmäßig ausgeleuchteten Hintergrund zu finden.

Hinweise zu den Eingabeparametern

MaskWidth, MaskHeight Die Größe der Filtermaske, die durch MaskWidth und MaskHeight festgelegt wird, bestimmt die maximale Größe der Objekte, die segmentiert werden. Wenn die Maske allerdings zu groß ist, können Objekte, die dicht nebeneinander sind, miteinander verbunden werden.



(1) (2)

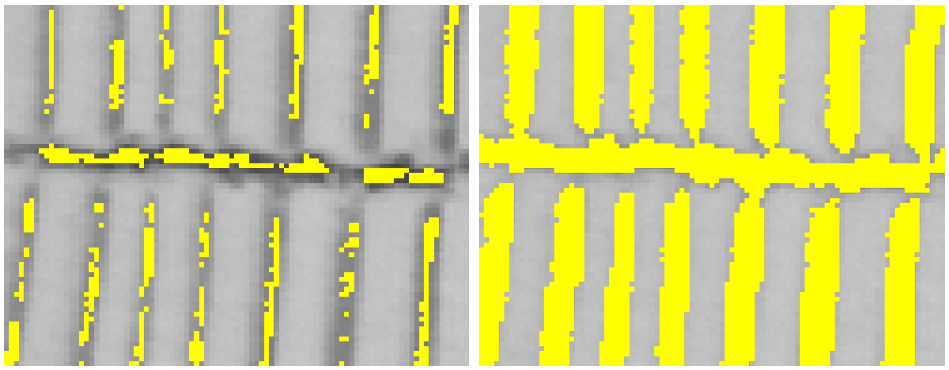
(3) (4)

(1) Ursprüngliches Bild; das Ziel ist es, die vertikalen Linien zu zählen. (2) MaskWidth := *12*, MaskHeight := *12*, StdDevScale := *0.1*, alle vertikalen Linien werden korrekt segmentiert. (3) Falls die Maskengröße zu gering gewählt wird (*3*), werden die gewünschten Regionen nicht korrekt ausgewählt. (4) Falls die Maske zu groß ist (*40*), werden Objekte, die dicht nebeneinander sind, miteinander verbunden.

Wenn MaskWidth oder MaskHeight gerade Werte enthalten, werden die nächstgrößeren ungeraden Werte genutzt. Insgesamt kann *3* als geringster sinnvoller Wert angesehen werden.

StdDevScale Die lokale Standardabweichung wird als Maß für das Rauschen im Bild genutzt. Sie kann durch StdDevScale auf die gewünschte Empfindlichkeit skaliert werden. Ein höherer Wert bedeutet, dass Pixel selektiert werden, die sich stark von ihrer Umgebung unterscheiden.

Ein sinnvoller Wertebereich für den Parameter StdDevScale liegt zwischen -1.0 und 1.0. Vorgeschlagen wird der Wert 0.2. Wenn der Wert zu groß oder zu klein gewählt wird, kann eine komplett volle oder leere Region zurückgegeben werden.



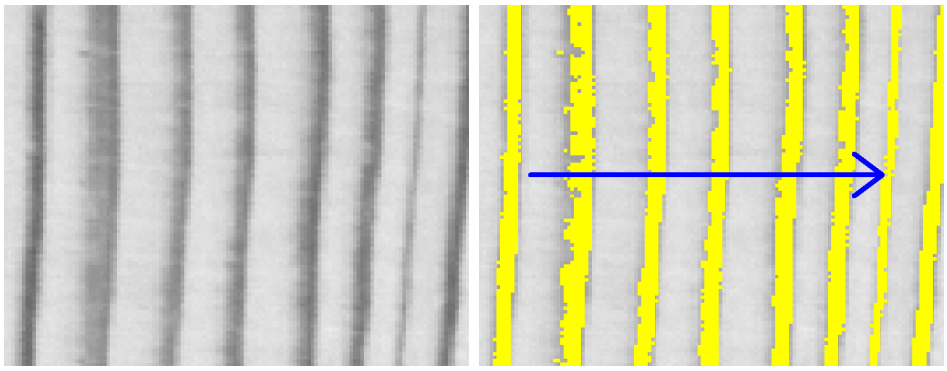
(1) (2)

(1) Falls `StdDevScale` zu groß gewählt wird (*1.3*), ist der Operator zu 'wählerisch'; nur Pixel, die ihrer Umgebung sehr ähnlich sind, werden ausgewählt. (2) Falls `StdDevScale` zu gering ist (*-0.3*), werden zu viele Pixel ausgewählt, die ihrer Umgebung nur bedingt ähnlich sind.

`AbsThreshold` In homogenen Bereichen eines Bildes ist die Standardabweichung gering; der Einfluss von einzelnen Grauwerten ist daher sehr hoch. Um die Empfindlichkeit des Operators in homogenen Bereichen zu reduzieren, kann `AbsThreshold` angepasst werden. Damit können kleine Grauwertänderungen in homogenen Umgebungen ignoriert werden. Beachten Sie, falls Sie `StdDevScale` negativ wählen, sollte `AbsThreshold` entsprechend auch negativ sein.

`LightDark` Wenn *'light'* oder *'dark'* ausgewählt sind, werden jeweils alle Pixel selektiert, die heller bzw. dunkler als ihre Umgebung sind. *'equal'* selektiert alle Pixel, die von keiner der beiden Einstellungen ausgewählt werden; also alle Pixel, die ihrer Umgebung recht ähnlich sind. *'not_equal'* vereint alle Pixel von *'light'* und *'dark'*; es werden also alle Pixel selektiert, die sich von ihrer Umgebung unterscheiden.

Die Berechnung



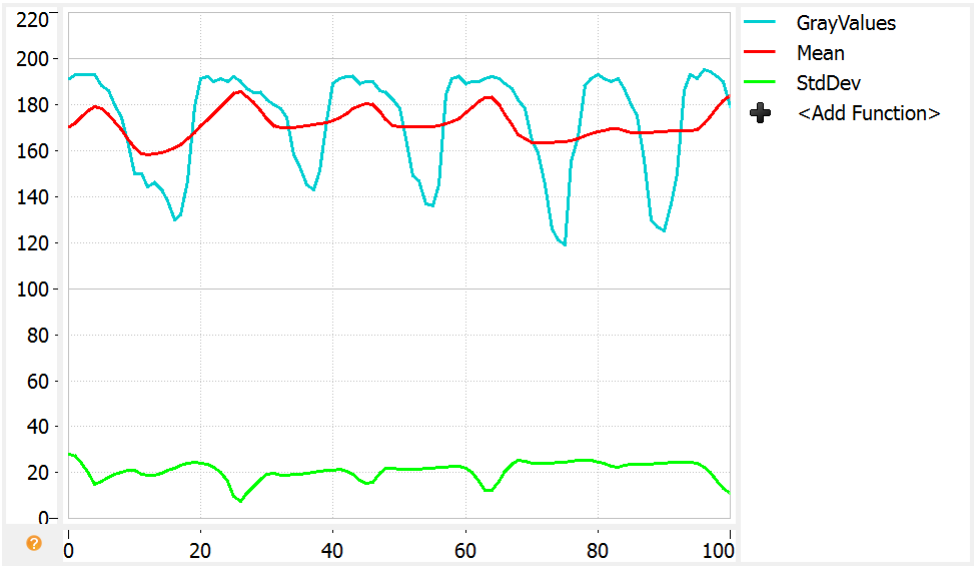
(1) (2)

(1) Ursprüngliches Bild. (2) Segmentiertes Bild (*0.6*, `MaskWidth` := *15*, `MaskHeight` := *15*, `AbsThreshold` := *10*). Die folgenden Bilder visualisieren beispielhaft, wie das Resultat entlang des blauen Pfeils entstanden ist.

`var_threshold` selektiert die Regionen des Eingabebildes `Image`, in denen die Bildpunkte eine Schwellenwertbedingung erfüllen. Der Schwellenwert wird aus dem Mittelwert und der Standardabweichung in einer lokalen Maske der Größe `MaskWidth` x `MaskHeight` um jeden Bildpunkt (x, y) berechnet.

Sei

- $g(x, y)$ der Grauwert des Eingabebildes `Image` an der Position (x, y),
- $m(x, y)$ der korrespondierende Mittelwert, und
- $d(x, y)$ die Standardabweichung der Grauwerte in der Maske um den Bildpunkt.



Der ursprüngliche Grauwert (GrayValue), der korrespondierende Mittelwert (Mean), und die Standardabweichung (StdDev) der Grauwerte in der Maske um diese Bildpunkte.

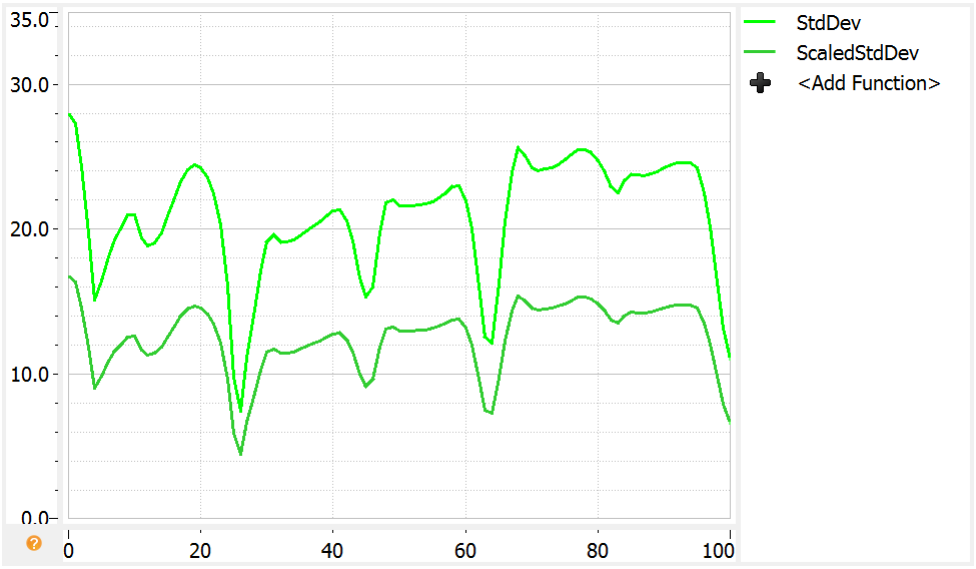
Der variable Schwellenwert $v(x, y)$ ist dann definiert als

$v(x, y) = max(\texttt{StdDevScale} * d(x, y), \texttt{AbsThreshold})$ für $\texttt{StdDevScale} \geq 0$

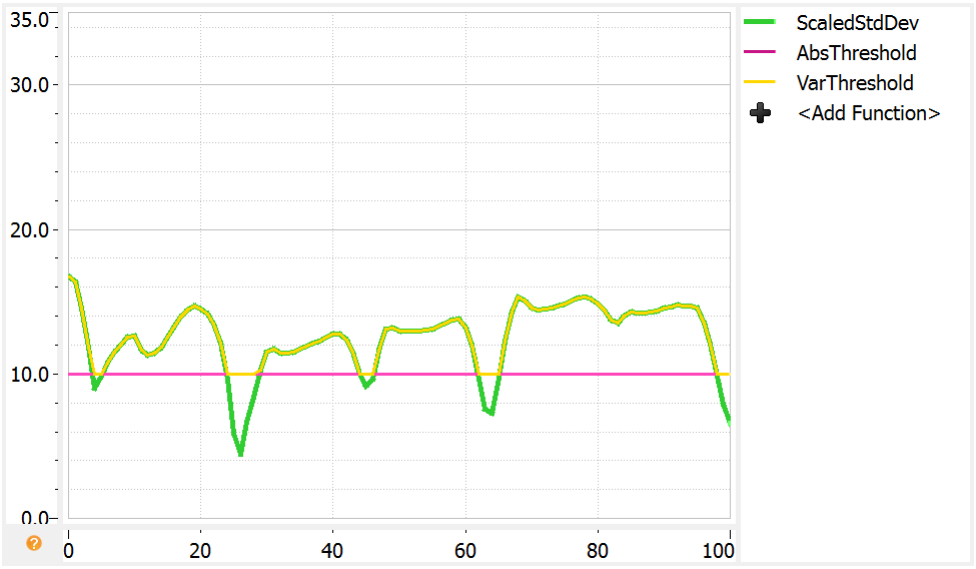
oder

$v(x, y) = min(\texttt{StdDevScale} * d(x, y), \texttt{AbsThreshold})$ für $\texttt{StdDevScale} < 0$.

Interpretation: Für eine positive `StdDevScale` wird jeder Pixel analysiert. Es wird überprüft, ob der benutzerdefinierte Wert von `AbsThreshold` oder die skalierte Standardabweichung größer ist. Der größere Wert wird als variabler Schwellenwert $v(x, y)$ genutzt. Für eine negative `StdDevScale` wird der jeweils kleinere Wert genutzt.



Die Standardabweichung kann mit `StdDevScale` skaliert werden.

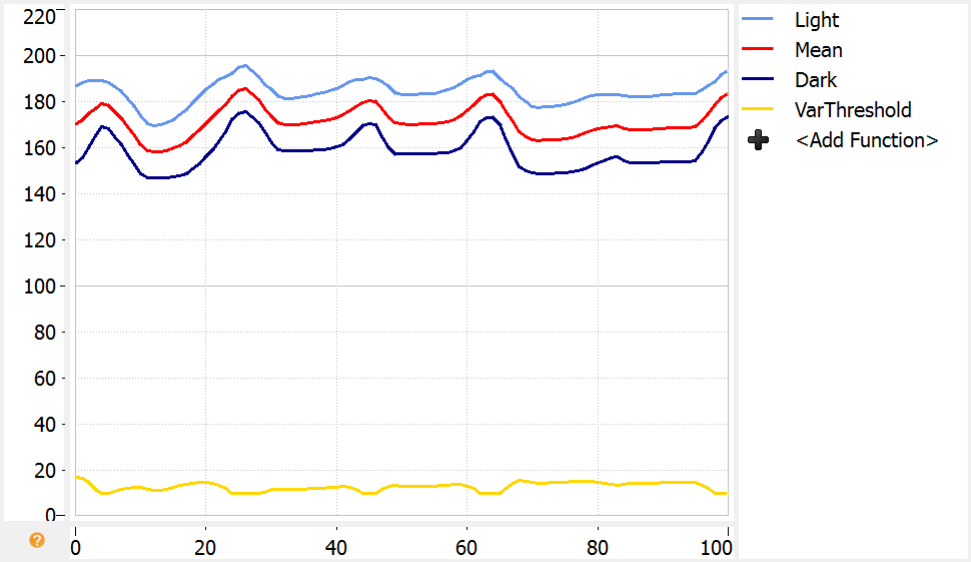


Der variable Schwellenwert wird aus der skalierten Standardabweichung und `AbsThreshold` berechnet.

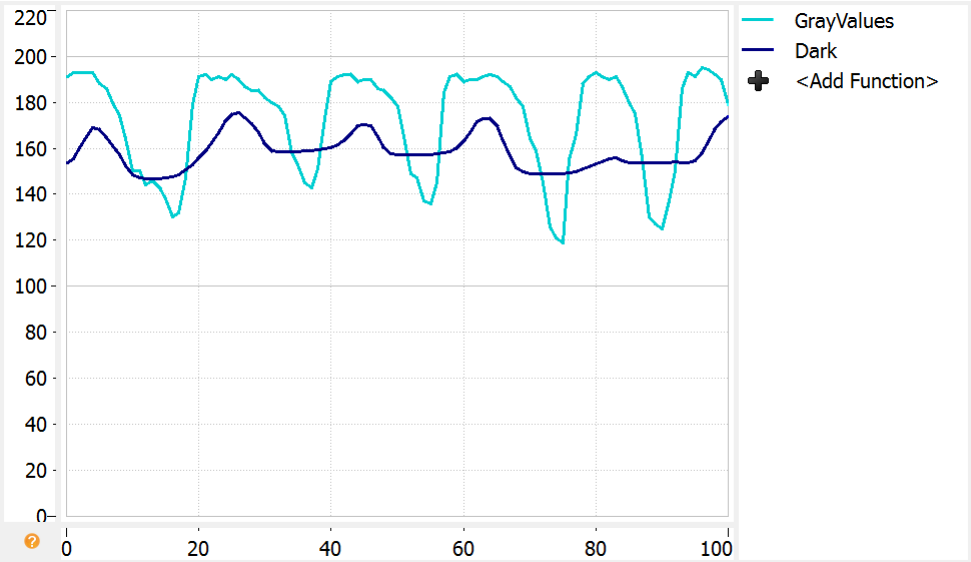
Welche Pixel basierend auf dem variablen Schwellenwert ausgewählt werden, bestimmt der Parameter `LightDark`:

- *'light'*:
  $g(x, y) \geq m(x, y) + v(x, y)$.
  Interpretation: Falls ein Pixel um $v(x, y)$ heller ist als seine Umgebung, wird er selektiert.

- *'dark'*:
  $g(x,y) \leq m(x,y) - v(x,y)$.
  Interpretation: Falls ein Pixel um $v(x,y)$ dunkler ist als seine Umgebung, wird er selektiert.
- *'equal'*:
  $m(x,y) - v(x,y) \leq g(x,y) \leq m(x,y) + v(x,y)$.
  Interpretation: Es werden genau die Pixel ausgewählt, die weder von *'light'* noch von *'dark'* ausgewählt werden, also die Pixel, die ihrer Umgebung recht ähnlich sind.
- *'not_equal'*:
  $m(x,y) - v(x,y) > g(x,y) \quad \vee \quad g(x,y) > m(x,y) + v(x,y)$.
  Interpretation: Es werden alle Pixel von *'light'* und *'dark'* ausgewählt, also alle Pixel, die sich um $v(x,y)$ von ihrer Umgebung unterscheiden.



'light' und *'dark'* basieren auf dem korrespondierenden Mittelwert und dem variablen Schwellenwert.



Zum Beispiel werden, wenn *'dark'* ausgewählt ist, alle Pixel selektiert, bei denen die 'Dark'-Kurve über der 'GrayValues'-Kurve ist.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / int2 / int4 / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **Region** (output_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Segmentierte Regionen.
- ▷ **MaskWidth** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
  Breite des Maskenfensters für Mittelwert- und Standardabweichungsberechnung.
  Default: 15
  Wertevorschläge: `MaskWidth` ∈ {9, 11, 13, 15}
  Restriktion: MaskWidth >= 1
- ▷ **MaskHeight** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
  Höhe des Maskenfensters für Mittelwert- und Standardabweichungsberechnung.
  Default: 15
  Wertevorschläge: `MaskHeight` ∈ {9, 11, 13, 15}
  Restriktion: MaskHeight >= 1
- ▷ **StdDevScale** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Faktor für die Standardabweichung der Grauwerte.
  Default: 0.2
  Wertevorschläge: `StdDevScale` ∈ {-0.2, -0.1, 0.1, 0.2}
- ▷ **AbsThreshold** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Minimale Grauwertdifferenz zum Mittelwert.
  Default: 2
  Wertevorschläge: `AbsThreshold` ∈ {-2, -1, 0, 1, 2}
- ▷ **LightDark** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Schwellenwerttyp.
  Default: 'dark'
  Werteliste: `LightDark` ∈ {'dark', 'light', 'equal', 'not_equal'}

Komplexität

Sei A die Größe der Eingaberegion, dann beträgt die Laufzeit $O(A)$.

Ergebnis

`var_threshold` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, wenn alle Parameter korrekt angegeben sind. Das Verhalten bezüglich der Eingabebilder und Ausgaberegionen kann mit den Werten von *'no_object_result'*, *'empty_region_result'*, und *'store_empty_region'* im Operator `set_system` kontrolliert werden. Wenn nötig wird eine Ausnahmebehandlung vorgenommen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Alternativen

`dyn_threshold`, `threshold`

Literatur

W.Niblack, "An Introduction to Digital Image Processing", Page 115-116, Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall, 1986

Modul

Foundation

`zero_crossing ( Image : RegionCrossing : : )`

Extrahieren von Nulldurchgängen in einem Bild.

zero_crossing liefert als Ausgaberegion die Nulldurchgänge im übergebenen Eingabebild zurück. Ein Pixel wird dabei als Nulldurchgang markiert (d.h. in die Ausgaberegion RegionCrossing aufgenommen), wenn sein Grauwert (in Image) gleich Null ist oder mindestens einer seiner Nachbarn in 4er Nachbarschaft ein anderes Vorzeichen aufweist.

Diese Routine wird sinnvollerweise nach einer Kantenfilterung, die die zweite Ableitung bestimmt (z.B. laplace_of_gauss), gegebenenfalls gefolgt von einer Glättungsoperation aufgerufen. In diesem Fall markieren die Nulldurchgänge Kanten(kandidaten).

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* int1 / int2 / int4 / real
  Eingabebild.
- ▷ **RegionCrossing** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Nulldurchgänge.

Ergebnis

zero_crossing liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.
- Automatisch parallelisiert auf Domainebene.

Vorgänger

laplace, laplace_of_gauss, derivate_gauss

Nachfolger

connection, skeleton, boundary, select_shape, fill_up

Alternativen

threshold, dual_threshold, zero_crossing_sub_pix

Modul

Foundation

zero_crossing_sub_pix (Image : ZeroCrossings : :)

Subpixel-genaues Extrahieren von Nulldurchgängen in einem Bild

zero_crossing_sub_pix extrahiert die Nulldurchgänge des Eingabebildes Image subpixel-genau. Die extrahierten Nulldurchgänge werden als XLD-Konturen in ZeroCrossings zurückgegeben. zero_crossing_sub_pix kann somit zur subpixel-genauen Kantenextraktion verwendet werden, wenn als Eingabebild ein Laplace-gefiltertes Bild übergeben wird (siehe laplace, laplace_of_gauss, derivate_gauss).

Bei der Extraktion wird das Eingabebild als Oberfläche interpretiert, wobei zwischen den Pixelmittelpunkten bilinear interpoliert wird. Konsistent mit der so entstehenden Oberfläche werden einzelne Nulldurchgangslinien für jedes Pixel extrahiert und zu topologisch „sauberen“ Konturen verknüpft. Das bedeutet, dass die Nulldurchgangskonturen an Kreuzungspunkten sauber aufgetrennt werden. Falls im Bild flächenhafte Bereiche mit einem konstanten Grauwert von 0 auftreten, wird nur der Rand solcher Gebiete als Nulldurchgang zurückgeliefert.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* int1 / int2 / int4 / real
  Eingabebild.
- ▷ **ZeroCrossings** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Extrahierte Nulldurchgänge.

Beispiel

```
* Detection zero crossings of the Laplacian-of-Gaussian
* of an aerial image
read_image(Image,'mreut')
derivate_gauss(Image,Laplace,3,'laplace')
zero_crossing_sub_pix(Laplace,ZeroCrossings)
dev_display(ZeroCrossings)

* Detection of edges, i.e, zero crossings of the Laplacian-of-Gaussian
* that have a large gradient magnitude, in an aerial image
read_image(Image,'mreut')
Sigma := 1.5
* Compensate the threshold for the fact that derivate_gauss(...,'gradient')
* calculates a Gaussian-smoothed gradient, in which the edge amplitudes
* are too small because of the Gaussian smoothing, to correspond to a true
* edge amplitude of 20.
Threshold := 20/(Sigma*sqrt(2*3.1415926))
derivate_gauss(Image,Gradient,Sigma,'gradient')
threshold(Gradient,Region,Threshold,255)
reduce_domain(Image,Region,ImageReduced)
derivate_gauss(ImageReduced,Laplace,Sigma,'laplace')
zero_crossing_sub_pix(Laplace,Edges)
dev_display(Edges)
```

Ergebnis

`zero_crossing_sub_pix` liefert normalerweise den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`laplace`, `laplace_of_gauss`, `diff_of_gauss`, `derivate_gauss`

Alternativen

`zero_crossing`

Siehe auch

`threshold_sub_pix`

Modul

2D Metrology

24.6 Topographie

`critical_points_sub_pix` (`Image` : : `Filter`, `Sigma`, `Threshold` : `RowMin`, `ColumnMin`, `RowMax`, `ColumnMax`, `RowSaddle`, `ColumnSaddle`)

Subpixelgenaue Detektion von kritischen Punkten in einem Bild.

`critical_points_sub_pix` extrahiert subpixelgenau kritische Punkte, also lokale Maxima, lokale Minima und Sattelpunkte, aus dem Bild `Image`. Zur Detektion der kritischen Punkte wird das Eingangsbild in jedem Punkt durch ein quadratisches Polynom in x und y approximiert und dieses auf Extremstellen und Sattelpunkte hin untersucht. Um das Polynom aufzustellen, werden die partiellen Ableitungen abhängig von `Filter` entweder

mit verschiedenen Ableitungen der Gaußfunktion oder nach dem Facet-Modell berechnet. Im ersten Fall bestimmt Sigma die Größe der verwendeten Gaußkerne, im zweiten Fall erfolgt vor der Berechnung der partiellen Ableitungen eine Glättung des Eingabebildes mit einem Gaußfilter der Größe Sigma. Der Modus *'facet'* ist damit etwas schneller, liefert aber auch etwas ungenauere Resultate. Sind beide Eigenwerte der Hessematrix im untersuchten Punkt ihrem Betrage nach größer als Threshold, dann liegt ein Extrem- oder Sattelpunkt vor. Die Eigenwerte entsprechen der Krümmung der Grauwertoberfläche. Sind beide Eigenwerte negativ, so liegt ein lokales Maximum vor, sind beide positiv, ein lokales Minimum; bei unterschiedlichen Vorzeichen liegt ein Sattelpunkt vor.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
  Eingabebild.
- ▷ **Filter** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Verfahren zur Berechnung der partiellen Ableitungen.
  Default: 'facet'
  Werteliste: Filter ∈ {'facet', 'gauss'}
- ▷ **Sigma** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Sigma der Gaußfunktion. Ist Filter auf 'facet' gesetzt, kann Sigma auf 0.0 gesetzt werden, um eine Glättung des Eingangsbildes zu vermeiden.
  Wertevorschläge: Sigma ∈ {0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 3.0}
  Restriktion: Sigma >= 0.0
- ▷ **Threshold** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Mindestbetrag der Eigenwerte der Hessematrix.
  Default: 5.0
  Wertevorschläge: Threshold ∈ {2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0}
  Restriktion: Threshold >= 0.0
- ▷ **RowMin** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinaten der gefundenen Minima.
- ▷ **ColumnMin** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinaten der gefundenen Minima.
- ▷ **RowMax** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinaten der gefundenen Maxima.
- ▷ **ColumnMax** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinaten der gefundenen Maxima.
- ▷ **RowSaddle** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinaten der gefundenen Sattelpunkte.
- ▷ **ColumnSaddle** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinaten der gefundenen Sattelpunkte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert critical_points_sub_pix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

gen_cross_contour_xld, disp_cross

Alternativen

local_min_sub_pix, local_max_sub_pix, saddle_points_sub_pix

Siehe auch

local_min, local_max, plateaus, plateaus_center, lowlands, lowlands_center

Modul

Foundation

local_max (Image : LocalMaxima : :)

Detektieren aller Punkte, deren Grauwerte die lokale Maxima sind.

local_max wählt all die Punkte aus Image aus, deren Grauwert größer ist als die Grauwerte aller benachbarten Pixel, und gibt sie in LocalMaxima zurück. Die zu berücksichtigende Umgebung kann mit set_system(::'neighborhood',<4/8>) eingestellt werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
Eingabebild.

▷ **LocalMaxima** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Gefundene lokale Maxima als Region.
Parameteranzahl: LocalMaxima == Image

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"
using namespace Halcon;

int main (int argc, char *argv[])
{
  using namespace Halcon;
  if (argc != 2)
  {
    cout << "Usage : " << argv[0] << " <name of image>" << endl;
    return (-1);
  }

  HImage   image (argv[1]);
  HWindow  win;

  image.Display (win);

  HImage       cres = image.CornerResponse (5, 0.04);
  HRegionArray maxi = cres.LocalMax ();

  win.SetColored (12);
  maxi.Display (win);
  win.Click ();

  return (0);
}
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

binomial_filter, gauss_filter, smooth_image

Nachfolger

get_region_points, connection

Alternativen

nonmax_suppression_amp, plateaus, plateaus_center

Siehe auch

monotony, topographic_sketch, corner_response, texture_laws

Modul

Foundation

local_max_sub_pix (Image : : Filter, Sigma, Threshold : Row, Column)

Subpixelgenaue Detektion von lokalen Maxima in einem Bild.

local_max_sub_pix extrahiert subpixelgenau lokale Maxima aus einem Bild Image. Zur Detektion der lokalen Maxima wird das Eingangsbild in jedem Punkt durch ein quadratisches Polynom in x und y approximiert und dieses auf lokale Maxima hin untersucht. Um das Polynom aufzustellen, werden die partiellen Ableitungen abhängig von Filter entweder mit verschiedenen Ableitungen der Gaußfunktion oder nach dem Facet-Modell berechnet. Im ersten Fall bestimmt Sigma die Größe der verwendeten Gaußkerne, im zweiten Fall erfolgt vor der Berechnung der partiellen Ableitungen eine Glättung des Eingabebildes mit einem Gaußfilter der Größe Sigma. Der Modus *'facet'* ist damit etwas schneller, liefert aber auch etwas ungenauere Resultate. Sind beide Eigenwerte der Hessematrix im untersuchten Punkt kleiner als -Threshold, dann liegt ein lokales Maximum vor. Die Eigenwerte entsprechen der Krümmung der Grauwertoberfläche.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Eingabebilder.

▷ **Filter** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Verfahren zur Berechnung der partiellen Ableitungen.
Default: 'facet'
Werteliste: Filter ∈ {'facet', 'gauss'}

▷ **Sigma** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Sigma der Gaußfunktion. Ist Filter auf 'facet' gesetzt, kann Sigma auf 0.0 gesetzt werden, um eine Glättung des Eingangsbildes zu vermeiden.
Wertevorschläge: Sigma ∈ {0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 3.0}
Restriktion: Sigma >= 0.0

▷ **Threshold** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Mindestbetrag der Eigenwerte der Hessematrix.
Default: 5.0
Wertevorschläge: Threshold ∈ {2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0}
Restriktion: Threshold >= 0.0

▷ **Row** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten der gefundenen Maxima.

▷ **Column** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten der gefundenen Maxima.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert local_max_sub_pix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder

vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

gen_cross_contour_xld, disp_cross

Alternativen

critical_points_sub_pix, local_min_sub_pix, saddle_points_sub_pix

Siehe auch

local_max, plateaus, plateaus_center

Modul

Foundation

local_min (Image : LocalMinima : :)

Detektieren aller Punkte die lokale Minima sind.

local_min wählt alle Punkte aus Image aus, deren Grauwert kleiner ist als die Grauwerte aller benachbarten Pixel, und gibt sie in LocalMinima zurück. Die zu berücksichtigende Umgebung kann mit set_system(::'neighborhood',<4/8>) eingestellt werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
Zu verarbeitendes Bild.

▷ **LocalMinima** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Gefundene lokale Minima als Regionen.
Parameteranzahl: LocalMinima == Image

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"
using namespace Halcon;

int main (int argc, char *argv[])
{
  if (argc != 2)
  {
    cout << "Usage : " << argv[0] << " <name of image>" << endl;
    return (-1);
  }

  HImage   image (argv[1]);
  HWindow  win;

  image.Display (win);

  HImage       cres = image.CornerResponse (5, 0.04);
```

```
  HRegionArray mins = cres.LocalMin ();

  win.SetColored (12);
  mins.Display (win);
  win.Click ();

  return (0);
}
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

binomial_filter, gauss_filter, smooth_image

Nachfolger

get_region_points, connection

Alternativen

gray_skeleton, lowlands, lowlands_center

Siehe auch

monotony, topographic_sketch, corner_response, texture_laws

Modul

Foundation

local_min_sub_pix (Image : : Filter, Sigma, Threshold : Row, Column)

Subpixelgenaue Detektion von lokalen Minima in einem Bild.

local_min_sub_pix extrahiert subpixelgenau lokale Minima aus dem Bild Image. Zur Detektion der lokalen Minima wird das Eingangsbild in jedem Punkt durch ein quadratisches Polynom in x und y approximiert und dieses auf lokale Minima hin untersucht. Um das Polynom aufzustellen, werden die partiellen Ableitungen abhängig von Filter entweder mit verschiedenen Ableitungen der Gaußfunktion oder nach dem Facet-Modell berechnet. Im ersten Fall bestimmt Sigma die Größe der verwendeten Gaußkerne, im zweiten Fall erfolgt vor der Berechnung der partiellen Ableitungen eine Glättung des Eingabebildes mit einem Gaußfilter der Größe Sigma. Der Modus *'facet'* ist damit etwas schneller, liefert aber auch etwas ungenauere Resultate. Sind beide Eigenwerte der Hessematrix im untersuchten Punkt größer als Threshold, dann liegt ein lokales Minimum vor. Die Eigenwerte entsprechen der Krümmung der Grauwertoberfläche.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
Eingabebilder.

▷ **Filter** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Verfahren zur Berechnung der partiellen Ableitungen.
Default: 'facet'
Werteliste: Filter ∈ {'facet', 'gauss'}

▷ **Sigma** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Sigma der Gaußfunktion. Ist Filter auf 'facet' gesetzt, kann Sigma auf 0.0 gesetzt werden, um eine Glättung des Eingangsbildes zu vermeiden.
Wertevorschläge: Sigma ∈ {0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 3.0}
Restriktion: Sigma >= 0.0

▷ **Threshold** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Mindestbetrag der Eigenwerte der Hessematrix.
Default: 5.0
Wertevorschläge: Threshold ∈ {2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0}
Restriktion: Threshold >= 0.0

▷ **Row** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten der gefundenen Minima.

▷ **Column** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten der gefundenen Minima.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert local_min_sub_pix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

gen_cross_contour_xld, disp_cross

Alternativen

critical_points_sub_pix, local_max_sub_pix, saddle_points_sub_pix

Siehe auch

local_min, lowlands, lowlands_center

Modul

Foundation

lowlands (Image : Lowlands : :)

Detektieren aller Grauwert-Tiefebenen.

lowlands wählt alle Punkte aus Image aus, deren Grauwert nicht größer als der Grauwert ihrer Nachbarn (8er-Nachbarschaft) ist, und gibt sie in Lowlands zurück. Jede Tiefebene ergibt eine eigene Region.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
Zu verarbeitendes Bild.

▷ **Lowlands** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Gefundenen Tiefebenen als Regionen (für jede Tiefebene eine Region).

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"
using namespace Halcon;

int main (int argc, char *argv[])
{
  if (argc != 2)
```

```
  {
    cout << "Usage : " << argv[0] << " <name of image>" << endl;
    return (-1);
  }

  HImage   image (argv[1]);
  HWindow  win;

  image.Display (win);

  HImage       cres = image.CornerResponse (5, 0.04);
  HRegionArray mins = cres.Lowlands ();

  win.SetColored (12);
  mins.Display (win);
  win.Click ();

  return (0);
}
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

binomial_filter, gauss_filter, smooth_image

Nachfolger

area_center, get_region_points, select_shape

Alternativen

lowlands_center, gray_skeleton, local_min

Siehe auch

monotony, topographic_sketch, corner_response, texture_laws

Modul

Foundation

lowlands_center (Image : Lowlands : :)

Detektieren der Schwerpunkte aller Grauwert-Tiefebenen.

lowlands_center wählt alle Punkte aus Image aus, deren Grauwert nicht größer als der Grauwert ihrer Nachbarn (8-er Nachbarschaft) ist, und gibt sie in Lowlands zurück. Wenn mehrere solcher Punkte zusammenhängen (Tiefebene), wird der Schwerpunkt verwendet. Jede Tiefebene ergibt eine eigene Region.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real

Zu verarbeitendes Bild.

▷ **Lowlands** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*

Schwerpunkte der gefundenen Tiefebenen als Regionen (für jede Tiefebene eine Region).

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
```

```
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"
using namespace Halcon;

int main (int argc, char *argv[])
{
  if (argc != 2)
  {
    cout << "Usage : " << argv[0] << " <name of image>" << endl;
    return (-1);
  }

  HImage   image (argv[1]);
  HWindow  win;

  image.Display (win);

  HImage       cres = image.CornerResponse (5, 0.04);
  HRegionArray mins = cres.LowlandsCenter ();

  win.SetColored (12);
  mins.Display (win);
  win.Click ();

  return (0);
}
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

binomial_filter, gauss_filter, smooth_image

Nachfolger

area_center, get_region_points, select_shape

Alternativen

lowlands, gray_skeleton, local_min

Siehe auch

monotony, topographic_sketch, corner_response, texture_laws

Modul

Foundation

plateaus (Image : Plateaus : :)

Detektieren aller Grauwert-Plateaus.

plateaus wählt alle Punkte aus Image aus, deren Grauwert nicht kleiner als der Grauwert ihrer Nachbarn (8er Nachbarschaft) ist, und gibt sie in Plateaus zurück. Jedes Maximum ergibt eine eigene Region.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
Eingabebild.

▷ **Plateaus** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Gefundenen Plateaus als Regionen (für jedes Plateau eine Region).

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"
using namespace Halcon;

int main (int argc, char *argv[])
{
  if (argc != 2)
  {
    cout << "Usage : " << argv[0] << " <name of image>" << endl;
    return (-1);
  }

  HImage   image (argv[1]);
  HWindow  win;

  image.Display (win);

  HImage       cres = image.CornerResponse (5, 0.04);
  HRegionArray maxi = cres.Plateaus ();

  win.SetColored (12);
  maxi.Display (win);
  win.Click ();

  return (0);
}
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

binomial_filter, gauss_filter, smooth_image

Nachfolger

area_center, get_region_points, select_shape

Alternativen

plateaus_center, nonmax_suppression_amp, local_max

Siehe auch

monotony, topographic_sketch, corner_response, texture_laws

Modul

Foundation

plateaus_center (Image : Plateaus : :)

Detektieren der Schwerpunkte aller Grauwert-Plateaus.

plateaus_center wählt alle Punkte aus Image aus, deren Grauwert nicht kleiner als der Grauwert ihrer Nachbarn (8-er Nachbarschaft) ist, und gibt sie in Plateaus zurück. Wenn mehrere solcher Punkte zusammenhängen (Plateau), wird der Schwerpunkt verwendet. Jeder Schwerpunkt eines Plateaus ergibt eine eigene Region.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real
Eingabebild.

▷ **Plateaus** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Schwerpunkte der gefundenen Plateaus als Regionen (für jedes Plateau eine Region).

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"
using namespace Halcon;

int main (int argc, char *argv[])
{
  if (argc != 2)
  {
    cout << "Usage : " << argv[0] << " <name of image>" << endl;
    return (-1);
  }

  HImage   image (argv[1]);
  HWindow  win;

  image.Display (win);

  HImage       cres = image.CornerResponse (5, 0.04);
  HRegionArray maxi = cres.PlateausCenter ();

  win.SetColored (12);
  maxi.Display (win);
  win.Click ();

  return (0);
}
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

binomial_filter, gauss_filter, smooth_image

Nachfolger

area_center, get_region_points, select_shape

Alternativen

plateaus, nonmax_suppression_amp, local_max

Siehe auch

monotony, topographic_sketch, corner_response, texture_laws

Modul

Foundation

pouring (Image : Regions : Mode, MinGray, MaxGray :)

Segmentieren nach dem „Gießkannen“-Prinzip.

pouring sieht die Werte des Eingabebildes als topologisches (Grauwert-)Gebirge an, das von oben betrachtet wird. Dabei werden große (= helle) Grauwerte als höher gelegene Punkte interpretiert, wogegen kleine (= dunkle) Grauwerte entsprechend die „Täler“ bilden. pouring segmentiert die Eingabebilder in mehreren Teilschritten. Zuerst werden die relativ höchsten Grauwerte — im Folgenden als „lokale Maxima“ bezeichnet — ermittelt, d.h. die Pixel, die entweder allein oder in Form eines zusammenhängenden Plateaus größere Grauwerte besitzen, als die unmittelbaren Nachbarn. Die Bestimmung der lokalen Maxima basiert dabei auf Vergleichen in der 4-er Nachbarschaft. Im nächsten Teilschritt bilden die so gefundenen lokalen Maxima den Ausgangspunkt für die Bereichszuordnung, bei der sich die Segmente von den Maxima ausgehend bis in die „Talsohlen“ ausdehnen, d.h. solange absteigende Grauwertketten existieren (wie Wasser, das aus einer Gießkanne über die Kuppen gegossen wurde und nun in alle Richtungen nach unten abläuft). Auch hier wird die 4-er Nachbarschaft zugrunde gelegt, jedoch mit abgeschwächter Bedingung (kleiner gleich). Dabei kann es zur Überschneidungen in den „Talsohlen“ kommen, wenn die Bedingung für mehr als ein Segment erfüllt ist. Diese Schnittmengen werden vorerst keinem Segment zugeordnet, sondern im letzten Teilschritt unter den konkurrierenden Segmenten aufgeteilt. Die Aufteilung erfolgt durch pixelweises gleichmäßiges Ausdehnen aller beteiligten Segmente, bis alle Pixel eindeutig zugeordnet wurden. Mit Hilfe des Parameters Mode kann der Programmablauf gesteuert werden. In Abhängigkeit von diesem Eingabeparameter läuft entweder der gesamte Algorithmus ab, oder wird nach Vollendung von Teilschritten — z.B. dem Auffinden aller lokalen Maxima oder der isolierten Segmente ohne Aufteilung der Schnittmengen — beendet. Die möglichen Werte für Mode werden nachfolgend erläutert.

'all' Diese Parameterbelegung stellt den normalen Modus dar. Es wird die komplette Segmentierungsroutine gestartet, bei der alle lokalen Maxima mit den zuzuordnenden Bereichen ermittelt werden. Überschneidungsbereiche werden aufgeteilt.

'maxima' Die Segmentierungsroutine terminiert, sobald die lokalen Maxima der Eingabebilder ermittelt worden sind. Eine Segmentierung in zugehörige Bereiche wird dann nicht mehr durchgeführt. Die Ausgabe besteht aus den verschiedenen Maxima.

'regions' Bei dieser Parameterbelegung führt die Segmentierungsroutine die Suche nach allen lokalen Maxima sowie den zugehörigen Bereichen, die eindeutig zugeordnet werden können, durch. Die Teilbereiche, in den Überschneidungen auftreten, d.h. die mehr als einem Maximum zugeordnet werden können, werden nicht weiter bearbeitet, also nicht aufgeteilt. Die Ausgabe besteht aus allen ermittelten isolierten Segmenten.

Um bei Ablauf der vollständigen Segmentierung die Aufteilung eines gleichmäßigen, vom restlichen Eingabebild verschiedenen Hintergrundes zu vermeiden, bieten die Parameter MinGray und MaxGray die Möglichkeit, Grauwertschwellen vorzugeben, so dass der Hintergrund ausmaskiert wird. Ein gewünschter unterer Grauwert wird in MinGray angegeben. Alle Bildpunkte, die einen kleineren Grauwert besitzen, werden dann weder zur Bestimmung der Maxima, noch zur weiteren Segmentierung herangezogen. Entsprechendes gilt für die Angabe einer oberen Grauwertschwelle in MaxGray: alle Pixel mit einem größeren Grauwert werden ebenfalls einfach ausmaskiert. Für eine komplette Segmentierung aller Bildpunkte des Eingabebildes setzt man MinGray auf 0 und MaxGray auf 255 und erreicht so eine Bearbeitung des kompletten Grauwertspektrums. Auf MinGray $<$ MaxGray ist zu achten.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte
Eingabebild.

▷ **Regions** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
Segmentierte Regionen.

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Gewünschter Modus für den Programmablauf.
Default: 'all'
Werteliste: Mode ∈ {'all', 'maxima', 'regions'}

▷ **MinGray** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Alle Grauwerte, die echt unterhalb dieses Schwellenwertes liegen, werden ausmaskiert.
Default: 0
Wertevorschläge: MinGray ∈ {0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110}
Wertebereich: 0 ≤ MinGray ≤ 254 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10

▷ **MaxGray** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Alle Grauwerte, die echt oberhalb dieses Schwellenwertes liegen, werden ausmaskiert.
Default: 255
Wertevorschläge: MaxGray ∈ {100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240, 250, 255}
Wertebereich: 1 ≤ MaxGray ≤ 255 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 10
Restriktion: MaxGray > MinGray

Beispiel

```
* Segment a filtered image
read_image(Image,'particle')
mean_image(Image,Mean,11,11)
pouring(Mean,Seg,'all',0,255)
dev_display(Mean)
dev_set_colored(12)
dev_display(Seg)

* Segment an image while masking the dark background
read_image(Image,'particle')
mean_image(Image,ImageMean,15,15)
pouring(Mean,Seg,'all',90,255)
dev_display(Mean)
dev_set_colored(12)
dev_display(Seg)
```

Komplexität

Sei N die Anzahl der Bildpunkte des Eingabebildes und M die Anzahl der gefundenen Segmente, wobei das umschreibende Rechteck für ein Segment i insgesamt m_i Pixel beinhalte. Sei außerdem noch K_i die Komplexität der Lauflängenkodierung von Segment i, so beträgt die Laufzeitkomplexität

$$O(3 * N + sum_M(3 * m_i) + sum_M(K_i)) \ .$$

Ergebnis

pouring liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: mutually exclusive (läuft parallel zu anderen nicht-exklusiven Operatoren mit Ausnahme von sich selbst).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

binomial_filter, gauss_filter, smooth_image, mean_image

Alternativen

watersheds, local_max, watersheds_threshold, watersheds_marker

Siehe auch

histo_2dim, expand_region, expand_gray, expand_gray_ref

Modul

Foundation

saddle_points_sub_pix (Image : : Filter, Sigma, Threshold : Row, Column)

Subpixelgenaue Detektion von Sattelpunkten in einem Bild.

saddle_points_sub_pix extrahiert subpixelgenau Sattelpunkte aus einem Bild, also Punkte, in denen entlang einer Richtung die Bildintensität minimal ist, während sie gleichzeitig entlang einer anderen Richtung maximal ist. Zur Detektion der Sattelpunkte wird das Eingangsbild in jedem Punkt durch ein quadratisches Polynom in x und y approximiert und dieses auf Sattelpunkte hin untersucht. Um das Polynom aufzustellen, werden die partiellen Ableitungen abhängig von Filter entweder mit verschiedenen Ableitungen der Gaußfunktion oder nach dem Facet-Modell berechnet. Im ersten Fall bestimmt Sigma die Größe der verwendeten Gaußkerne, im zweiten Fall erfolgt vor der Berechnung der partiellen Ableitungen eine Glättung des Eingabebildes mit einem Gaußfilter der Größe Sigma. Der Modus *'facet'* ist damit etwas schneller, liefert aber auch etwas ungenauere Resultate. Sind beide Eigenwerte der Hessematrix im untersuchten Punkt ihrem Betrage nach größer als Threshold und weisen sie unterschiedliche Vorzeichen auf, dann liegt ein Sattelpunkt vor. Die Eigenwerte entsprechen der Krümmung der Grauwertoberfläche.

saddle_points_sub_pix eignet sich besonders, um Ecken in einem Bild aufzufinden, bei denen sich Felder unterschiedlicher Intensität in der Art der schwarzen und weißen Felder eines Schachbretts berühren. Durch den hohen Kontrast und die Formgebung wird das Auffinden und die genaue Positionsbestimmung solcher Ecken besonders begünstigt.

Achtung

Beachten Sie, dass Filteroperatoren eventuell unerwartete Resultate ausgeben, wenn ein Bild mit einer reduzierten Domäne als Input übergeben wird. Weitere Informationen können im Kapitel Filter gefunden werden.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / int1 / int2 / uint2 / int4 / real
  Eingabebilder.
- ▷ **Filter** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Verfahren zur Berechnung der partiellen Ableitungen.
  Default: 'facet'
  Werteliste: Filter ∈ {'facet', 'gauss'}
- ▷ **Sigma** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Sigma der Gaußfunktion. Ist Filter auf 'facet' gesetzt, kann Sigma auf 0.0 gesetzt werden, um eine Glättung des Eingangsbildes zu vermeiden.
  Wertevorschläge: Sigma ∈ {0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 3.0}
  Restriktion: Sigma >= 0.0
- ▷ **Threshold** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Mindestbetrag der Eigenwerte der Hessematrix.
  Default: 5.0
  Wertevorschläge: Threshold ∈ {2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0}
  Restriktion: Threshold >= 0.0
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinaten der gefundenen Sattelpunkte.
- ▷ **Column** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinaten der gefundenen Sattelpunkte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert

saddle_points_sub_pix den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

gen_cross_contour_xld, disp_cross

Alternativen

critical_points_sub_pix, local_min_sub_pix, local_max_sub_pix

Modul

Foundation

watersheds (Image : Basins, Watersheds : :)

Segmentieren nach dem Wasserscheiden-Prinzip.

watersheds zerlegt das Bild aufgrund der Topologie der Grauwerte. Diese werden als relative Höhenwerte interpretiert. Große Werte entsprechen „hohen Bereichen“ niedrige Werte entsprechen „tiefen Bereichen“. In dem hieraus entstehenden dreidimensionalen Grauwertgebirge werden Wasserscheiden gesucht. Wasserscheiden sind hellen Grate zwischen dunklen Becken. Der Parameter Basins enthält diese dunklen Becken. Watersheds enthält die Punkte der Wasserscheiden, die höchstens 1 Pixel breit sind. Watersheds ist immer eine Region pro Eingabebild, Basins dagegen enthält für jedes Becken eine eigene Region.

Es ist günstig, vorher einen Glättungsfilter zu verwenden, um die Anzahl der Regionen zu reduzieren (z.B. binomial_filter oder gauss_filter). Eine weitere Möglichkeit, die Anzahl der Ergebnisregionen zu reduzieren, besteht darin, benachbarte Becken aufgrund eines Schwellenwertkriteriums mit watersheds_threshold zu vereinigen (für weitere Informationen siehe watersheds_threshold).

Achtung

Wenn das Bild feine Strukturen enthält oder verrauscht ist, entstehen sehr viele Regionen und damit steigt die Laufzeit deutlich an.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage(-array) ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **Basins** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Segmentierte Becken.
- ▷ **Watersheds** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Wasserscheiden zwischen den Becken.

Beispiel

```
#include "HIOStream.h"
#if !defined(USE_IOSTREAM_H)
using namespace std;
#endif
#include "HalconCpp.h"
using namespace Halcon;

int main (int argc, char *argv[])
{
  HImage   image (argv[1]), gauss;
  HWindow  win;
```

```
  cout << "Gauss of original " << endl;
  gauss  = image.GaussImage (9);
  image.Display (win);

  HRegion        watersheds;
  HRegionArray   basins = gauss.Watersheds (&watersheds);

  win.SetColored (12);
  basins.Display (win);
  win.Click ();

  return (0);
}
```

Ergebnis

`watersheds` liefert normalerweise den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Für das Verhalten bzgl. der Eingabebilder und Ausgaberegionen sind die Flags *'no_object_result'*, *'empty_region_result'* und *'store_empty_region'* einstellbar (siehe `set_system`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`binomial_filter`, `gauss_filter`, `smooth_image`, `invert_image`

Nachfolger

`expand_region`, `select_shape`, `reduce_domain`, `opening`

Alternativen

`watersheds_threshold`, `pouring`, `watersheds_marker`

Literatur

L. Vincent, P. Soille: „Watersheds in Digital Space: An Efficient Algorithm Based on Immersion Simulations“; IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence; vol. 13, no. 6; pp. 583-598; 1991.

Modul

Foundation

watersheds_marker (Image, Markers : Basins : :)

Segmentieren nach dem Marker-basierten Wasserscheiden-Prinzip.

`watersheds_marker` segmentiert ein Bild basierend auf der Topologie der Grauwerte und gibt die resultierenden Regionen in `Basins` zurück. Das Bild wird dabei als „Grauwertgebirge“ interpretiert. Höhere Grauwerte entsprechen „Bergen“, während niedrigere Grauwerte „Tälern“ entsprechen. Das so interpretierte Bild wird geflutet, beginnend mit den Bereichen die in `Markers` definiert sind. Dabei wird jedes Pixel dem Marker zugeordnet, zu dem es den Pfad mit der kleinsten maximalen Höhe hat. Gibt es mehrere solche Marker, zu denen ein Pfad mit kleinster maximaler Höhe existiert, wird das Pixel zufällig einem davon zugeordnet.

Die resultierenden Becken (eines pro Eingangsbereich in `Markers`) werden in `Basins` zurückgegeben. Beachten Sie, dass einige dieser Bereiche leer sein können. Dies kann der Fall sein, wenn sich zwei Markerregionen im selben Becken des Grauwertgebirges befinden. Befindet sich ein Pixel in mehreren Marker-Startregionen, so wird es nur der letzten zugeordnet. Es wird allerdings dazu geraten, dass sich Markerregionen nicht überschneiden.

Die Überflutung wird nur für die Domäne von `Image` durchgeführt. Markierte Regionen außerhalb des Bereichs von `Image` werden ignoriert.

Es ist ratsam, einen Glättungsoperator auf dem Eingangsbild anzuwenden (z.B, binomial_filter oder gauss_filter) bevor watersheds_marker aufgerufen wird. Um ein Bild zu segmentieren ist es oft sinnvoll, zunächst die Kanten des Bildes zu berechnen (z.B. mit edges_image oder edges_color) und das sich daraus ergebende Amplitudenbild in watersheds_marker zu übergeben.

Achtung

Wenn das Bild feine Strukturen enthält oder verrauscht ist, werden intern sehr viele Regionen verarbeitet, wodurch die Laufzeit deutlich ansteigt.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebild.
- ▷ **Markers** (input_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Initiale Marker von denen aus das Bild geflutet wird.
- ▷ **Basins** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Segmentierte Becken.

Beispiel

```
read_image (Image, 'printer_chip/printer_chip_01')
edges_image (Image, ImaAmp, ImaDir, 'canny', 1, 'nms', 20, 40)

* Compute background marker
full_domain (ImaAmp, ImageFull)
erosion_circle (Image, RegionErosion, 2.5)
difference (Image, RegionErosion, Boundary)

* Compute foreground markers
threshold (Image, Region, 200, 255)
erosion_circle (Region, RegionErosion1, 7.5)
connection (RegionErosion1, ConnectedRegions)
select_shape (ConnectedRegions, SelectedRegions, 'area', 'and', 1500, 99999)

* Apply marker-based watersheds
concat_obj (Boundary, SelectedRegions, MarkerRegions)
watersheds_marker (ImageFull, MarkerRegions, Basins)

* Display results
dev_display (Image)
dev_set_color (['#FF000055', '#00FF0055', '#0000FF55', '#FF00FF55', \
               '#FFFF0055', '#00FFFF55', '#80FF0055', '#0080FF55'])
dev_display (MarkerRegions)
dev_set_draw ('fill')
dev_display (Basins)
```

Ergebnis

watersheds_marker liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

binomial_filter, gauss_filter, smooth_image, invert_image, edges_image

Nachfolger

expand_region, select_shape, reduce_domain, opening

Alternativen

watersheds, pouring, watersheds_threshold

Modul

Foundation

watersheds_threshold (Image : Basins : Threshold :)

Segmentieren nach dem Wasserscheiden-Prinzip unter Verwendung eines Schwellenwertes.

Der Operator watersheds_threshold segmentiert Regionen, die durch Wasserscheiden voneinander getrennt sind. Die Mindesthöhe der Wasserscheiden kann durch Threshold festgelegt werden.

Im ersten Schritt berechnet watersheds_threshold die Wasserscheiden und die zugehörigen dunklen Becken ohne Berücksichtigung eines Schwellenwertes, was einem Aufruf von watersheds entspricht (weitere Informationen sind bei watersheds zu finden). Im zweiten Schritt werden die Becken sukzessive vereinigt, falls sie durch eine Wasserscheide voneinander getrennt sind, die kleiner ist als Threshold. Seien B_1 und B_2 die Minima zweier benachbarter Becken und W der kleinste Grauwert der Wasserscheide, die die beiden Becken voneinander trennt. Die Wasserscheide wird eliminiert und die beiden Becken werden vereinigt, wenn gilt:

$$\max\{W - B_1, W - B_2\} < \text{Threshold}.$$

Die so erhaltenen Becken werden in Basins zurückgeliefert.

Wird für Threshold der Wert *0* übergeben, liefert watersheds_threshold ähnliche Ergebnisse wie watersheds. Allerdings werden nur die expandierten Becken, nicht aber die Wasserscheiden selbst zurückgegeben. Wird Threshold dagegen auf den maximalen Grauwertbereich von Image gesetzt, so gibt es keine zwei Becken, die durch eine Wasserscheide der Höhe Threshold voneinander getrennt sind. Folglich werden alle Becken zu einem vereinigt, d.h. Basins enthält nur eine Region.

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Zu segmentierendes Eingabebild.
- ▷ **Basins** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Gefundene Segmente (dunkle Becken).
- ▷ **Threshold** (input_control) ..... number ⇝ *integer* / real
  Schwellenwert für die Wasserscheiden.
  Default: 10
  Wertevorschläge: Threshold ∈ {0, 5, 10, 20, 30, 50}
  Restriktion: Threshold >= 0

Ergebnis

watersheds liefert normalerweise den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Für das Verhalten bzgl. des Eingabebildes und der Ausgaberegionen sind die Flags *'no_object_result'*, *'empty_region_result'* und *'store_empty_region'* einstellbar (siehe set_system). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

binomial_filter, gauss_filter, smooth_image, invert_image

Nachfolger

expand_region, select_shape, reduce_domain, opening

Alternativen

watersheds, pouring, watersheds_marker

Modul

Foundation

Kapitel 25

Steuerung

assign (: : Input : Result)

Weist einer Variablen einen Wert zu.

assign weist einer Variablen einen neuen Wert zu.

Im Freitexteditor wird eine Zuweisung mithilfe des Zuweisungsoperators ':=' eingegeben, zum Beispiel:

```
u := sin(x) + cos(y)
```

Dies entspricht der folgenden Zuweisung in C:

```
u = sin(x) + cos(y);
```

Wird eine Zuweisung im Operatorfenster eingegeben, muss assign in die Operatorauswahlbox eingetragen werden. Daraufhin öffnet sich der Parameterbereich, in dem der Parameter Input dem zu berechnenden Ausdruck, d.h. der rechten Seite der Zuweisung entspricht. Der Parameter Result enthält den Namen der Variablen, also die linke Seite der Zuweisung.

Achtung

Zusätzlich zu dem in der Parameterdokumentation genannten Parametertyp control unterstützt assign auch ikonische Variablen und Vektorvariablen. Die Parametertypen der beiden Parameter Input und Result müssen dabei übereinstimmen. Für die Zuweisung von ikonischen Variablen wird intern der Operator copy_obj verwendet.

Parameter

- ▷ **Input** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Neuer Wert.
  Default: 1
- ▷ **Result** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Zu ändernde Variable.

Beispiel

```
Tuple1 := [1,0,3,4,5,6,7,8,9]
Val := sin(1.2) + cos(1.2)
Tuple2 := []
```

Ergebnis

Ist der Ausdruck korrekt, dann liefert assign den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Alternativen

insert

Modul

Foundation

assign_at (: : Index, Value : Result)

Zuweisung eines oder mehrerer Werte an ein oder mehrere Tupelelemente.

assign_at weist einem oder mehreren Tupelelementen einen neuen Wert zu, oder es weist mehrere Werte elementweise den angegebenen Tupelelementen zu. Alle anderen Elemente des Ausgabetupels behalten ihren Wert. Werden Indizes übergeben, die außerhalb der aktuellen Größe des Ausgabetupels liegen, wird das Tupel entsprechend vergrößert und die nicht gesetzten Werte werden mit einem Defaultwert initialisiert.

Im Freitexteditor wird der assign_at-Operator einfach mithilfe des Zuweisungsoperators ':=' und des Indexoperators '[ ]' erstellt. Als Index Parameter ist jeder Ausdruck erlaubt, der eine beliebige Anzahl von positiven Integerwerten ergibt. Als Value Parameter muss entweder genau ein Wert übergeben werden, oder es müssen genauso viele Werte wie Indizes übergeben werden:

```
Areas[Radius-1]     := Area
Areas[0,4,|Rad|-1] := 0
FileNames[0,2,4]    := ['f1','f2','f3']
```

Der Operator assign_at ersetzt und erweitert die modifizierende Variante des bisherigen insert Operators.

Parameter

- ▷ **Index** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Indizes der Tupelelemente, die durch die übergebenen Werte ersetzt werden sollen.
  Default: 0
  Wertevorschläge: Index ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6}
  Minimale Schrittweite: 1
- ▷ **Value** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Werte, die im Tupel gesetzt werden sollen.
  Default: 1
- ▷ **Result** (output_control) ..... tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Ergebnistupel mit den übergebenen Werten.

Ergebnis

Ist der Ausdruck korrekt, dann liefert assign_at den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Alternativen

assign, tuple_replace

Modul

Foundation

break (: : :)

Verlassen einer Schleife oder eines switch-Blocks.

Mit Hilfe der break-Anweisung ist es möglich, an einer beliebigen Stelle eine for-, while- oder repeat..until-Schleife zu verlassen. Darüber hinaus wird die break-Anweisung verwendet, um einen switch-Block zu verlassen, insbesondere am Ende eines case-Zweiges. Dabei bezieht sich die break-Anweisung immer auf den kleinsten umschließenden Block, nur dieser kann durch ein break in verschachtelten Blöcken verlassen werden. Das Programm wird mit der nächsten Anweisung hinter dem korrespondierenden Blockende fortgesetzt.

break-Anweisung außerhalb von Schleifen- oder switch-Blöcken sind ungültig.

Beispiel

```
read_image (Image, 'monkey')
threshold (Image, Region, 160, 180)
connection (Region, Regions)
Number := |Regions|
```

```
AllRegionsValid := 1
* check if for all regions area <=30
for i := 1 to Number by 1
  select_obj (Regions, ObjectSelected, i)
  area_center (ObjectSelected, Area, Row, Column)
  if (Area > 30)
    AllRegionsValid := 0
    break
  endif
endfor
```

Ergebnis

`break` (als Operatoren) liefern immer `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Alternativen

`continue`

Siehe auch

`for`, `while`, `repeat`, `until`, `switch`, `case`

Modul

Foundation

`case` (: : Constant :)

Sprungmarke in einem `switch`-Block.

`case` definiert eine Sprungmarke in einem `switch`-Block. Diese Marke wird angesprungen, wenn der in der `switch`-Anweisung berechnete Wert mit der in der `case`-Anweisung im Parameter `Constant` definierten Integerkonstante übereinstimmt. Der `Constant`-Parameter muss zwingend eine Integerkonstante enthalten. Ausdrücke und andere Datentypen sind hier nicht erlaubt. Soll für mehrere unterschiedliche `switch`-Werte der gleiche Programmcode ausgeführt werden, können direkt vor dem auszuführenden Codeblock mehrere `case`-Anweisungen mit unterschiedlichen Konstanten direkt aufeinander folgen.

Wie in C, C++ und C# leitet die `case`-Anweisung keinen Block ein, der beim nächsten `case` oder `default` automatisch verlassen wird, sondern stellt lediglich eine Sprungmarke dar, die bei passendem `switch`-Wert angesprungen wird. Um einen `case`-Zweig am Ende zu verlassen und nicht unbeabsichtigt über die nächste `case`- oder `default`-Anweisung zu laufen, muss der `switch`-Block mit Hilfe einer `break`-Anweisung verlassen werden.

Parameter

▷ **`Constant`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Integerkonstante, die bestimmt, bei welchem `switch`-Wert die Anweisung angesprungen wird.
Default: 1

Ergebnis

`case` (als Operator) liefert immer `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Alternativen

`elseif`

Siehe auch

`switch`, `default`, `endswitch`, `if`

Modul

Foundation

`catch` (: : : Exception)

Fängt im vorangehenden `try`-Block geworfene Exceptions.

Die Operatoren try, catch, endtry und throw erlauben es, in HDevelop-Programme Code für eine dynamische Fehlerbehandlung ähnlich zu den Programmiersprachen C++ oder C# einzubauen. Grundlegende Informationen zur Fehlerbehandlung in HDevelop finden sich bei den Operatoren try, throw und dev_set_check sowie im „HDevelop User's Guide".

Der Operator catch trennt den zu überwachenden Programmbereich von dem Code, der im Fehlerfall auszuführen ist. Tritt im vorhergehenden try-catch-Block kein Fehler auf, wird der gesamte catch-endtry-Block übersprungen. Im Fehlerfall dagegen wird von dem Operator, in dem der Fehler aufgetreten ist, (bzw. vom throw-Operator) direkt zum catch des umschließenden try-catch-Blocks gesprungen. Im Ausgabeparameter Exception wird dem catch-Operator ein Tupel mit den Fehlerdaten bzw. bei throw ein vom Benutzer weitestgehend frei definierbares Tupel übergeben.

Das wichtigste Fehlerdatum ist der Fehlercode. Daher wird dieser im Exception-Tupel immer an erster Stelle zurückgeliefert und kann direkt mit Exception[0] abgefragt werden. Alle anderen Daten müssen über den Operator dev_get_exception_data abgefragt werden, da sich die Reihenfolge und der Umfang der bereitgestellten Informationen unter Umständen in zukünftigen Versionen ändern und sich beim exportierten Code von Sprache zu Sprache unterscheiden kann. Insbesondere ist zu beachten, dass im exportierten Code nicht alle Informationen verfügbar sind, sowie dass es Informationen gibt, die möglicherweise erst bei einem expliziten Zugriff darauf bereitgestellt werden (wie z.B. Fehlertexte).

Beim Fehlercode handelt es sich bei Operatoraufrufen immer um einen HALCON-Fehlercode (< 10000) bzw. beim Aufruf von Operatoren aus einem Extension Package um einen anwenderdefinierten Fehlercode (> 10000). Die HALCON-Fehlercodes werden im Anhang des „Extension Package Programmer's Manual" aufgelistet. Wird mit throw ein benutzerdefiniertes Exception-Tupel geworfen, sollte dieses als erstes Element immer einen Fehlercode $\geq$ 30000 als Kennzeichnung enthalten. Alle weiteren Elemente können vollkommen frei gesetzt werden.

Tritt in HDevelop oder der HDevEngine ein Operatorfehler auf, werden im Exception-Tupel die folgenden Informationen über den Fehler und den Ort seines Auftretens zur Verfügung gestellt:

- der HALCON-Fehlercode,
- ein zusätzlicher HDevelop-spezifischer Fehlercode, der darüber informiert, ob der Fehler innerhalb des HALCON-Operators generiert wurde (Fehlercode = 21000), oder ob er bereits bei der Übergabe der Parameter, d.h. bei der Auswertung der Parameterausdrücke aufgetreten ist. Im zweiten Fall wird mit diesem Fehlercode die Art des Fehlers genauer spezifiziert. Die relevanten HDevelop-Fehlercodes werden beim Operator dev_get_exception_data aufgelistet.
- der HALCON-Fehlertext,
- ein passender HDevelop-spezifischer Fehlertext,
- die Zeilennummer, in der der Fehler aufgetreten ist,
- der Name des Operators (tritt der Fehler in einer geschützten Prozedur auf, wird '--protected--' zurückgeliefert),
- die Aufruftiefe ('main' hat die Tiefe 1),
- der Name der Prozedur.

Für eine automatische Fehlerbehandlung ist vor allem der HALCON-Fehlercode von Bedeutung. Die weiteren Daten haben in erster Linie informativen Charakter. Achtung: Im exportierten Code stehen die Informationen über den Fehlerort nicht oder nur eingeschränkt zur Verfügung.

Achtung

Der Export der Operatoren try, catch, endtry und throw ist nur in die Sprachen C++, C# und VisualBasic/.NET möglich, da nur sie das Werfen und Fangen von Exceptions über Prozedurgrenzen hinweg unterstützen. Beim Export nach C können diese Operatoren nicht unterstützt werden.

Parameter

▷ **Exception** (output_control) ..... exception-array ⇝ *integer* / string
Tupel mit den Fehlerdaten.

Ergebnis

catch liefert immer 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Nachfolger

dev_get_exception_data

Siehe auch

try, endtry, throw, dev_get_exception_data, dev_set_check

Modul

Foundation

comment (: : Comment :)

Kommentar von einer Zeilenlänge.

Kommentar von einer Zeilenlänge. Als Parameter, d.h. als Kommentar sind alle Zeichen zulässig. Sie müssen nicht, wie bei einem String, in Hochkommata gesetzt werden. Zeilenumbrüche, die in dieser Zeile vorkommen, werden in mehrere Kommentarzeilen umgesetzt.

Im Freitexteditor werden Kommentarzeilen durch einen Stern ('*') als erstes druckbares Zeichen gekennzeichnet.

Dieser Operator hat keinen Einfluss auf den Programmablauf.

Parameter

▷ **Comment** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Beliebige Zeichenfolge.

Beispiel

```
* This is a program with comments
* 'this is a string as comment'
* here are numbers: 4711, 0.815
stop ()
```

Ergebnis

comment wird nicht ausgeführt.

Modul

Foundation

continue (: : :)

Überspringt den aktuellen Schleifendurchlauf.

continue überspringt den umschließenden for, while oder repeat..until Schleifendurchlauf. Die Ausführung des Programms wird bei der Bedingungszeile der umschließenden Schleife oder bei der nächsten Zeile nach continue fortgesetzt, falls keine umschließende Schleife existiert.

Ergebnis

continue (als Operatoren) liefern immer 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Alternativen

break

Siehe auch

for, while, repeat, until

Modul

Foundation

convert_tuple_to_vector_1d (: : InputTuple,
SubTupleLength : ResultVector)

Verteilt die Elemente eines Tupels auf einen Vektor.

Mit Hilfe des Befehls convert_tuple_to_vector_1d wird ein Tupel in einen Vektor umgewandelt. Dabei werden nacheinander aus jeweils SubTupleLength Werten aus dem Eingabetupel InputTuple Teiltupel gebildet und diese im Ergebnisvektor ResultVector abgelegt.

Parameter

- ▷ **InputTuple** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Eingabetupel.
- ▷ **SubTupleLength** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
  Gewünschte Länge der Tupel im Ausgabevektor.
  Default: 1
- ▷ **ResultVector** (output_control) . . . . . number-vector1 ⇝ *real* / integer / string
  Ausgabevektor.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert convert_tuple_to_vector_1d den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Siehe auch

convert_vector_to_tuple

Modul

Foundation

convert_vector_to_tuple (: : InputVector : ResultTuple)

Verkettet die Elemente eines Vektors zu einem Tupel.

convert_vector_to_tuple wandelt ein Vektor in ein Tupel um. Dabei werden die einzelnen Elemente des Eingabevektors InputVector zu einem einzelnen Ausgabetupel ResultTuple aneinandergereiht. Ist InputVector zwei- oder mehrdimensional, werden die Vektorelemente in einer Tiefensuche aufgesammelt. So wird z.B. aus dem Eingabevektor *'1,2,3,4'* das Ausgabetupel *[1,2,3,4]*.

Parameter

- ▷ **InputVector** (input_control) . . . . . number-vector ⇝ *real* / integer / string
  Eingabevektor.
- ▷ **ResultTuple** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Ausgabetupel.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert convert_vector_to_tuple den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Siehe auch

convert_tuple_to_vector_1d

Modul

Foundation

default (: : :)

Alternative einer Mehrfachverzweigung.

default leitet in einem switch-Block den Alternativzweig ein, der angesprungen wird, wenn keine der vorherigen case-Anweisungen zum berechneten Wert der switch-Anweisung passt.

Ergebnis

default (als Operator) liefert immer 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Alternativen

case, elseif, else

Siehe auch

switch, case, endswitch, if

Modul

Foundation

else (: : :)

Alternative einer bedingten Anweisung.

`else` setzt einen durch `if` oder `elseif` eingeleiteten Block als Alternativzweig fort. Falls die Bedingungen aller zugehörigen mit `if` oder `elseif` eingeleiteten Blöcke den Wert *'false'* (*0*) ergeben, also keiner der zugehörigen `if` oder `elseif` Blöcke ausgeführt wurde, wird der durch `else` eingeleitete Block ausgeführt.

Ergebnis

`else` (als Operator) liefert immer `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Alternativen

`if`, `elseif`

Siehe auch

`until`, `for`, `while`

Modul

Foundation

elseif (: : Condition :)

Bedingte Anweisung mit Alternative.

`elseif` ist eine bedingte Anweisung, die an einen durch `if` oder `elseif` eingeleiteten Block als Alternativzweig anschließt. Der Parameter `Condition` muss einen booleschen oder Integerwert ergeben.

Falls `Condition` *'true'* (also einen Wert ungleich *0*) ergibt, wird der folgende Programmabschnitt bis zum nächsten zugehörigen `elseif`, `else` oder `endif` ausgeführt. Daraufhin wird die Ausführung hinter der schließenden Anweisung `endif` fortgesetzt.

Falls `Condition` *'false'* (*0*) ergibt, wird die Ausführung ab der nächsten zugehörigen Anweisung `elseif`, `else` oder `endif` fortgesetzt.

Parameter

▷ **Condition** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Bedingung für die if-Anweisung.
Default: 1

Ergebnis

Enthält die Bedingung einen korrekten Ausdruck, dann liefert `elseif` (als Operator) den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Alternativen

`if`

Siehe auch

`else`, `for`, `while`, `until`

Modul

Foundation

endfor (: : :)

Abschluss einer for-Schleife.

`endfor` bildet den Abschluss einer `for`-Schleife.

Ergebnis

`endfor` liefert immer `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Siehe auch

for

Modul

Foundation

endif (: : :)

Abschluss einer if-Anweisung.

endif bildet den Abschluss eines if, elseif oder else Blocks.

Ergebnis

endif liefert immer 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Siehe auch

if

Modul

Foundation

endswitch (: : :)

Abschluss einer mit switch eingeleiteten Mehrfachvererbung.

endswitch bildet den Abschluss einer mit switch eingeleiteten Mehrfachvererbung.

Ergebnis

endswitch liefert immer 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Siehe auch

switch

Modul

Foundation

endtry (: : :)

Beendet einen Fehlerbehandlungsblock.

Die Operatoren try, catch, endtry und throw erlauben es, in HDevelop-Programme Code für eine dynamische Fehlerbehandlung ähnlich zu den Programmiersprachen C++ oder C# einzubauen. Grundlegende Informationen zur Fehlerbehandlung in HDevelop finden sich bei den Operatoren try, throw und dev_set_check sowie im „HDevelop User's Guide".

Der Operator endtry beendet einen Fehlerbehandlungsblock, der zuvor mit den Operatoren try und catch eingeleitet wurde.

Achtung

Der Export der Operatoren try, catch, endtry und throw ist nur in die Sprachen C++, C# und VisualBasic/.NET möglich, da nur sie das Werfen und Fangen von Exceptions über Prozedurgrenzen hinweg unterstützen. Beim Export nach C können diese Operatoren nicht unterstützt werden.

Ergebnis

endtry liefert immer 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Siehe auch

try, catch, throw, dev_get_exception_data, dev_set_check

Modul

Foundation

endwhile (: : :)

Abschluss einer while-Schleife.

`endwhile` bildet den Abschluss einer `while`-Schleife.

Ergebnis

`endwhile` liefert immer `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Siehe auch

`while`

Modul

Foundation

executable_expression (: : Expression :)

Führt eine allein stehende Operation aus.

Die HDevelop-Sprache kennt einige Operationen, die allein stehend ausgeführt werden. Mit Hilfe des Befehls `executable_expression` lassen sich derartige Operationen im Operatorfenster von HDevelop eingeben. Im Freitexteditor hingegen können allein stehende Operationen direkt eingegeben werden.

Derzeit gibt es die folgenden allein stehenden Vektoroperationen:

- `.clear()`
- `.insert()`
- `.remove()`

Nähere Informationen zu diesen Operationen entnehmen Sie bitte dem HDevelop User's Guide.

Auch wenn `Expression` formal ein Kontrollparameter ist, können auch allein stehende ikonische Vektoroperationen ausgeführt werden.

Parameter

▷ **Expression** (input_control) . . . . . number-vector ⇝ *real* / integer / string
Ausführbare Operation.

Beispiel

```
read_image (Image1, 'fin1')
read_image (Image2, 'fin2')
ImageVector.insert(1, Image1).insert(2, Image2)
* process vector
ImageVector.clear()
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `executable_expression` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Modul

Foundation

exit (: : :)

Beenden von HDevelop.

`exit` beendet HDevelop. Der Operator ist äquivalent zu dem Menüpunkt `Datei ▷ Beenden`. Intern und beim Export zu C++ wird die C-Funktion `exit(0)` verwendet.

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
intensity (Image, Image, Mean, Deviation)
open_file ('intensity.txt', 'output', FileHandle)
fwrite_string (FileHandle, Mean + ' ' + Deviation)
close_file (FileHandle)
exit ()
```

Ergebnis

`exit` liefert 0 (o.k.) an die Umgebung, aus der heraus HDevelop gestartet wurde (das Betriebssystem), zurück.

Siehe auch

`stop`

Modul

Foundation

export_def (: : Position, Declaration :)

Fügt beliebigen Text in den Codeexport ein.

`export_def` erlaubt es, beliebige Texte beim Export von Programmen oder Prozeduren in die Ausgabedatei einzufügen.

Der Parameter `Position` steuert, wo der Text, der in `Declaration` gesetzt wird, in die Exportdatei eingefügt werden soll. Dabei werden die folgenden Optionen unterstützt:

'in_place' **- #** Der Text wird an der gleichen Stelle in die exportierte Prozedur eingefügt, an der er auch im HDevelop-Code steht.

'at_file_begin' **- #^^** Der Text wird ganz am Anfang der exportierten Datei eingefügt.

'before_procedure' **- #^** Der Text wird unmittelbar vor der Prozedur, in der der `export_def` Befehl steht, in die exportierte Datei eingefügt.

'after_procedure' **- #$** Der Text wird unmittelbar nach der Prozedur, in der der `export_def` Befehl steht, in die exportierte Datei eingefügt.

'at_file_end' **- #$$** Der Text wird ganz am Ende der exportierten Datei eingefügt.

Im Programmlisting wird der Befehl `export_def` nicht in der normalen Operatorschreibweise ausgegeben, sondern durch eine spezielle Zeichenfolge eingeleitet. Das erste Zeichen ist das Exportzeichen `#`, das entsprechend obiger Auflistung von einer Positionskennung gefolgt werden kann. Soll ein `export_def` Befehl im Freitexteditor eingegeben werden, ist zu beachten, dass vor dem Exportzeichen `#` kein Leerzeichen stehen darf.

Um die Lesbarkeit zu verbessern kann zwischen der Exportkennzeichnung und dem zu exportierenden Text ein Leerzeichen stehen, das nicht mit exportiert wird. Zusätzliche Leerzeichen werden dagegen mit exportiert.

Texte, die innerhalb der aktuellen Prozedur ausgegeben werden, werden entsprechend der aktuellen Einrücktiefe eingerückt. Dabei gibt es eine Ausnahme: Fängt der zu exportierende Text mit `#` an, wird der Text nicht eingerückt:

```
for Index := 1 to 5 by 1
\# \#ifdef MY\_SWITCH
\# int cnt = 100;
  * ein optionaler Codeblock
\# \#endif
endfor
```

Wird exportiert zu:

```
proc (...)
{
```

```
  ...
  for (...)
  {
\#ifdef MY\_SWITCH
    int cnt = 100;
    // ein optionaler Codeblock
\#endif
  }
  ...
}
```

Der Befehl `export_def` kann wie jeder normale Operator aktiviert oder deaktiviert werden. Deaktivierte Exportbefehle werden nicht exportiert.

Parameter

- ▷ **`Position`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Position, an der Exporttext in die Ausgabedatei eingefügt werden soll.
  Werteliste: `Position` ∈ {'in_place', 'at_file_begin', 'before_procedure', 'after_procedure', 'at_file_end'}
- ▷ **`Declaration`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Zu exportierender Text.

Ergebnis

`export_def` wird nicht ausgeführt.

Siehe auch

`comment`

Modul

Foundation

`for` `( : : Start, End, Step : Index )`

Eröffnet einen Schleifenblock, der i.d.R. mit einer festen Anzahl an Durchläufen ausgeführt wird.

Schreibweise in HDevelop: `for Index := Start to End by Step`

`for` eröffnet einen Schleifenblock, der i.d.R. mit einer festen Anzahl an Durchläufen ausgeführt wird. Der `for`-Block erstreckt sich bis zur zugehörigen `endfor`-Anweisung.

Die Anzahl der Durchläufe wird durch die Werte für `Start`, `End` und die Schrittweite `Step` festgelegt. Diese Parameter können neben konstanten Werten auch durch Ausdrücke oder Variablen initialisiert werden. Es ist zu beachten, dass die Schleifenparameter nur am Anfang, beim Betreten der `for`-Schleife ausgewertet werden. Innerhalb der `for`-Schleife haben Änderung an den Variablen, die zur Initialisierung der Schleife verwendet wurden keinen Einfluss auf die Anzahl an Durchläufen.

Die übergebenen Schleifenparameter müssen vom Typ `integer` oder `real` sein. Sind alle Eingabevariablen vom Typ `integer`, so ist die Variable `Index` ebenfalls vom Typ `integer`. In allen anderen Fällen ist die Variable `Index` vom Typ `real`.

Vor jedem Schleifendurchlauf wird der Wert der Laufvariablen `Index` mit dem Endwert verglichen. Ist – bei einer positiven Schrittweite – der Wert größer als der (bei der Initialisierung gesetzte) Endwert, wird die `for`-Schleife beendet und das Programm hinter der korrespondierenden `endfor`-Anweisung fortgesetzt. Bei einer negativen Schrittweite muss die `Index`-Variable kleiner als der Endwert sein, damit die Schleife abgebrochen wird.

Achtung: Ist die Schrittweite vom Typ `real` kann es passieren, dass – wenn auf Gleichheit zwischen Laufvariable und Endwert getestet wird – der letzte Schleifendurchlauf aufgrund von Rundungsfehlern nicht mehr ausgeführt wird. So wird auf manchen Systemen die folgende Schleife nicht wie erwartet vier mal durchlaufen (mit den Werten 1.3, 1.4, 1.5 und 1.6), sondern nur drei mal, da die Indexvariable nach drei Additionen mit 0.1 etwas größer als 1.6 ist:

```
I:=[]
for Index := 1.3 to 1.6 by 0.1
  I := [I,Index]
endfor
```

Nach dem Abarbeiten der Anweisungen des Schleifenkörpers, d.h. nach dem Erreichen der korrespondierenden endfor-Anweisung oder einer continue-Anweisung, wird die (bei der Initialisierung gesetzte) Schrittweite auf den aktuellen Wert der Index-Variable aufaddiert, und die Schleifenbedingung wie oben beschrieben erneut ausgewertet. Das Ergebnis der Auswertung bestimmt, ob die Schleife durch einen Sprung auf die erste Anweisung des Schleifenkörpers erneut ausgeführt wird, oder ob die Schleife durch einen Sprung auf die erste Anweisung hinter der korrespondierenden endfor-Anweisung beendet wird.

Der Aufruf einer break-Anweisung innerhalb des Schleifenkörpers bewirkt das sofortige Verlassen der for-Schleife. Das Programm wird hinter der korrespondierenden endfor-Anweisung fortgesetzt. Eine continue-Anweisung dagegen führt dazu, dass der Rest des Schleifenkörpers ignoriert wird und das Program direkt mit dem Anpassen der Laufvariablen und der Auswertung der Schleifenbedingung fortgesetzt wird.

Achtung: Es wird empfohlen darauf zu verzichten, die Laufvariable innerhalb der Schleife zu verändern.

Wird die for-Schleife durch eine stop-Anweisung oder durch Drücken des Knopfes Stop angehalten und die Ausführungsmarke manuell umgesetzt, so wird die for-Schleife in der aktuellen Iteration fortgeführt, solange die Ausführungsmarke nur innerhalb der for-Schleife oder auf die endfor-Anweisung gesetzt wird. Wird die Ausführungsmarke auf oder vor die for-Anweisung gesetzt und die Ausführung fortgesetzt, so wird die Schleife neu initialisiert und erneut komplett durchlaufen.

Parameter

- ▷ **Start** (input_control) ..... number ⇝ *integer* / real
  Startwert des Schleifenzählers.
  Default: 1
- ▷ **End** (input_control) ..... number ⇝ *integer* / real
  Endwert des Schleifenzählers.
  Default: 5
- ▷ **Step** (input_control) ..... number ⇝ *integer* / real
  Änderung bei jedem Schleifendurchgang
  Default: 1
- ▷ **Index** (output_control) ..... number ⇝ *integer* / real
  Laufvariable.

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
threshold (Image, Region, 128, 255)
connection (Region, ConnectedRegions)
select_shape (ConnectedRegions, SelectedRegions, 'area', 'and', 150, 99999)
area_center (SelectedRegions, Area, Row, Column)
dev_close_window ()
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle)
dev_display (Image)
dev_display (SelectedRegions)
dev_set_color ('white')
for Index := 0 to |Area| - 1 by 1
  set_tposition (WindowHandle, Row[Index], Column[Index])
  write_string (WindowHandle, 'Area=' + Area[Index])
endfor
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert for (als Operator) den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Alternativen

while, until

Siehe auch

repeat, break, continue, endfor

Modul

Foundation

global (: : Declaration :)

Deklaration einer globalen Variablen.

Mit Hilfe des Befehls `global` ist es möglich, eine globale Variable zu deklarieren. Globale Variablen sind in allen Prozeduren sichtbar, in denen sie entsprechend deklariert wurden.

Alle Variablen, die innerhalb einer Prozedur nicht explizit als global deklariert werden, sind in jedem Fall lokal, auch wenn in einer anderen Prozedur eine globale Variable mit dem gleichen Namen deklariert wurde.

Der Parameter `Declaration` beinhaltet die vollständige Variablendeklaration, bestehend aus dem optionalen Schlüsselwort *'def'*, dem Typnamen *'object'* oder *'tuple'*, dem optionalen Schlüsselwort *'vector'* (unter Angabe der gewünschten Dimension in runden Klammern) und dem Variablennamen.

Ikonische Variablen werden mit dem Schlüsselwort *'object'* deklariert, für Steuervariablen wird *'tuple'* verwendet.

Das optionale Schlüsselwort *'def'* erlaubt es, eine bestimmte Variablendeklaration explizit als Definition zu kennzeichnen. In den meisten Fällen ist das nicht notwendig, da in HDevelop die globale Variableninstanz automatisch angelegt wird, wenn die Variable irgendwo deklariert wurde. Werden allerdings die Prozeduren, die globale Variablen verwenden, in eine Programmiersprache exportiert, und erfolgt der Export nicht in eine große Datei, mit allen Prozeduren zusammen, sondern wird jede Prozedur in eine eigene Dateien exportiert, dann ist es notwendig, eine der globalen Variablendeklarationen entsprechend als Definition zu kennzeichnen. In eine Gruppe von Prozedurdateien, die zu einer Bibliothek oder einer Anwendung verlinkt werden sollen, muss es genau eine Definition geben, um sowohl Fehler wegen undefinierter Symbole als auch wegen Mehrfachdefinitionen zu vermeiden.

Im Programmlisting wird die Variablendeklaration nicht in Operatorschreibweise sondern ohne Klammern angegeben, da es sich hierbei um eine Deklaration und nicht um einen Operatoraufruf handelt. Dabei wird die folgende Syntax verwendet:

```
global [def] {object|tuple} [vector(<Dimension>)] <Variablenname>
```

Parameter

▷ **Declaration** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Variablendeklaration bestehend aus optionalem *'def'*, Typ und Variablennamen
Wertevorschläge: `Declaration` ∈ {'object', 'tuple', 'def object', 'def tuple', 'object vector(1)', 'tuple vector(1)', 'def object vector(1)', 'def tuple vector(1)'}

Ergebnis

`global` wird nicht ausgeführt.

Modul

Foundation

if (: : Condition :)

Bedingte Anweisung.

`if` ist eine bedingte Anweisung, die den Beginn eines `if`-Blocks markiert. Der Parameter `Condition` muss einen booleschen oder Integerwert ergeben.

Falls `Condition` *'true'* (also einen Wert ungleich *0*) ergibt, wird der folgende Programmabschnitt bis zum nächsten zugehörigen `elseif`, `else` oder `endif` ausgeführt. Daraufhin wird die Ausführung hinter der schließenden Anweisung `endif` fortgesetzt.

Falls `Condition` *'false'* (*0*) ergibt, wird die Ausführung ab der nächsten zugehörigen Anweisung `elseif`, `else` oder `endif` fortgesetzt.

Parameter

▷ **Condition** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Bedingung für die if-Anweisung.
Default: 1

Ergebnis

Enthält die Bedingung einen korrekten Ausdruck, dann liefert `if` (als Operator) den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Alternativen

`elseif`, `else`

Siehe auch

`for`, `while`, `until`

Modul

Foundation

import (: : ProcedureSource :)

Importieren von einer oder mehreren externen Prozeduren.

Mit Hilfe des Befehls `import` ist es möglich aus einem HDevelop Programm heraus weitere, externe Prozeduren zu importieren. Die importierten Prozeduren stehen dabei nur derjenigen Prozedur zur Verfügung, die auch den `import` Befehl enthält, allen anderen nicht.

`import` Befehle dürfen an jeder beliebigen Stelle in einer Prozedur auftauchen. Die importierten Prozeduren stehen erst ab dem `import` Befehl zur Verfügung und können durch nachfolgende `import` Befehle mit anderen, gleichnamigen Prozeduren überschrieben werden.

```
proc()
* unaufgelöster Prozeduraufruf

import ./the\_one\_dir
proc()
* wird nach ./the\_one\_dir/proc.hdvp aufgelöst

import ./the\_other\_dir
proc()
* wird nach ./the\_other\_dir/proc.hdvp aufgelöst
```

Der Parameter `ProcedureSource` gibt die Quelle der zu importierenden Prozeduren an. Diese kann entweder ein Dateiverzeichnis oder eine Prozedurbibliotheksdatei bezeichnen. In beiden Fällen kann die Angabe sowohl als absoluter als auch als relativer Pfad erfolgen. In letzterem Falle sieht HDevelop den Pfad als relativ zu dem Verzeichnis an, das die Prozedur mit dem `import` Befehl enthält. Das Verzeichnis dieser Prozedur kann somit mit '.' mit inkludiert werden. Enthält der Pfad Leerzeichen, so muss er in Anführungszeichen stehen, andernfalls ist die Programmzeile ungültig.

Im Gegensatz zu den System-, Benutzer- und Sitzungsprozedurpfaden werden beim `import` Befehl ausschließlich die angegebenen Dateiverzeichnisse nach Prozeduren durchsucht, nicht jedoch dessen Unterverzeichnisse.

Dabei ist zu beachten, dass `import` ein nicht ausführbarer Befehl ist und `ProcedureSource` deswegen schon beim Laden der Prozedur ausgewertet werden muss. `ProcedureSource` muss also ein konstanter Ausdruck sein, und es ist insbesondere nicht möglich, eine Textvariable in `ProcedureSource` zu übergeben.

Allerdings darf `ProcedureSource` auch Umgebungsvariablen enthalten, die von HDevelop entsprechend aufgelöst werden. Umgebungsvariablen müssen, unabhängig von der verwendeten Plattform, in jedem Fall in Windows Syntax angegeben werden, also z.B. %VARIABLE%.

`import` überprüft nicht, ob der Pfad `ProcedureSource` überhaupt existiert oder ob er eine Prozedurbibliothek oder ein Verzeichnis beschreibt. `import` Befehle mit nicht existierenden oder wirkungslosen Pfaden bleiben daher in jedem Fall gültige Programmzeilen.

Importierte Pfade werden in HDevelop in den Prozedur Einstellungen gesondert aufgeführt. Selbstverständlich können diese Pfade aus den Prozedur Einstellungen heraus nicht geändert noch deaktiviert werden. Prozeduren, die ausschließlich durch `import` Anweisungen verfügbar sind, werden mit einem speziellen Icon gekennzeichnet.

Im Programmlisting wird der `import` Befehl nicht in Operatorschreibweise sondern ohne Klammern angegeben, da es sich hierbei um eine Deklaration und nicht um einen Operatoraufruf handelt.

Parameter

▷ **ProcedureSource** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Verzeichnis oder Prozedurbibliotheksdatei, in denen die zu importierenden Prozeduren gespeichert sind

Ergebnis

`import` wird nicht ausgeführt.

Modul

Foundation

insert (: : Input, Value, Index : Result)

Zuweisung eines Wertes an ein Tupelelement.

`insert` ist veraltet und wird nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität zur Verfügung gestellt.. Die modifizierende Version des `insert` Operators wurde durch den Operator `assign_at` ersetzt. Dieser verwendet im Freitexteditor die gleiche Notation wie `insert`, so dass im Freitexteditor automatisch der richtige Operator verwendet wird. Die nicht-modifizierende Variante des `insert` Operators wurde durch den Operator `tuple_replace` ersetzt.

`insert` weist einem spezifischen Tupelelement einen neuen Wert zu.

Im Freitexteditor wird eine solche Operation einfach mithilfe des Zuweisungsoperators ':=' und des Indexoperators '[ ]' für die Ergebnisvariable eingetragen, zum Beispiel:

```
Areas[Radius-1] := Area
```

Wird eine Einfügeoperation im Operatorfenster eingegeben, muss `insert` in die Operatorauswahlbox eingetragen werden. Daraufhin öffnet sich der Parameterbereich, in dem der Parameter `Value` dem zu berechnenden Ausdruck entspricht, der dem Element `Index` des Tupels `Input` zugewiesen wird. Der Parameter `Result` enthält den Namen der Variablen, der das Ergebnis zugewiesen wird.

Nur für den Fall, dass das mit dem Parameter `Input` übergebene Eingabetupel mit dem als `Result` übergebenen Ausgabetupel identisch ist, kann der Operator `insert` mit der oben dargestellten Schreibweise im Freitexteditor eingegeben werden. In diesem Fall wird das Eingabetupel modifiziert. Die korrekte Operatorschreibweise sieht dann folgendermaßen aus:

```
insert (Areas, Area, Radius-1, Areas)
```

Wenn die Tupel `Input` und `Result` unterschiedlich sind, wird das Eingabetupel nicht modifiziert. In diesem Fall kann im Programmeditor nur die Operatorschreibweise verwendet werden:

```
insert (Areas, Area, Radius-1, Result)
```

Dies entspricht der Schreibweise:

```
Result := Areas
Result[Radius-1] := Area
```

Es ist zu beachten, dass der Operator `insert` kein neues Tupelelement hinzufügt, wenn an der angegebenen Position schon ein Wert gespeichert ist. Vielmehr wird der Wert an der Position `Index` ersetzt. Daher muss für `Value` genau ein Wert (oder ein Ausdruck, der genau einen Wert liefert) übergeben werden.

Wenn der durch `Index` übergebene Wert größer ist als die aktuelle Tupelgröße, wird das Tupel auf die erforderliche Größe gebracht. Die Tupelelemente zwischen dem ursprünglich letzten und dem neuen Element sind undefiniert.

Parameter

▷ **Input** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real* / integer / string
Tupel, in das ein Wert eingefügt werden soll.
Default: []

▷ **Value** (input_control) . . . . . real ⇝ *real* / integer / string
Wert, der eingefügt werden soll.
Default: 1
Wertebereich: 0 ≤ `Value` ≤ 1000000

▷ **Index** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Position an der der Wert eingefügt werden soll.
Default: 0
Wertevorschläge: `Index` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6}
Minimale Schrittweite: 1

▷ **Result** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real* / integer / string
Ergebnistupel mit eingefügtem Wert.

Ergebnis

Ist der Ausdruck korrekt, dann liefert `insert` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Alternativen

`assign`

Modul

Foundation

par_join (: : ThreadID :)

Wartet auf Unterthreads die mit Hilfe der `par_start` Kennzeichnung am Anfang einer Programmzeile gestartet wurden.

Der Operator `par_join` erlaubt es, auf Prozeduren und Operatoren zu warten, die mit Hilfe von `par_start` in einem separaten Unterthread parallel zur aufrufenden Prozedur gestartet wurden. Es wird auf die Unterthreads gewartet, deren Thread-IDs als Tupel im Parameter `ThreadID` übergeben wurden.

Achtung: `par_start` ist kein eigener Operator, sondern lediglich ein Kennzeichner, der dem eigentlichen Prozeduraufruf in der gleichen Programmzeile vorangestellt wird: `par_start <ThreadID> :` gefolgt von dem eigentlichen Aufruf.

Parameter

▷ **ThreadID** (input_control) . . . . . thread_id(-array) ⇝ *integer*
IDs der Unterthreads, auf die gewartet werden soll.

Beispiel

```
* start two procedures in separate sub threads
par_start <ThreadID1> : producer_proc()
par_start <ThreadID2> : consumer_proc()
* wait until both procedures have finished
par_join ([ThreadID1, ThreadID2])
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `par_join` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Modul

Foundation

repeat (: : :)

Beginn einer `repeat`..`until`-Schleife.

repeat eröffnet eine repeat..until-Schleife.

Ergebnis

repeat liefert immer 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Alternativen

for, while

Siehe auch

until, break, continue

Modul

Foundation

return (: : :)

Beenden eines Prozeduraufrufs.

return beendet den aktuellen Prozeduraufruf und kehrt zur aufrufenden Prozedur zurück. Die Ausführung des Programms wird bei der nächsten aktiven Programmzeile nach dem Prozeduraufruf in der aufrufenden Prozedur fortgesetzt. Falls die aktuelle Prozedur die Hauptprozedur 'main' ist, so wird der Programmablauf beendet, und der Programmzähler springt an das Programmende. Es ist zu beachten, dass jede Prozedur außer der Hauptprozedur mindestens eine erreichbare return Operatorzeile besitzen muss, um von einem Aufruf der Prozedur zurückkehren zu können.

Ergebnis

return liefert immer 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Modul

Foundation

stop (: : :)

Anhalten des Programmablaufes.

Der stop-Operator unterbricht den kontinuierlichen Programmablauf. Dabei bleibt der PC auf dem stop-Operator (und nicht der nächsten ausführbaren Zeile) stehen, damit der Grund für die Programmunterbrechung sofort zu erkennen ist, auch wenn hinter dem stop-Operator zahlreiche Kommentar- oder andere nicht ausführbare Zeilen folgen.

Der Operator ist äquivalent zum Anhalten-Befehl (F9) in der Menüleiste. Mit Ausnahme parallel ausgeführter Programme (via par_start Kennzeichnung), kann das Programm mit dem Ausführen-Befehl (F5) direkt fortgesetzt werden. Siehe auch „Parallel Execution“ im HDevelop User's Guide.

Über den Einstellungsdialog kann das Laufzeitverhalten durch Eingabe eines Zeitparameters umdefiniert werden, so dass die Programmausführung nicht mehr stoppt, sondern die eingestellte Zeit wartet. Innerhalb dieser Zeit kann das Programm mit F9 unterbrochen oder mit einem der Ausführungsbefehle fortgesetzt werden. Dies wird durch ein Icon in der ersten Spalte des Programmfensters gekennzeichnet.

Achtung

Dieser Operator wird beim Codeexport ignoriert.

Der Versuch, ein parallel ausgeführtes Programm nach dem Aufruf von stop fortzusetzen, kann nichtdeterministisches Thread-Verhalten oder Fehler verursachen.

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
regiongrowing (Image, Regions, 3, 3, 6, 100)
count_obj (Regions, Number)
dev_update_window ('off')
for i := 1 to Number by 1
  select_obj (Regions, RegionSelected, i)
  dev_clear_window ()
```

```
  dev_display (RegionSelected)
  stop ()
endfor
```

Ergebnis

Hält das Programm an einem `stop`-Operator an, bleibt der Rückgabewert des vorherigen Operators erhalten. Wird das Programm danach fortgesetzt, liefert `stop` immer `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Siehe auch

`exit`

Modul

Foundation

`switch` `( : : ControlExpression : )`

Einleiten einer Mehrfachverzweigung.

`switch` leitet einen Block mit einer Mehrfachverzweigung bzw. Fallunterscheidung ein. Der Parameter `ControlExpression` muss einen Integerwert ergeben. Der berechnete Wert bestimmt, zu welcher `case`-Marke innerhalb des `switch`..`endswitch`-Blocks gesprungen wird. Jede `case`-Anweisung enthält genau eine Integerkonstante. Stimmen der in `ControlExpression` berechnete Wert und die `case`-Konstante überein, wird die entsprechende Marke angesprungen. Optional kann innerhalb eines `switch`-Blocks als letzte Sprungmarke eine `default`-Anweisung angegeben werden. Diese wird angesprungen, wenn für den in `ControlExpression` berechneten Wert keine passende `case`-Anweisung gefunden wurde.

Wie in den Programmiersprachen C, C++ und C# stellt die `case`-Anweisung eine Sprungmarke dar und leitet anders als `elseif` nicht einen abgeschlossenen Block ein, der automatisch beim nächsten `case` verlassen wird.

Um nach den Anweisungen eines `case`-Zweiges den `switch`-Block zu verlassen, muss wie in C und C++ eine `break`-Anweisung eingebaut werden. Diese kann auch an beliebigen Stellen innerhalb eines `case`-Zweiges angegeben werden. Wird in der Programmausführung ein `break` erreicht, wird von dort direkt hinter die den `switch`-Block abschließende `endswitch`-Anweisung gesprungen.

Sollen für mehrere Integerwerte die gleichen Programmzeilen ausgeführt werden, können mehrere `case`-Anweisungen unmittelbar aufeinander folgen.

Parameter

▷ **`ControlExpression`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Integerausdruck, der die anzuspringende Sprungmarke bestimmt.

Beispiel

```
TestStr := ''
for Index := 1 to 8 by 1
  TestStr := TestStr + '<'
  switch (Index)
  case 1:
    TestStr := TestStr + '1'
    break
  case 2:
    TestStr := TestStr + '2'
    * intentionally fall through to 3
  case 3:
    TestStr := TestStr + '3'
    * intentionally fall through to 4
  case 4:
    TestStr := TestStr + '4'
    break
  case 5:
  case 6:
```

```
    * common case branch for 5 and 5
    TestStr := TestStr + '56'
    break
  case 7:
    * continue for loop
    TestStr := TestStr + '7'
    continue
  default:
    TestStr := TestStr + 'd'
    break
  endswitch
  TestStr := TestStr + '>'
endfor
```

Ergebnis

Enthält die Bedingung einen korrekten Ausdruck, dann liefert `switch` (als Operator) den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Alternativen

`if`, `elseif`, `else`

Siehe auch

`case`, `default`, `endswitch`, `if`

Modul

Foundation

throw (: : Exception :)

Werfen einer benutzerdefinierten oder Weitergeben einer mit `catch` abgefangenen Exception.

Die Operatoren `try`, `catch`, `endtry` und `throw` erlauben es, in HDevelop-Programme Code für eine dynamische Fehlerbehandlung ähnlich zu den Programmiersprachen C++ oder C# einzubauen. Grundlegende Informationen zur Fehlerbehandlung in HDevelop finden sich außerdem bei den Operatoren `try` und `dev_set_check` sowie im „`HDevelop User's Guide`".

Der Operator `throw` erlaubt es, an einer beliebigen Stelle im Programm eine Exception zu werfen. Diese kann dann mit dem `catch`-Operator eines umgebenen `try`-`catch`-Blocks gefangen werden. Dadurch ist es dem Entwickler möglich, eigene Fehler- oder Ausnahmezustände zu definieren, bei denen die normale Programmausführung – auch über Prozedurgrenzen hinweg – abgebrochen und in einen Fehlerbehandlungszweig gesprungen wird, beispielsweise um reservierte Ressourcen freizugeben.

Bei einer solchen anwenderdefinierten Exception kann ein nahezu beliebiges Tupel als `Exception`-Objekt geworfen werden, es sollte lediglich das erste Element des Tupels auf einen Fehlercode ≥ 30000 gesetzt werden. Können unterschiedliche anwenderdefinierte Ausnahmezustände auftreten, können diese über verschiedene Fehlercodes (≥ 30000) im ersten Element oder über zusätzliche Elemente unterschieden werden.

Darüber hinaus erlaubt der `throw`-Operator eine mit `catch` gefangene Exception weiter zu werfen. Das ist beispielsweise dann sinnvoll, wenn innerhalb eines inneren `try`-`catch`-`endtry`-Blocks, z.B. innerhalb einer Prozedur, die anderen Anwendungen bereitgestellt wird, nur auf bestimmte Fehler reagiert werden soll oder kann, und andere Fehler an den Aufrufer weitergereicht werden müssen.

In diesem Fall kann das mit `catch` gefangene `Exception`-Tupel einfach als `Exception`-Parameter übergeben und direkt weitergereicht werden. Darüber hinaus ist es aber auch möglich, eigene Elemente an das `Exception`-Tupel hinten anzuhängen. Diese können dann in dem äußeren `catch`-Block mit Hilfe des Operators `dev_get_exception_data` als *'user_data'* abgefragt werden:

```
try
    ...
catch(Exception)
    ...
    UserData := ...
    throw([Exception, UserData])
endtry
```

Achtung

Der Export der Operatoren `try`, `catch`, `endtry` und `throw` ist nur in die Sprachen C++, C# und VisualBasic/.NET möglich, da nur sie das Werfen und Fangen von Exceptions über Prozedurgrenzen hinweg unterstützen. Beim Export nach C können diese Operatoren nicht unterstützt werden.

Parameter

▷ **`Exception`** (input_control) ..... exception-array ⇝ *integer* / string
Tupel mit den Fehlerdaten oder eigenen Fehlercodes.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `throw` (als Operator) den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Siehe auch

`try`, `catch`, `endtry`, `dev_get_exception_data`, `dev_set_check`

Modul

Foundation

`try` (: : :)

Startet einen Block, in dem Exceptions erkannt und abgefangen werden können.

Die Operatoren `try`, `catch`, `endtry` und `throw` erlauben es, in HDevelop-Programme Code für eine dynamische Fehlerbehandlung ähnlich zu den Programmiersprachen C++ oder C# einzubauen. Zusammen bilden die ersten drei Operatoren zwei Codeblöcke: der erste (`try` .. `catch`) enthält den zu überwachenden Code und der zweite (`catch` .. `endtry`) den Code, der im Fehlerfall ausgeführt wird.

Der Operator `try` leitet den ersten Block ein, der die zu überwachenden Programmzeilen enthält. Tritt bei der Ausführung der nachfolgenden Operatoren oder Prozeduren ein Fehler oder anderer Ausnahmezustand (Exception) auf, oder wird vom Benutzer mit dem Operator `throw` explizit eine Exception geworfen, wird der `try`-Block sofort (bzw. nach Anzeigen eines Fehlerdialogs) beendet und die Programmausführung beim nächsten `catch`-Operator fortgesetzt. Tritt die Exception in einer aus dem `try`-Block direkt oder indirekt aufgerufenen Prozedur auf, wird diese Prozedur sofort (bzw. ebenfalls erst nach Anzeigen eines Fehlerdialogs) verlassen - einschließlich all der Prozeduren, die auf dem Callstack oberhalb der Prozedur, die den Fehlerbehandlungscode enthält, liegen.

Ob vor dem Werfen der Exception ein Dialog angezeigt wird oder nicht, steuert die HDevelop-Einstellung `'Fehlermeldungen innerhalb von Try-Catch-Blöcken unterdrücken'` im Einstellungsdialog unter `Bearbeiten->Einstellungen->Allgemeine Optionen->Erfahrener Anwender`. Dieser Fehlerdialog erlaubt es auch, die Programmausführung auf dem Operator, in dem der Fehler aufgetreten ist, d.h. noch vor dem Werfen der Exception anzuhalten, um beispielsweise einen möglicherweise fehlerhaften Operatoraufruf im Programm zu korrigieren.

Der überwachte Programmblock endet mit dem Operator `catch`. Tritt im `try`-Block keine Exception auf, wird der nachfolgende `catch`-Block übersprungen und die Ausführung nach dem Operator `endtry` fortgesetzt.

Es ist möglich `try`-`catch`-`endtry`-Blöcke beliebig ineinander zu schachteln - innerhalb einer Prozedur oder auch über mehrere Prozeduraufrufe hinweg. Wird dabei in einem inneren `try`-`catch`-Block eine Exception abgefangen, ist die Fehlerbehandlung mit dem Abarbeiten des entsprechenden `catch`-`endtry`-Blockes abgeschlossen, und die Exception ist für die äußeren `try`-`catch`-Blöcke nicht mehr sichtbar, es sei denn, die Exception wird aus dem `catch`-Block heraus mit dem `throw`-Operator explizit neu geworfen.

Tritt in einem HALCON-Operator ein Fehler auf, werden bestimmte Informationen über diesen Fehler, wie z.B. Fehlercode und Fehlertext in einem Exception-Tupel zusammengefasst und an den `catch`-Operator übergeben.

Von dort können sie mit Hilfe des Operators dev_get_exception_data ausgelesen werden, um sie entsprechend auszuwerten oder auszugeben. Mehr Informationen zu den gespeicherten Fehlerdaten, den Zugriff darauf und Besonderheiten beim Export findet man bei diesen beiden Operatoren. Beim Operator throw ist beschrieben, was beim Werfen eines benutzerdefinierten Exception-Tupels zu beachten ist.

Wurde mit dem Operator dev_set_check('~give_error') oder über den Dialog Bearbeiten->Einstellungen->Laufzeiteinstellungen, Checkbox: Fehler zurückgeben, die Fehlerbehandlung ausgeschaltet, wird bei einem Operator-Fehler keine Exception geworfen, sondern das Programm ganz normal mit dem nächsten Operator fortgesetzt. Im Gegensatz dazu wirft der throw-Operator immer eine Exception, unabhängig vom Zustand der *'give_error'*-Einstellung. Das gleiche gilt auch für Fehler, die bei der Auswertung von Parameterausdrücken auftreten.

Achtung

Der Export der Operatoren try, catch, endtry und throw ist nur in die Sprachen C++, C# und VisualBasic/.NET möglich, da nur sie das Werfen und Fangen von Exceptions über Prozedurgrenzen hinweg unterstützen. Beim Export nach C können diese Operatoren nicht unterstützt werden.

Beispiel

```
try
  read_image (Image, 'may_be_not_available')
catch (Exception)
  if (Exception[0] == 5200)
    dev_get_exception_data (Exception, 'error_message', ErrMsg)
    set_tposition (3600, 24, 12)
    write_string (3600, ErrMsg)
    return ()
  else
    * rethrow the exception
    throw ([Exception,'unknown exception in myproc'])
  endif
endtry
```

Ergebnis

try liefert immer 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Alternativen

dev_set_check

Siehe auch

catch, endtry, throw, dev_get_exception_data, dev_set_check

Modul

Foundation

until (: : Condition :)

Führe so lange den Rumpf der Schleife aus, wie die Bedingung falsch ist.

until beendet eine repeat..until-Schleife. Die repeat..until-Schleife wird so lange durchlaufen, wie der Parameter Condition *'false'* (*0*) ergibt. Der Rumpf der Schleife wird mindestens einmal durchlaufen, da die Bedingung erst am Ende des Rumpfes überprüft wird.

Parameter

▷ **Condition** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Bedingung für die Schleife.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert until (als Operator) den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Alternativen

for, while

Siehe auch

repeat, if, elseif, else, break, continue

Modul

Foundation

while (: : Condition :)

Eröffnet einen Schleifenblock, der solange ausgeführt wird, wie die Bedingung wahr ist.

while führt den Schleifenblock bis zur zugehörigen Anweisung endwhile aus, solange der Parameter Condition *'true'* (oder eine Zahl ungleich *0*) ergibt.

Ergibt die Bedingung *'false'* (*0*), wird die Programmausführung nach der zugehörigen endwhile-Anweisung fortgesetzt.

Parameter

▷ **Condition** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Bedingung für die Schleife.

Beispiel

```
dev_update_window ('off')
dev_close_window ()
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowID)
read_image (Image, 'particle')
dev_display (Image)
stop ()
threshold (Image, Large, 110, 255)
dilation_circle (Large, LargeDilation, 7.5)
dev_display (Image)
dev_set_draw ('margin')
dev_set_line_width (3)
dev_set_color ('green')
dev_display (LargeDilation)
dev_set_draw ('fill')
stop ()
complement (LargeDilation, NotLarge)
reduce_domain (Image, NotLarge, ParticlesRed)
mean_image (ParticlesRed, Mean, 31, 31)
dyn_threshold (ParticlesRed, Mean, SmallRaw, 3, 'light')
opening_circle (SmallRaw, Small, 2.5)
connection (Small, SmallConnection)
dev_display (Image)
dev_set_colored (12)
dev_display (SmallConnection)
stop ()
dev_set_color ('green')
dev_display (Image)
dev_display (SmallConnection)
Button := 1
while (Button == 1)
  dev_set_color ('green')
  get_mbutton (WindowID, Row, Column, Button)
  dev_display (Image)
  dev_display (SmallConnection)
  dev_set_color ('red')
  select_region_point (SmallConnection, SmallSingle, Row, Column)
  dev_display (SmallSingle)
  NumSingle := |SmallSingle|
```

```
  if (NumSingle == 1)
    intensity (SmallSingle, Image, MeanGray, DeviationGray)
    area_center (SmallSingle, Area, Row, Column)
    dev_set_color ('yellow')
    set_tposition (WindowID, Row, Column)
    write_string (WindowID, 'Area='+Area+', Int='+MeanGray)
  endif
endwhile
dev_set_line_width (1)
dev_update_window ('on')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `while` (als Operator) den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt und ein Fehlercode zurückgeliefert.

Alternativen

`for`, `until`

Siehe auch

`repeat`, `break`, `continue`, `if`, `elseif`, `else`

Modul

Foundation

Kapitel 26

System

26.1 Betriebssystem

count_seconds (: : : Seconds)

Ermitteln von vergangener Zeit.

count_seconds dient der Zeitmessung. Jeder Aufruf des Operators liefert einen Zeitwert. Die Differenz der Werte zweier aufeinanderfolgender Aufrufe liefert die seither vergangene Zeit in Sekunden. Welche Art der Zeit gemessen wird, kann mit set_system('clock_mode',...) festgelegt werden.

Achtung

Die Zeitmessung ist nicht exakt und hängt von der Auslastung des Rechners ab.

Parameter

▷ **Seconds** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
Prozesszeit seit dem Programmstart.

Beispiel

```
count_seconds(Start)
* program segment to be measured
count_seconds(End)
Seconds := End - Start
```

Ergebnis

count_seconds liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

set_system

Modul

Foundation

get_system_time (: : : MSecond, Second, Minute, Hour, Day, YDay, Month, Year)

Auslesen der Systemzeit.

get_system_time liest die aktuelle Systemzeit aus. Die Systemzeit wird basierend auf der eingestellten Lokalzeitzone oder als UTC ausgelesen, siehe *'system_time_base'* in set_system.

Parameter

- ▷ **MSecond** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Millisekunden (0..999).
- ▷ **Second** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Sekunden (0..59).
- ▷ **Minute** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Minuten (0..59).
- ▷ **Hour** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Stunden (0..23).
- ▷ **Day** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Monatstag (1..31).
- ▷ **YDay** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Jahrestag (1..366).
- ▷ **Month** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Monat (1..12).
- ▷ **Year** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Jahr (xxxx).

Ergebnis

get_system_time liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

get_image_time

Modul

Foundation

system_call (: : Command :)

Ausführen eines Systemaufrufs.

system_call führt den in Command übergebenen Systemaufruf aus.

Unter Windows kann durch ein Voranstellen von *'start /b'* erreicht werden, dass nicht auf die gestartete Applikation gewartet wird. Unter unixartigen Systemen kann eine interaktive Shell ('csh -i') gestartet werden, indem ein leerer String in Command übergeben wird.

Parameter

- ▷ **Command** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Befehl für das Betriebssystem.
  Default: 'ls'

Ergebnis

Unter Windows liefert system_call immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE), außer es gab ein Problem beim Erzeugen des neuen Prozesses. Unter anderen Betriebssystemen liefert system_call immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

count_seconds

Siehe auch

wait_seconds, count_seconds

Modul

Foundation

wait_seconds (: : Seconds :)

Verzögern der Programmausführung.

wait_seconds verzögert die Programmausführung um Seconds Sekunden.

wait_seconds verwendet den *'performance_counter'* für die Messung von Zeitintervallen. Der *'performance_counter'* ist im Rahmen der Beschreibung des Parameters *'clock_mode'* des Operators set_system erläutert.

Parameter

▷ **Seconds** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Anzahl Sekunden, um die die Programmausführung ausgesetzt wird.
Default: 10
Restriktion: Seconds >= 0

Ergebnis

wait_seconds liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

system_call

Siehe auch

system_call, count_seconds

Modul

Foundation

26.2 Compute-Devices

activate_compute_device (: : DeviceHandle :)

Aktivieren eines Compute Devices.

activate_compute_device aktiviert das Compute Device DeviceHandle für den aktuellen HALCON Thread. Alle folgenden Aufrufe von HALCON Operatoren in diesem Thread werden auf DeviceHandle ausgeführt, sofern sie über eine entsprechende Implementierung (get_operator_info) verfügen. Mit deactivate_compute_device kann DeviceHandle wieder deaktiviert werden.

Gegenwärtig kann pro Thread nur ein Compute Device aktiv sein. Ist vor dem Aufruf von activate_compute_device bereits ein anderes Device aktiv, wird dieses automatisch deaktiviert.

Parameter

▷ **DeviceHandle** (input_control) ..... compute_device ⇝ *handle*
Compute Device Handle.

Beispiel

```
open_compute_device (DeviceIdentifier, DeviceHandle)
read_image (Image, 'rings_and_nuts')
*
* Gaussian convolution on a compute device
activate_compute_device (DeviceHandle)
derivate_gauss (Image, DerivGauss, 5, 'none')
*
* Gaussian convolution on the CPU
deactivate_compute_device (DeviceHandle)
derivate_gauss (Image, DerivGauss, 5, 'none')
```

Ergebnis

Ist `DeviceHandle` gültig, gibt `activate_compute_device` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: local (kann nur von dem Thread aufgerufen werden, in dem die Fenster-, Modell- oder Tool-Instanz erzeugt wurde).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_compute_device`

Siehe auch

`deactivate_compute_device`, `deactivate_all_compute_devices`

Modul

Foundation

deactivate_all_compute_devices (: : :)

Deaktivieren aller Compute devices.

`deactivate_all_compute_devices` deaktiviert alle Compute Devices für den aktuellen HALCON Thread.

Ergebnis

`deactivate_all_compute_devices` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

`activate_compute_device`, `deactivate_compute_device`

Modul

Foundation

deactivate_compute_device (: : DeviceHandle :)

Deaktivieren eines Compute Devices.

deactivate_compute_device deaktiviert das Compute Device DeviceHandle für den aktuellen HALCON Thread. Das Compute Device wird mit activate_compute_device reaktiviert.

Parameter

▷ **DeviceHandle** (input_control) ..... compute_device ⇝ *handle*
Compute Device Handle.

Ergebnis

Ist DeviceHandle gültig, gibt deactivate_compute_device den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: local (kann nur von dem Thread aufgerufen werden, in dem die Fenster-, Modell- oder Tool-Instanz erzeugt wurde).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

activate_compute_device

Siehe auch

deactivate_all_compute_devices

Modul

Foundation

get_compute_device_info (: : DeviceIdentifier, InfoName : Info)

Abfragen von Informationen über ein Compute Device.

Der Operator get_compute_device_info liefert Informationen über ein Compute Device. Im Gegensatz zu get_compute_device_param werden nur statische Informationen abgefragt, so dass das Device weder geöffnet (open_compute_device) noch aktiviert (activate_compute_device) sein muss.

Folgende Informationen können abgefragt werden:

'vendor' Hersteller des Compute Devices.

'name' Name des Compute Devices.

'platform_version' Version der Compute Device Plattform. Für OpenCL-Geräte ist dies die OpenCL Version.

'driver_version' Version des Treibers des Compute Devices.

'extensions' Unterstützte OpenCL Extensions.

'image_support' *'true'* wenn das Device Bild Objekte unterstützt.

'image2d_max_width' Maximale Breite von OpenCL Image Objekten.

'image2d_max_height' Maximale Höhe von OpenCL Image Objekten.

'max_mem_alloc_size' Maximale Größe (in Bytes) eines OpenCL Speicherblocks.

Parameter

▷ **DeviceIdentifier** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Compute Device Handle.

▷ **InfoName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name der abzufragenden Information.
Default: 'name'
Werteliste: InfoName ∈ {'driver_version', 'extensions', 'image_support', 'image2d_max_width', 'image2d_max_height', 'max_mem_alloc_size', 'name', 'platform_version', 'vendor'}

▷ **Info** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer / real
Zurückgegebene Information.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_compute_device_info` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`query_available_compute_devices`

Nachfolger

`activate_compute_device`

Modul

Foundation

get_compute_device_param (: : DeviceHandle,
GenParamName : GenParamValue)

Abfragen von Compute Device Parametern.

`get_compute_device_param` gibt die Werte von Parametern des Compute Devices `DeviceHandle` für den aktuellen HALCON Thread zurück in `GenParamValue` zurück.

Die folgenden Parameter können in `GenParamName` gesetzt und damit abgefragt werden (für genauere Beschreibungen siehe `set_compute_device_param`):

'alloc_pinned' Wenn *'alloc_pinned'* auf *'true'* gesetzt ist, werden Ausgabebildmatrizen in page locked Speicher erzeugt.

'asynchronous_execution' Wenn *'asynchronous_execution'* auf *'true'* gesetzt ist, warten Operatoren, die auf dem Compute Device ausgeführt werden, nicht auf Beendigung der Berechnungen sondern kehren nach dem Anstoßen der Berechnung zurück.

'buffer_cache_capacity' Maximale Größe (in Byte) des Compute Device Buffer Caches.

'buffer_cache_used' Aktuelle Größe (in Byte) des Compute Device Buffer Caches.

'image_cache_capacity' Maximale Größe (in Byte) des Compute Device Image Caches.

'image_cache_used' Aktuelle Größe (in Byte) des Compute Device Image Caches.

'pinned_mem_cache_capacity' Maximale Größe (in Bytes) des page locked Speicher Caches.

'pinned_mem_cache_used' Aktuelle Größe (in Bytes) des page locked Speicher Caches.

Parameter

▷ **DeviceHandle** (input_control) . . . . . compute_device ⇝ *handle*
Compute Device Handle.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des abzufragenden Parameters.
Default: 'buffer_cache_capacity'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'alloc_pinned', 'asynchronous_execution', 'buffer_cache_capacity', 'buffer_cache_used', 'image_cache_capacity', 'image_cache_used', 'pinned_mem_cache_capacity', 'pinned_mem_cache_used'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer / real
Wert des Parameters.

Ergebnis

Sind alle Parameterwerte korrekt, gibt `get_compute_device_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: local (kann nur von dem Thread aufgerufen werden, in dem die Fenster-, Modell- oder Tool-Instanz erzeugt wurde).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`activate_compute_device`

Siehe auch

`set_compute_device_param`, `get_compute_device_info`

Modul

Foundation

`init_compute_device ( : : DeviceHandle, Operators : )`

Initialisieren eines Compute Devices.

`init_compute_device` initialisiert ein Compute Device und bereitet eine Liste von Operatoren (`Operators`) auf die Ausführung auf dem Device vor. Außerdem wird das Device implizit für den aktuellen Thread aktiviert. Wird `init_compute_device` nicht aufgerufen oder werden andere Operatoren als die in `Operators` auf dem Compute Device verwendet, wird die Initialisierung beim ersten Aufruf des entsprechenden Operators durchgeführt.

`get_operator_info` gibt Auskunft darüber ob ein Operator auf dem Compute Device ausgeführt werden kann.

Achtung

Die Laufzeit von `init_compute_device` hängt von der Anzahl der Operatoren in `Operators` ab und kann mehrere Sekunden betragen.

Parameter

▷ **`DeviceHandle`** (input_control) . . . . . compute_device ⇝ *handle*
Compute Device Handle.

▷ **`Operators`** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Liste der vorzubereitenden Operatoren
Default: 'all'
Werteliste: `Operators` ∈ {'all', 'derivate_gauss', 'sobel_amp'}

Ergebnis

Ist die Initialisierung erfolgreich, gibt `init_compute_device` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: local (kann nur von dem Thread aufgerufen werden, in dem die Fenster-, Modell- oder Tool-Instanz erzeugt wurde).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`query_available_compute_devices`, `open_compute_device`

Nachfolger

`activate_compute_device`

Modul

Foundation

open_compute_device (: : DeviceIdentifier : DeviceHandle)

Öffnen eines Compute Device.

open_compute_device öffnet das durch DeviceIdentifier referenzierte Compute Device und gibt das DeviceHandle zurück. Die Berechnung auf dem Device DeviceHandle wird mittels activate_compute_device aktiviert.

Das Device DeviceIdentifier muss mit dem Operator query_available_compute_devices ermittelt werden.

Parameter

▷ **DeviceIdentifier** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Compute Device Identifier.

▷ **DeviceHandle** (output_control) ..... compute_device ⇝ *handle*
Compute Device Handle.

Ergebnis

Ist DeviceIdentifier gültig, liefert open_compute_device den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: local (kann nur von dem Thread aufgerufen werden, in dem die Fenster-, Modell- oder Tool-Instanz erzeugt wurde).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

query_available_compute_devices

Nachfolger

activate_compute_device, init_compute_device

Modul

Foundation

query_available_compute_devices (: : : DeviceIdentifier)

Abfragen der Liste verfügbarer Compute Devices.

Gibt die Liste aller verfügbaren Compute Devices zurück. Mittels get_compute_device_info können Eigenschaften eines Devices abgefragt werden. open_compute_device öffnet ein Device in HALCON.

Gegenwärtig unterstützt HALCON nur OpenCL-kompatible GPUs, welche die OpenCL-Erweiterung cl_khr_byte_addressable_store und Image Objekte unterstützen. Falls Sie sich nicht sicher sind, ob ein bestimmtes Device unterstützt wird, wenden Sie sich bitte an den Hersteller.

Momentan ist es nicht möglich OpenCL mittels Windows Remote Desktop zu verwenden, da dieser den Zugriff auf den Grafiktreiber unterbindet. Mittels einer VNC Lösung ist es aber möglich, OpenCL über eine remote Verbindung zu verwenden.

Es wird empfohlen die jeweils aktuellsten Grafiktreiber zu installieren. Um auf Linuxsystemen auf die Grafikkarte zugreifen zu können sollte der Benutzer Mitglied der Gruppe 'video' sein.

Parameter

▷ **DeviceIdentifier** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Liste von verfügbaren Compute Devices.

Beispiel

```
query_available_compute_devices (DeviceIdentifiers)
for Index := 0 to |DeviceIdentifiers|-1 by 1
  get_compute_device_info (DeviceIdentifiers[Index], 'name', DeviceName)
  get_compute_device_info (DeviceIdentifiers[Index], 'vendor', DeviceVendor)
  if (DeviceVendor == 'NVIDIA Corporation' and \
    DeviceName == 'GeForce 8800 Ultra')
    open_compute_device (DeviceIdentifiers[Index], DeviceHandle)
    break
  endif
endfor
*
init_compute_device (DeviceHandle, 'derivate_gauss')
read_image (Image, 'rings_and_nuts')
*
* Gaussian convolution on a compute device
activate_compute_device (DeviceHandle)
derivate_gauss (Image, DerivGauss, 5, 'none')
*
* Gaussian convolution on the CPU
deactivate_compute_device (DeviceHandle)
derivate_gauss (Image, DerivGauss, 5, 'none')
```

Ergebnis

`query_available_compute_devices` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: mutually exclusive (läuft parallel zu anderen nicht-exklusiven Operatoren mit Ausnahme von sich selbst).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`get_compute_device_info`, `open_compute_device`

Modul

Foundation

release_all_compute_devices (: : :)

Schließen aller Compute Devices.

`release_all_compute_devices` darf nicht in HDevelop verwendet werden!

`release_all_compute_devices` schließt alle Compute Devices für den aktuellen HALCON Thread und gibt alle zugehörigen Ressourcen frei. Der Zweck von `release_all_compute_devices` ist einzig diese Ressourcen vor dem Entladen der HALCON Bibliothek freizugeben, wenn diese mit einem Mechanismus wie LoadLibrary oder dlopen geladen wurde. In allen anderen Fällen darf `release_all_compute_devices` nicht verwendet werden!

Ergebnis

Wurden alle Compute Devices erfolgreich geschlossen, gibt `release_all_compute_devices` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

release_compute_device, deactivate_compute_device, deactivate_all_compute_devices

Modul

Foundation

release_compute_device (: : DeviceHandle :)

Schließen eines Compute Devices.

release_compute_device darf nicht in HDevelop verwendet werden!

release_compute_device schließt ein Compute Device für den aktuellen HALCON Thread und gibt alle zu DeviceHandle gehörigen Ressourcen frei. Der Zweck von release_compute_device ist einzig diese Ressourcen vor dem Entladen der HALCON Bibliothek freizugeben, wenn diese mit einem Mechanismus wie LoadLibrary oder dlopen geladen wurde. In allen anderen Fällen darf release_compute_device nicht verwendet werden!

Parameter

▷ **DeviceHandle** (input_control) ..... compute_device ⇝ *handle*
Compute Device Handle.

Ergebnis

Wurde DeviceHandle erfolgreich geschlossen, gibt release_compute_device den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: local (kann nur von dem Thread aufgerufen werden, in dem die Fenster-, Modell- oder Tool-Instanz erzeugt wurde).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

release_all_compute_devices, deactivate_compute_device, deactivate_all_compute_devices

Modul

Foundation

set_compute_device_param (: : DeviceHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen von Parametern eines Compute Devices.

set_compute_device_param setzt die Parameter des Compute Devices DeviceHandle für den aktuellen HALCON Thread.

Die folgenden Parameter können gesetzt werden:

'alloc_pinned' Wenn *'alloc_pinned'* auf *'true'* gesetzt ist werden die Ausgabebilder aller folgenden Operatoraufrufe (egal ob auf dem Device ausgeführt oder nicht) dieses Threads in page locked (oder 'pinned') Speicher erzeugt. Das beschleunigt den Transfer zwischen dem Hauptspeicher und dem Speicher des Devices. Zu exzessive Verwendung von page locked Speicher kann aber negativen Einfluss auf die Geschwindigkeit des Systems nehmen. *'alloc_pinned'* sollte aktiviert werden, wenn das Ausgabebild des nächsten Operatoraufrufs auf das Device transferiert werden soll. Für Operatoraufrufe, deren Ausgabebilder nicht auf dem Device verwendet werden, sollte *'alloc_pinned'* deaktiviert werden (siehe Beispiel).

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'true'*.

'asynchronous_execution' Ist 'asynchronous_execution' auf *'true'* gesetzt, warten Operatoren, die auf dem Device ausgeführt werden, nicht auf das Ende der Berechnungen, sondern enden, sobald die Berechnungen angestoßen wurden. Alle Berechnungen auf dem Device werden synchronisiert sobald die Ausgabe einer Device Berechnung auf der CPU benötigt wird (z.B. von `disp_image`).

Werteliste: *'true'*, *'false'*.

Default: *'true'*.

'buffer_cache_capacity' Maximale Größe (in Byte) des Compute Device Buffer Caches.

Default: 1/3 des verfügbaren Device Speichers

'image_cache_capacity' Maximale Größe (in Byte) des Compute Device Bild Caches.

Default: 1/3 des verfügbaren Device Speichers

'pinned_mem_cache_capacity' Maximale Größe (in Byte) des page locked Speicher Caches.

Default: *32000000* (32MByte)

Parameter

▷ **`DeviceHandle`** (input_control) . . . . . compute_device ⇝ *handle*
Compute Device Handle.

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des zu setzenden Parameters.
Default: 'buffer_cache_capacity'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'alloc_pinned', 'asynchronous_execution', 'buffer_cache_capacity', 'image_cache_capacity', 'pinned_mem_cache_capacity'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer / real
Neuer Wert des Parameters.

Beispiel

```
activate_compute_device (DeviceHandle)
read_image (Image, 'fuse')
set_compute_device_param (DeviceHandle, 'alloc_pinned', 'true')
* filter on compute device, output image is page locked
derivate_gauss (Image, DerivGauss, 3, 'gradient')
* filter result on the CPU, output image should not be page locked
set_compute_device_param (DeviceHandle, 'alloc_pinned', 'false')
median_image (DerivGauss, ImageMedian, 'circle', 1, 'mirrored')
```

Ergebnis

Sind alle Parameterwerte korrekt, liefert `set_compute_device_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: local (kann nur von dem Thread aufgerufen werden, in dem die Fenster-, Modell- oder Tool-Instanz erzeugt wurde).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`activate_compute_device`

Siehe auch

`get_compute_device_param`

Modul

Foundation

26.3 Datenbank

count_relation (: : RelationName : NumOfTuples)

Ermitteln der Anzahl der Einträge in der HALCON-Datenbank.

count_relation liefert die Anzahl NumOfTuples der Einträge in der Relation RelationName der HALCON-Datenbank ab dem Zeitpunkt, an dem die Datenbank mit dem Parameter *'database'* von set_system *'database'* eingeschaltet wurde. Ist die Datenbank ausgeschaltet, ist NumOfTuples 0. Zusätzlich wird in diesem Fall eine Warnung ausgegeben, falls *'do_low_error'* über set_system gesetzt ist. Der Zustand der Datenbank kann über den Parameter *'database'* mit get_system erfragt werden.

Die

Halcon-Datenbank ist aus fünf Tabellen ikonischer Datentypen aufgebaut, genannt Relationen. Die Einträge in diese Relationen werden allgemein Tupel genannt (nicht zu verwechseln mit einem HALCON-Tupel, was ein Objekt-Array bezeichnet). Ist die HALCON-Datenbank eingeschaltet, beinhaltet sie die Basisrelationen für Regionendaten, Bildmatrizen und XLDs sowie die Containerrelationen für HALCON-Objekte und HALCON-Tupel (Objekt-Array). Die HALCON-Objekte Region und Bild werden aus den Elementen der Regionendaten und Bildmatrix-Relationen aufgebaut: Eine Region besteht aus einem Zeiger auf ein Tupel in der Regionendatenrelation. Ein Bild besteht aus einem Zeiger auf ein Tupel in der Regionendatenrelation (wie eine Region) und zusätzlich aus einem oder mehreren Zeigern auf Tupel der Bildmatrixrelation. Mehrkanalbilder haben mehrere Zeiger auf Bildmatrix-Tupel.

Regionen und Bilder werden als Objekte bezeichnet. Man kann eine Region als den Spezialfall eines Bildes auffassen, das keine Bildmatrizen hat. Regionendaten und Bildmatrizen werden in HALCON aus Speicherplatzgründen üblicherweise von mehreren Objekten gemeinsam verwendet. So kann es beispielsweise mehr Bilder als Bildmatrizen geben. Relevant für den Speicherbedarf sind nur die drei Basisrelationen *'image'*, *'region'* und *'XLD'*. Die HALCON-Objekte (Regionen und Bilder) und HALCON-Tupel bestehen nur aus Verweisen auf Regionen- und Matrixdaten und benötigen deshalb nur wenige Byte Speicher.

Mögliche Werte für RelationName:

'image': Bildermatrizen. Dabei kann die selbe Matrix auch Bestandteil mehrerer Bilder sein (keine redundante Speicherung).

'region': Regionendaten. Dabei kann eine Region auch Bestandteil mehrerer Bildobjekte sein (keine redundante Speicherung).

'XLD': eXtended Line Description: Konturen, Polygone, Parallele, Linien etc. XLD Daten haben keine Grauwerte und sind subpixelgenau.

'object': HALCON-Bild-Objekte. Aufgebaut aus einer Region und optional einer oder mehrerer Bildmatrizen. Ein HALCON-Objekt bestehend aus einer Region wird Regionen-Objekt, mit zusätzlichen Bildmatrizen Bildobjekt bezeichnet.

'tuple': Im Kompaktmodus werden Tupel von Bildobjekten unter einem Surrogat in dieser Relation gespeichert. Statt mit den einzelnen Objektschlüsseln wird dann nur mehr mit diesem Schlüssel gearbeitet. Es hängt von der Wirtssprache ab, ob die Objekte einzeln (z.B. C++) oder als Tupel (z.B. C) übergeben werden.

Gewisse Datenbank-Objekte werden bereits von reset_obj_db angelegt und müssen daher immer vorhanden sein (die undefinierte Grauwertkomponente, die Objekte 'full' (FULL_REGION in HALCON/C) und 'empty' (EMPTY_REGION in HALCON/C) sowie die darin enthaltene leere und volle Region). reset_obj_db erscheint dementsprechend bei einem Aufruf von get_channel_info auch als 'creator' der vollen und leeren Region. Der Operator count_relation dient beispielsweise dazu, den die Vollständigkeit von clear_obj Operation zu überprüfen.

Achtung

Das Sammeln von Informationen für die Datenbank ist nicht thread-safe, wenn ikonisch Objekte zwischen den Threads ausgetauscht werden, d.h. wenn Objekte in einem anderen Thread zerstört werden als in dem sie erzeugt wurden.

Parameter

▷ **RelationName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Interessierende Relation der HALCON-Datenbank.
Default: 'object'
Werteliste: `RelationName` ∈ {'image', 'region', 'XLD', 'object', 'tuple'}

▷ **NumOfTuples** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Tupel in der Relation.

Beispiel

```
* Close the graphics window in order to close the graphics stack,
* which would influence the measurement.
dev_close_window ()
* Enable the measurement.
set_system ('database','true')
*
count_relation ('image', I1)
count_relation ('region', R1)
count_relation ('XLD', X1)
count_relation ('object', O1)
count_relation ('tuple', T1)
*
* Result:
* I1 = 0
* R1 = 0
* X1 = 0
* O1 = 0
* T1 = 0
*
read_image (Patras, 'patras')
*
count_relation ('image', I2)
count_relation ('region', R2)
count_relation ('XLD', X2)
count_relation ('object', O2)
count_relation ('tuple', T2)
*
* I2 = 3  (three channels of the rgb image 'patras')
* R2 = 1  (the image domain of the image 'patras')
* X2 = 0  (no XLD data)
* O2 = 1  (the iconic object holding the channels and the domain)
* T2 = 0  (no empty object or object array )
```

Ergebnis

Ist der Parameter korrekt, dann liefert `count_relation` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung ausgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`reset_obj_db`

Nachfolger

`set_system`

Siehe auch

clear_obj

Modul

Foundation

get_modules (: : : UsedModules, ModuleKey)

Abfragen der verwendeten Module und des Modulschlüssels.

get_modules gibt in UsedModules alle Module zurück, die bis zu diesem Zeitpunkt in der HALCON-Session genutzt wurden. Aus den verwendeten Modulen wird der Modulschlüssel erzeugt, der in ModuleKey übergeben wird. Jedem Operator ist genau ein Modul zugeordnet. Die Information, welche Module benutzt wurden, kann durch Aufrufen des Operators set_system mit dem Parameter *'reset_used_modules'* zurückgesetzt werden.

Parameter

- ▷ **UsedModules** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
  Namen der verwendeten Module.
- ▷ **ModuleKey** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Schlüssel für Lizenz-Manager.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

reset_obj_db (: : DefaultImageWidth, DefaultImageHeight, DefaultChannels :)

Initialisieren des HALCON-Systems.

reset_obj_db initialisiert das HALCON-System. Dabei legt der Operator die fünf Relationen (Grauwertdaten, Regionendaten, XLDs, Bildobjekte und ObjektTupel) an (siehe auch count_relation), die für die Bildverarbeitung mit HALCON nötig sind. Wurde die HALCON-Datenbank angeschaltet (set_system ('database','true')) und sind die Relationen bereits vorhanden, dann werden alle in den Relationen gelisteten Daten gelöscht!

Die DefaultImageWidth und DefaultImageHeight geben die Startwerte für das globale maximale Bildformat an. Wenn das erste erzeugte Objekt ein Bild ist werden die Werte jedoch nur dann mit der neuen Bildgröße überschrieben, falls diese die initialen Werte übersteigt. Wird statt einem Bild zuerst eine Region erzeugt, dann werden die Werte nur verändert, wenn das neue Bild größer als der Vorgabewert ist. Dies gilt aber nicht nur bei dem ersten Bild, das erzeugt, bzw. eingelesen wird: Das globale Bildformat wird immer vergrößert wenn größere Bilder erzeugt werden.

Das globale Bildformat hat Bedeutung beim Öffnen von Fenstern (open_window) und bei Speicherabschätzungen sowie Clipping von Regionen. Regionen werden, sofern der Clip-Modus eingeschaltet ist (set_system ('clip_region','true')) an dem globalen Bildformat geclippt. Dies kann dann zu Problemen führen, wenn Bilder unterschiedlicher Größe verwendet werden. In diesem Fall ist nur garantiert, dass eine Region kleiner oder gleich dem Bildformat der größten Bildes ist.

Der Parameter DefaultChannels gibt die häufigste Anzahl von Kanälen eines Bildobjektes an. Dieser Wert kann auch auf 0 gesetzt werden, wenn viele Regionen verwendet werden. Wenn mehr Kanäle für ein Bild nötig sind, als bei der Initialisierung angegeben wurde, dann wird für dieses Bild die Anzahl dynamisch erweitert. Wenn weniger Kanäle benötigt werden als bei der Initialisierung angegeben, dann werden die überzähligen Kanäle auf undefiniert gesetzt. Dies wirkt für den Anwender, als wären sie nicht vorhanden; es wird jedoch unnötiger Speicher allokiert.

Die Parameterwerte können mit get_system abgefragt werden.

Achtung

Wird reset_obj_db am Anfang einer HALCON-Sitzung nicht aufgerufen, dann wird HALCON automatisch mit reset_obj_db(128,128,0) initialisiert - mit entsprechendem Nebeneffekt beim Clipping von Regionen. Wurde die Datenbank mit Hilfe des Parameterwertes *'database'* des Operators set_system angeschaltet, werden durch den Aufruf von reset_obj_db alle ikonischen Objekte in der Datenbank gelöscht

Parameter

- ▷ **DefaultImageWidth** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Default-Bildbreite (in Pixeln).
  Default: 128
  Wertevorschläge: DefaultImageWidth ∈ {64, 128, 320, 640, 800, 1280}
- ▷ **DefaultImageHeight** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Default-Bildhöhe (in Pixeln).
  Default: 128
  Wertevorschläge: DefaultImageHeight ∈ {64, 128, 240, 480, 600, 1024}
- ▷ **DefaultChannels** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Übliche Anzahl von Kanälen.
  Default: 0
  Wertevorschläge: DefaultChannels ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert reset_obj_db den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: exclusive (läuft parallel nur zu unabhängigen Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

get_channel_info, count_relation

Modul

Foundation

26.4 Fehlerbehandlung

get_check (: : : Check)

Abfragen des Status der HALCON-Kontrollmodi.

Mit get_check kann abgefragt werden, welche Überprüfungen gerade eingeschaltet und welche ausgeschaltet sind. Check liefert ein Tupel mit den Namen der Kontrollmodi (vgl. set_check), denen jeweils eine Tilde (~, z.B. '~data') vorangestellt ist, falls die betreffende Kontrolle ausgeschaltet ist.

Parameter

- ▷ **Check** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Tupel der aktuellen Kontrollmodi.

Ergebnis

get_check liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

set_check

Siehe auch

set_check

Modul

Foundation

get_error_text (: : ErrorCode : ErrorMessage)

Abfragen der Fehlerbeschreibung zu einem HALCON-Fehlercode.

get_error_text gibt zu einem HALCON-Fehlercode den zugehörigen Fehlerbeschreibung aus. Es handelt sich hierbei um denselben Text, der bei einer Fehlerbehandlung ausgegeben wird. get_error_text ist z.B. dann nützlich, wenn die Fehlerbehandlung selbst programmiert wird (siehe: set_check(:: 'give_error':)).

Achtung

Bei unbekanntem Fehlercode wird eine Standardmeldung ausgegeben.

Parameter

- ▷ **ErrorCode** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Fehlercode.
  Restriktion: 1 <= ErrorCode && ErrorCode <= 36000
- ▷ **ErrorMessage** (output_control) ..... string ⇝ *string*
  Zugehörige Fehlerbeschreibung.

Beispiel

```
Herror   err;
char       message[MAX_STRING];

set_check("~give_error");
err = send_region(region,socket);
set_check("give_error");
if (err != H_MSG_TRUE) {
get_error_text((Hlong)err,message);
  fprintf(stderr,"my error message: %s\n",message);
  exit(1);
}
```

Ergebnis

get_error_text liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Ausnahme ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

set_check

Siehe auch

set_check

Modul

none

get_extended_error_info (: : : OperatorName, ErrorCode, ErrorMessage)

Abfragen der erweiterten Fehlerinformation für den letzten aufgetretenen HALCON Fehler des aufrufenden Threads.

get_extended_error_info gibt eine erweiterte Beschreibung des letzten aufgetretenen HALCON Fehlers innerhalb des aufrufenden Threads zurück. OperatorName enthält den Operator Namen des HALCON Operators, der diesen Fehlercode gesetzt hat. ErrorCode enthält einen erweiterten Fehlercode, sofern er vom HALCON Operator gesetzt wurde. Die Beschreibung des Fehlers wird in ErrorMessage zurückgegeben. Wenn keine erweiterte Fehlerbeschreibung von einem HALCON Operator gesetzt wurde, wird ein leerer Fehlercode zurückgegeben und die Parameter OperatorName und ErrorMessage enthalten leere Strings und ErrorCode den Wert 0. Die entsprechende Dokumentation eines Operators kann man entnehmen, ob und unter welchen Umständen der Operator die erweiterte Fehlerbeschreibung setzt.

get_extended_error_info ist thread-lokal, d.h. eine erweiterte Beschreibung des letzten HALCON Fehlers wird für jeden Thread separat zur Verfügung gestellt. Das Setzen eines erweiterten Fehlercodes in einem Thread beeinflusst somit nicht den erweiterten Fehlercode in einem anderen Thread. Das bedeutet auch, dass ein erweiterter Fehlercode nur in dem Thread ausgelesen werden kann, der auch den Operator aufgerufen hat, welcher den Fehler gesetzt hat. Eine thread-lokale Fehlerbeschreibung wird gelöscht (oder überschrieben), wenn innerhalb desselben Threads ein weiterer HALCON Fehler auftritt, der Operator set_system innerhalb desselben Threads mit dem Parameter *'tsp_clear_extended_error'* aufgerufen wird, oder der Thread beendet wird.

Parameter

- ▷ **OperatorName** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Operator, in welchem der Fehler aufgetreten ist.
- ▷ **ErrorCode** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Erweiterter Fehlercode.
- ▷ **ErrorMessage** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Erweiterte Fehlerbeschreibung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

get_error_text

Modul

none

get_spy (: : Class : Value)

Aktuelle Konfiguration des HALCON Debugging-Tool.

get_spy liefert die aktuelle Konfiguration von spy, dem HALCON Debugging Tool. Die vorhandenen Überwachungsmodi (Wahlmöglichkeiten für Class) sowie die zugehörigen Einstellmöglichkeiten (mögliche Werte für Value) können mittels query_spy abgefragt werden. Eine detaillierte Beschreibung findet sich bei set_spy.

Parameter

- ▷ **Class** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Überwachungsmodus
  Default: 'mode'
  Werteliste: Class ∈ {'db', 'input_control', 'internal', 'log_file', 'mode', 'operator', 'output_control', 'parameter_values', 'time'}
- ▷ **Value** (output_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer / real
  Status des Überwachungsmodus.

Ergebnis

`get_spy` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls der Parameter `Class` korrekt ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`reset_obj_db`

Siehe auch

`set_spy`, `query_spy`

Modul

Foundation

query_spy (: : : Classes, Values)

Einstellmöglichkeiten des HALCON Debugging-Tool abfragen.

`query_spy` liefert alle Einstellmöglichkeiten von spy, dem HALCON Debugging Tool, also die vorhandenen Überwachungsmodi (`Classes`) und die zugehörigen Einstellmöglichkeiten (`Values`). Eine detaillierte Beschreibung von spy findet sich bei `set_spy`.

Achtung

Die Werte von `Values` können nicht direkt als Eingabe für `set_spy` dienen, da sie als symbolische Konstante übergeben werden.

Parameter

▷ **Classes** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Vorhandene Überwachungsmodi (siehe `set_spy`).

▷ **Values** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Zugehöriger Status der Überwachungsmodi.

Ergebnis

`query_spy` liefert immer den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`reset_obj_db`

Siehe auch

`set_spy`, `get_spy`

Modul

Foundation

set_check (: : Check :)

Ein- und Ausschalten von HALCON-Kontrollen.

Mit `set_check` kann man verschiedene automatische Kontrollen des HALCON-Systems ein- bzw. ausschalten. Ist ein bestimmter Kontrollmodus eingeschaltet, werden zur Laufzeit Überprüfungen von Parametern etc.

vorgenommen. Wird dabei eine Inkonsistenz festgestellt, so wird der Programmlauf mit einer Fehlerbehandlung abgebrochen. Typischerweise sollte man bei der Programmentwicklung die Kontrollen eingeschaltet lassen und sie erst nach abgeschlossener Testphase ausschalten. Ist der Kontrollmodus ausgeschaltet und tritt währenddessen ein Fehler auf, kann es zu unvorhersehbarem Verhalten des Systems kommen. Das HALCON-System verfügt über verschiedene Kontrollmöglichkeiten, die jeweils getrennt gesetzt oder ausgeschaltet werden können. Das Einschalten erfolgt durch den Aufruf von `set_check` mit dem Namen (`Check`) der gewünschten Kontrolle; ausgeschaltet wird sie durch Angabe ihres Namens mit vorangestellter Tilde (~, z.B. '~data'). Mit Ausnahme des Kontrollmodus' *'memory'*, welche exklusiv für das ganze System gesetzt wird, werden alle anderen Kontrollmodi Thread spezifisch gesetzt. Wird dem Namen dieser Modi das Präfix *'ref_'* vorangestellt, so wird nur der Referenzwert des jeweiligen Modus gesetzt, mit dem der Thread spezifische Modus eines vom Benutzer neu gestarteter Thread initialisiert wird.

Kontrollmodi:

'color': Ist diese Kontrolle eingeschaltet, dürfen nur Farben verwendet werden, die das Display für das aktuelle Fenster unterstützt. Anderenfalls wird eine Fehlermeldung ausgegeben.

Ist diese Kontrolle ausgeschaltet, wird für nicht existente Farben eine *Näherungsfarbe* verwendet (siehe: `set_color`, `set_gray`, `set_rgb`).

'text': Ist diese Kontrolle eingeschaltet, werden die Koordinaten beim Setzen des Textcursors sowie bei der Ausgabe von Zeichenreihen (`write_string`) dahingehend überprüft, ob ein Teil eines Zeichens außerhalb des Fensters zu liegen kommt (was vom System nicht grundsätzlich verboten wird).

Ist der Modus ausgeschaltet, dann wird der Text an den Fensterrändern geclippt.

'data': (Für Programmentwicklung) Überprüfung der Konsistenz von Bildobjekten (Regionen und Grauwertkomponenten).

'interface': Ist diese Kontrolle eingeschaltet, wird die Schnittstelle zwischen Wirtssprache und den HALCON-Prozeduren zur Laufzeit überwacht (z.B. Typisierung und Anzahl der Werte).

'database': Konsistenzprüfungen von Objekten (z.B. existiert ein Objekt, das gelöscht werden soll, überhaupt?)

'give_error': Legt fest, ob Fehler „Exceptions" auslösen oder nicht. Ist diese Kontrolle ausgeschaltet, muss sich das Anwenderprogramm selbst um eine geeignete Fehlerbehandlung kümmern. Es sei insbesondere darauf hingewiesen, dass nicht gemeldete Fehler meist zu nicht besetzten Ausgabeparametern führen, die ein unvorhersehbares Verhalten des Programms verursachen können. Einzelheiten über die Fehlerbehandlung in den jeweiligen HALCON-Sprachschnittstellen können im HALCON Programmer's Guide bzw. im „`HDevelop User's Guide`" nachgelesen werden.

'father': Ist diese Kontrolle eingeschaltet, erlaubt HALCON als Vaterfenster eines neuen Fensters bei `open_window` nur die Nummer eines anderen HALCON-Fensters, andernfalls auch die IDs von Betriebssystem-Fenstern. Diese Kontrolle ist nur für die Fenstertypen 'WIN32-Window' und 'X-Window' relevant.

'region': (für Programmentwicklung) Überprüfung der Konsistenz von Sehnendaten (bedeutet mitunter starke Verlangsamung der Routinen).

'clear': Soll ein Tupel von Objekten mittels `clear_obj` gelöscht werden, wird normalerweise eine Exception ausgelöst, wenn einzelne Objekte gar nicht (mehr) existieren. Ist *'clear'* eingeschaltet, werden solche Objekte ignoriert.

'memory': (für Programmentwicklung) überprüft die von HALCON freigegebenen Speicher auf Konsistenz und Überschreiben der Speicherbereiche.

'all': Schaltet alle Kontrollmodi ein.

'none': Schaltet alle Kontrollmodi aus.

'default': Voreinstellung: ['give_error','database']

Parameter

▷ **`Check`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Gewünschter Kontrollmodus.
Default: 'default'
Werteliste: `Check` ∈ {'color', 'text', 'database', 'data', 'interface', 'give_error', 'father', 'region', 'clear', 'memory', 'all', 'none', 'default'}

Ergebnis

`set_check` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

`get_check`, `set_color`, `set_rgb`, `set_hsi`, `write_string`

Modul

none

set_spy (: : Class, Value :)

Steuern des HALCON Debugging Tools.

`set_spy` ist das HALCON Debugging Tool. Es erlaubt die flexible Überwachung der Ein- und Ausgabedaten von HALCON-Operatoren - sowohl graphisch als auch textuell. Aktiviert wird die Datenkontrolle mittels

```
set_spy(::'mode','on':),
```

ausgeschaltet mittels

```
set_spy(::'mode','off':).
```

Außerdem kann das Debugging Tool mit der Environmentvariable HALCONSPY aktiviert werden: Wenn diese Variable definiert ist, entspricht das dem Aufruf mit *'mode'* und *'on'*.

Die folgenden Überwachungsmodi (`Class`) können über `Value` gesteuert werden:

Class = *'operator'*
Bei Aufruf einer Routine werden deren Name und die Namen ihrer Parameter (in TRIAS Notation) ausgegeben.
Werteliste: *'on'*, *'off'*
Default: *'off'*.

Class = *'input_control'*
Bei Aufruf einer Routine werden die Namen und Werte der Eingabesteuerparameter ausgegeben.
Werteliste: *'on'*, *'off'*
Default: *'off'*.

Class = *'output_control'*
Bei Aufruf einer Routine werden die Namen und Werte der Ausgabesteuerparameter ausgegeben.
Werteliste: *'on'*, *'off'*
Default: *'off'*.

Class = *'db'*
Informationen über die 4 Relationen in der HALCON-Datenbank. Dies ist insbesondere bei der Suche nach vergessenen `clear_obj` zu suchen.
Werteliste: *'on'*, *'off'*
Default: *'off'*.

Class = *'parameter_values'*
Ergänzung zu *'input_control'* und *'output_control'*: Gibt an, wie viele Werte pro Parameter maximal ausgegeben werden sollen (maximale Tupellänge für Ausgabe).
Default: *4*

Class = *'time'*
Rechenzeit für die Ausführung des Operators
Werteliste: *'on'*, *'off'*
Default: *'off'*.

Class = *'log_file'*

Umleitung der Textausgabe von spy in ein File, das mit `open_file` geöffnet wurde.

Werteliste: ein File Handle (siehe `open_file`).

Class = *'internal'*

Ist *'internal'* eingeschaltet, gibt spy vor dem Aufruf eines internen HALCON-Operators den Prozedurname mit ihren Parametern (Datei/Zeilennummer) aus.

Werteliste: *'on'*, *'off'*

Default: *'off'*.

Jede Ausgabe beginnt mit dem thread handle, gefolgt von einem globalen Zähler, welcher die Reihenfolge der Ausgaben markiert. In multi-threaded Anwendungen kann mit dieser Information die Ausgabe einzelnen User Threads zugeordnet und der chronologische Ablauf rekonstruiert werden.

Achtung

Unter Windows funktioniert die Ausgabe auf stdout nur in Konsolenapplikationen.

Parameter

▷ **Class** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Überwachungsmodus
Default: 'mode'
Werteliste: `Class` ∈ {'db', 'input_control', 'internal', 'log_file', 'mode', 'operator', 'output_control', 'parameter_values', 'time'}

▷ **Value** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer / real
Einzustellender Status des Überwachungsmodus.
Default: 'on'
Wertevorschläge: `Value` ∈ {'on', 'off', 1, 2, 3, 4, 5, 10, 50, 0.0, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0}

Beispiel

```
/* init spy: Setting of the wished control modi */
set_spy("mode","on");
set_spy("operator","on");
set_spy("input_control","on");
set_spy("output_control","on");
/* calling of program section, that will be examined */
set_spy("mode","off");
```

Ergebnis

`set_spy` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: exclusive (läuft parallel nur zu unabhängigen Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`reset_obj_db`

Siehe auch

`get_spy`, `query_spy`

Modul

Foundation

26.5 I/O-Geräte

close_io_channel (: : IOChannelHandle :)

Schließen von I/O-Übertragungskanälen.

Der Operator close_io_channel schließt mittels open_io_channel geöffnete Übertragungskanäle. Die Referenzen zu den Instanzen der Kanäle werden in IOChannelHandle übergeben. Es werden etwaiger Speicherplatz und reservierte Ressourcen des Gerätes freigegeben.

Parameter

▷ **IOChannelHandle** (input_control) . . . . . io_channel(-array) ⇝ *handle*
Referenzen der geöffneten I/O-Übertragungskanäle.

Ergebnis

Für gültige Handles liefert der Operator close_io_channel den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. In diesem Fall kann vom Interface eine zusätzliche Fehlerinformation gesetzt werden, die mit get_extended_error_info abgefragt werden kann.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- IOChannelHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

open_io_channel

Nachfolger

close_io_device

Modul

Foundation

close_io_device (: : IODeviceHandle :)

Schließen des angegebenen I/O-Gerätes.

Der Operator close_io_device schließt die Instanz zu dem durch IODeviceHandle spezifizierten I/O-Gerät. Dabei werden alle am Gerät geöffneten Kanäle geschlossen (d.h., close_io_channel wird implizit für alle geöffneten Kanäle des Gerätes aufgerufen) und etwaiger Speicherplatz für Daten freigegeben.

Parameter

▷ **IODeviceHandle** (input_control) . . . . . io_device ⇝ *handle*
Referenz zum geöffneten I/O-Gerät.

Ergebnis

Für gültige Handles liefert der Operator close_io_device den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. In diesem Fall kann vom Interface eine zusätzliche Fehlerinformation gesetzt werden, die mit get_extended_error_info abgefragt werden kann.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- IODeviceHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`open_io_device`

Modul

Foundation

control_io_channel (: : IOChannelHandle, Action, Argument : Result)

Ausführen einer Aktion auf I/O-Übertragungskanälen.

`control_io_channel` führt eine Aktion auf den angegebenen I/O-Übertragungskanälen aus. Eine ausführliche Beschreibung aller gerätespezifischen Parameter findet sich in der Dokumentation für die verwendete I/O-Schnittstelle im Verzeichnis `doc/html/reference/io`.

Parameter

- ▷ **IOChannelHandle** (input_control) ..... io_channel(-array) ⇝ *handle*
  Referenzen auf die geöffneten I/O-Übertragungskanäle.
- ▷ **Action** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Name der auszuführenden Aktion.
- ▷ **Argument** (input_control) ..... string-array ⇝ *string* / integer / real
  Argumente der auszuführenden Aktion.
  Default: []
- ▷ **Result** (output_control) ..... string-array ⇝ *string* / integer / real
  Ergebniswerte der ausgeführten Aktion.

Ergebnis

Im Falle gültiger Parameterwerte liefert der Operator `control_io_channel` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. In diesem Fall kann vom Interface eine zusätzliche Fehlerinformation gesetzt werden, die mit `get_extended_error_info` abgefragt werden kann.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_io_channel`

Modul

Foundation

control_io_device (: : IODeviceHandle, Action, Argument : Result)

Ausführen einer Aktion auf einer I/O-Geräteinstanz.

`control_io_device` führt eine Aktion auf einer I/O-Geräteinstanz aus. Eine ausführliche Beschreibung aller gerätespezifischen Parameter findet sich in der Dokumentation für die verwendete I/O-Schnittstelle im Verzeichnis `doc/html/reference/io`.

Parameter

▷ **IODeviceHandle** (input_control) . . . . . io_device ⇝ *handle*
Referenz auf das geöffnete I/O-Gerät.

▷ **Action** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name der auszuführenden Aktion.

▷ **Argument** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer / real
Argumente der auszuführenden Aktion.
Default: []

▷ **Result** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string* / integer / real
Ergebniswerte der ausgeführten Aktion.

Ergebnis

Im Falle gültiger Parameterwerte liefert der Operator `control_io_device` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. In diesem Fall kann vom Interface eine zusätzliche Fehlerinformation gesetzt werden, die mit `get_extended_error_info` abgefragt werden kann.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_io_device`

Modul

Foundation

control_io_interface (: : IOInterfaceName, Action,
Argument : Result)

Ausführen einer Aktion auf der I/O-Schnittstelle.

`control_io_interface` führt eine Aktion auf der I/O-Schnittstelle aus, wozu noch kein I/O-Gerät mit `open_io_device` geöffnet worden sein muss. Die unterstützten Parameterwerte für die Aktion, welche in `Action` übergeben wird, und ihr optionales Argument in `Argument` hängen von der entsprechenden I/O-Schnittstelle ab. Die Beschreibung der gerätespezifischen Parameterwerte sind in der entsprechenden Dokumentation der Schnittstelle gelistet, die sich im Verzeichnis `doc/html/reference/io` findet.

Der besondere Wert *'keep_open'* für `Action` steuert, wann die I/O-Schnittstelle entladen wird. Wird `Argument` auf *'true'* gesetzt, wird die I/O-Schnittstelle erst dann entladen, wenn der HALCON-Prozess beendet wird. Ist er auf *'false'* gesetzt, wird die I/O-Schnittstelle entladen, sobald wie an dieser Schnittstelle keine Geräte mehr offen sind. Diese ist das Standardverhalten.

Achtung

Auf Windows Systemen können Fehler-Dialogboxen vom Betriebssystems erscheinen, wenn abhängende Module des Interfaces nicht gefunden werden können. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn das entsprechende SDK nicht installiert wurde. Das Erscheinen der Dialogboxen kann über Windows Error Mode kontrolliert werden. Informationen dazu finden sich in der Beschreibung von SetErrorMode in der MSDN Dokumentation.

Parameter

▷ **IOInterfaceName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name der HALCON I/O-Schnittstelle.
Default: []
Wertevorschläge: `IOInterfaceName` ∈ {'ADLINK-DAQPilot', 'ADLINK-EOS', 'Advantech', 'Contec', 'Hilscher-cifX', 'Interface', 'Linux-GPIO', 'NIDAQmx', 'OPC_Classic', 'OPC_UA'}

▷ **Action** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name der auszuführenden Aktion.

▷ **Argument** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer / real
Argumente der auszuführenden Aktion.
Default: []

▷ **Result** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string* / integer / real
Ergebniswerte der ausgeführten Aktion.

Ergebnis

Der Operator `control_io_interface` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), wenn die angeforderte Aktion korrekt ausgeführt werden konnte. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. In diesem Fall kann vom Interface eine zusätzliche Fehlerinformation gesetzt werden, die mit `get_extended_error_info` abgefragt werden kann.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

`query_io_interface`

Modul

Foundation

get_io_channel_param (: : IOChannelHandle, GenParamName : GenParamValue)

Abfragen der Parameter von I/O-Übertragungskanälen.

`get_io_channel_param` liefert Parameterwerte zur Konfiguration bestimmter Übertragungskanäle. Die Abfrageparameter werden in `GenParamName` übergeben, die erfragten Konfigurationswerte in `GenParamValue` zurückgegeben. `IOChannelHandle` referenziert die Übertragungskanäle, die zuvor von `open_io_channel` erzeugt worden sein müssen.

Eine ausführliche Beschreibung aller gerätespezifischen Parameter findet sich in der Dokumentation für die verwendete I/O-Schnittstelle im Verzeichnis `doc/html/reference/io`.

Parameter

▷ **IOChannelHandle** (input_control) . . . . . io_channel(-array) ⇝ *handle*
Referenzen auf die geöffneten I/O-Übertragungskanäle.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Parameternamen.
Default: 'param_name'
Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'io_channel_name', 'param_name'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string* / integer / real / handle
Parameterwerte.

Ergebnis

Im Falle gültiger Parameterwerte liefert der Operator `get_io_channel_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. In diesem Fall kann vom Interface eine zusätzliche Fehlerinformation gesetzt werden, die mit `get_extended_error_info` abgefragt werden kann.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_io_channel`

Nachfolger

`read_io_channel`, `write_io_channel`

Siehe auch

open_io_channel, query_io_device, set_io_channel_param

Modul

Foundation

get_io_device_param (: : IODeviceHandle, GenParamName : GenParamValue)

Abfragen der Parameter einer I/O-Geräteinstanz.

get_io_device_param liefert Parameterwerte zur Konfiguration einer bestimmten Geräteinstanz. Die Abfrageparameter werden in GenParamName übergeben, die korrespondierenden Konfigurationswerte in GenParamValue zurückgegeben. IODeviceHandle adressiert die Geräteinstanz, die von open_io_device zurückgegeben wurde.

Eine ausführliche Beschreibung aller gerätespezifischen Parameter findet sich in der Dokumentation für die verwendete I/O-Schnittstelle im Verzeichnis doc/html/reference/io.

Parameter

- ▷ **IODeviceHandle** (input_control) . . . . . io_device ⇝ *handle*
  Referenz auf das geöffnete I/O-Gerät.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Parameternamen.
  Default: 'param_name'
  Wertevorschläge: GenParamName ∈ {'io_device_name', 'param_name'}
- ▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real / handle
  Parameterwerte.

Ergebnis

Im Falle gültiger Parameterwerte liefert der Operator get_io_device_param den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. In diesem Fall kann vom Interface eine zusätzliche Fehlerinformation gesetzt werden, die mit get_extended_error_info abgefragt werden kann.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_io_device, set_io_device_param

Nachfolger

open_io_channel

Siehe auch

open_io_device, query_io_interface, set_io_device_param

Modul

Foundation

open_io_channel (: : IODeviceHandle, IOChannelName, GenParamName, GenParamValue : IOChannelHandle)

Öffnen und Konfigurieren von I/O-Übertragungskanälen.

Der Operator open_io_channel öffnet und konfiguriert Übertragungskanäle einer geöffneten I/O-Geräteinstanz. Die Geräteinstanz muss zuvor von open_io_device erzeugt worden sein und wird dem Parameter IODeviceHandle übergeben. Die Übertragungskanäle selbst werden durch ihre Namen in IOChannelName adressiert. Die vom Gerät unterstützten Namen können mit Hilfe des Operators

query_io_device über den Parameter *'io_channel_name'* abgefragt werden. Die Kanäle können über die Parameter GenParamName und GenParamValue konfiguriert werden. Es wird eine Instanz jedes Übertragungskanals erzeugt, deren Referenzen in IOChannelHandle zurückgegeben werden. Falls die Instanz eines Kanals nicht mehr benötigt wird, sollte sie über den Operator close_io_channel freigegeben und geschlossen werden. Sie wird automatisch geschlossen, wenn die mit dem Kanal zusammenhängende Geräteinstanz über close_io_device geschlossen wird.

Mit einem geöffneten Übertragungskanal können schließlich die Werte vom Gerät mit Hilfe der Operatoren read_io_channel und write_io_channel gelesen und geschrieben werden.

Ein bereits geöffneter Kanal kann über die Operatoren set_io_channel_param und get_io_channel_param rekonfiguriert werden.

Eine ausführliche Beschreibung aller gerätespezifischen Parameter findet sich in der Dokumentation für die verwendete I/O-Schnittstelle im Verzeichnis doc/html/reference/io.

Parameter

- ▷ **IODeviceHandle** (input_control) . . . . . io_device ⇝ *handle*
  Referenz auf das geöffnete I/O-Gerät.
- ▷ **IOChannelName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  I/O-Kanalnamen.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Generische Parameternamen.
  Default: []
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string* / integer / real
  Generische Parameterwerte.
  Default: []
- ▷ **IOChannelHandle** (output_control) . . . . . io_channel(-array) ⇝ *handle*
  Referenzen auf die geöffneten I/O-Übertragungskanäle.

Beispiel

```
query_io_device (IODeviceHandle, [], 'io_channel_names.digital_output', \
                 ChannelOutputNames)
open_io_channel (IODeviceHandle, ChannelOutputNames[0], [], [], \
                 IOChannelHandle)
write_io_channel (IOChannelHandle, 1, Status)
```

Ergebnis

Der Operator open_io_channel liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), wenn die Parameterwerte gültig waren und die Kanäle für das Gerät geöffnet werden konnten. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. In diesem Fall kann vom Interface eine zusätzliche Fehlerinformation gesetzt werden, die mit get_extended_error_info abgefragt werden kann.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

open_io_device, query_io_device

Nachfolger

set_io_channel_param, read_io_channel, write_io_channel

Modul

Foundation

open_io_device (: : IOInterfaceName, IODeviceName, GenParamName, GenParamValue : IODeviceHandle)

Öffnen und Konfigurieren eines I/O-Gerätes.

Der Operator open_io_device öffnet und konfiguriert die gewählte I/O-Schnittstelle für ein bestimmtes Gerät. Der Name der I/O-Schnittstelle ist durch den Basisnamen der darunterliegenden Bibliothek bestimmt und wird dem Parameter IOInterfaceName übergeben. Bei der Konfiguration des ersten Gerätes für diese Schnittstelle wird automatisch die Bibliothek der I/O-Schnittstelle geladen. Das Gerät selbst wird durch den Namen adressiert, der dem Parameter IODeviceName übergeben wird. Die Namen der unterstützten Geräte können über den Operator query_io_interface abgefragt werden. Mit Hilfe der Parameter GenParamName und GenParamValue kann das Gerät konfiguriert werden. In IODeviceHandle wird schließlich eine Referenz zu der Geräteinstanz zurückgegeben. Falls diese Geräteinstanz nicht mehr benötigt wird, muss sie über den Operator close_io_device wieder freigegeben werden.

Mit einer geöffneten Instanz zu einem Gerät kann ein Übertragungskanal mit Hilfe des Operators open_io_channel geöffnet werden. Auf einem solchen Kanal können dann Werte über die Operatoren read_io_channel und write_io_channel gelesen und geschrieben werden.

Eine geöffnete Instanz eines Gerätes kann über die Operatoren set_io_device_param und get_io_device_param rekonfiguriert werden.

Die ausführliche Beschreibung aller gerätespezifischen Parameter findet sich in der Dokumentation für die verwendete I/O-Schnittstelle im Verzeichnis doc/html/reference/io.

Achtung

Auf Windows Systemen können Fehler-Dialogboxen vom Betriebssystems erscheinen, wenn abhängende Module des Interfaces nicht gefunden werden können. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn das entsprechende SDK nicht installiert wurde. Das Erscheinen der Dialogboxen kann über Windows Error Mode kontrolliert werden. Informationen dazu finden sich in der Beschreibung von SetErrorMode in der MSDN Dokumentation.

Parameter

- ▷ **IOInterfaceName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Name der HALCON I/O-Schnittstelle.
  Default: []
  Wertevorschläge: IOInterfaceName ∈ {'ADLINK-DAQPilot', 'ADLINK-EOS', 'Advantech', 'Contec', 'Hilscher-cifX', 'Interface', 'Linux-GPIO', 'NIDAQmx', 'OPC_Classic', 'OPC_UA'}
- ▷ **IODeviceName** (input_control) ..... tuple ⇝ *string*
  I/O-Gerätename.
  Default: []
- ▷ **GenParamName** (input_control) ..... string-array ⇝ *string*
  Generische Parameternamen.
  Default: []
- ▷ **GenParamValue** (input_control) ..... string-array ⇝ *string* / integer / real
  Generische Parameterwerte.
  Default: []
- ▷ **IODeviceHandle** (output_control) ..... io_device ⇝ *handle*
  Referenz auf das geöffnete I/O-Gerät.

Beispiel

```
* Select a suitable i/o device interface of name IOInterfaceName
query_io_interface (IOInterfaceName, 'io_device_names', DeviceNames)
open_io_device (IOInterfaceName, DeviceNames[0], [], [], IODeviceHandle)
query_io_device (IODeviceHandle, [], 'io_channel_names.digital_input', \
                 ChannelInputNames)
open_io_channel (IODeviceHandle, ChannelInputNames[0], [], [], \
                 IOChannelHandle)
read_io_channel (IOChannelHandle, Value, Status)
```

Ergebnis

Der Operator open_io_device liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), wenn eine Instanz für das Gerät geöffnet

werden konnte. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. In diesem Fall kann vom Interface eine zusätzliche Fehlerinformation gesetzt werden, die mit get_extended_error_info abgefragt werden kann.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

query_io_interface

Nachfolger

set_io_device_param, get_io_device_param, open_io_channel

Modul

Foundation

query_io_device (: : IODeviceHandle, IOChannelName, Query : Result)

Abfragen von Informationen über Kanäle eines I/O-Gerätes.

Der Operator query_io_device liefert Informationen zu den Übertragungskanälen, welche von einem spezifischen Gerät unterstützt werden. Die Referenz zu einem I/O-Gerät wird in IODeviceHandle übergeben und die Kanäle über ihre Namen in IOChannelName adressiert. Die gewünschte Information über die Kanäle wird mit Query spezifiziert. Eine Liste aller unterstützten Kanalnamen erhält man, wenn Query der Parametername *'io_channel_name'* übergeben wird. Der Parameter IOChannelName wird dabei ignoriert.

Die Beschreibung aller gerätespezifischen Parameter findet sich in der Dokumentation für die verwendete I/O-Schnittstelle im Verzeichnis doc/html/reference/io.

Parameter

- ▷ **IODeviceHandle** (input_control) ..... io_device ⇝ *handle*
  Referenz auf das geöffnete I/O-Gerät.
- ▷ **IOChannelName** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  I/O-Kanalnamen.
- ▷ **Query** (input_control) ..... string-array ⇝ *string*
  Abzufragende Information.
  Default: 'param_name'
  Werteliste: Query ∈ {'io_channel_names', 'param_name'}
- ▷ **Result** (output_control) ..... string-array ⇝ *string* / integer / real
  Ergebniswerte (gemäß Query).

Beispiel

```
* Select a suitable i/o device interface of name IOInterfaceName
query_io_interface (IOInterfaceName, 'io_device_names', DeviceNames)
open_io_device (IOInterfaceName, DeviceNames[0], [], [], IODeviceHandle)
query_io_device (IODeviceHandle, [], 'io_channel_names.digital_input', \
                 ChannelInputNames)
open_io_channel (IODeviceHandle, ChannelInputNames[0], [], [], \
                 IOChannelHandle)
read_io_channel (IOChannelHandle, Value, Status)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und ist die angegebene I/O-Schnittstelle verfügbar, liefert

query_io_interface den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. In diesem Fall kann vom Interface eine zusätzliche Fehlerinformation gesetzt werden, die mit get_extended_error_info abgefragt werden kann.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

open_io_device

Modul

Foundation

query_io_interface (: : IOInterfaceName, Query : Result)

Abfragen von Informationen zu einer I/O-Geräteschnittstelle.

Der Operator query_io_interface liefert Informationen zur angegebenen I/O-Geräteschnittstelle IOInterfaceName. Die gewünschte Art der Information wird über den Parameter Query ausgewählt. In Result wird die angeforderte Information zurückgegeben.

Mit dem Parameterwert *'interface_name'* für Query können alle verfügbaren HALCON I/O-Schnittstellen abgefragt werden. In diesem Fall wird der Wert für IOInterfaceName ignoriert.

Die Beschreibung aller gerätespezifischen Parameter findet sich in der Dokumentation für die verwendete I/O-Schnittstelle im Verzeichnis doc/html/reference/io.

Achtung

Auf Windows Systemen können Fehler-Dialogboxen vom Betriebssystems erscheinen, wenn abhängende Module des Interfaces nicht gefunden werden können. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn das entsprechende SDK nicht installiert wurde. Das Erscheinen der Dialogboxen kann über Windows Error Mode kontrolliert werden. Informationen dazu finden sich in der Beschreibung von SetErrorMode in der MSDN Dokumentation.

Parameter

▷ **IOInterfaceName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name der HALCON I/O-Schnittstelle.
Default: []
Wertevorschläge: IOInterfaceName ∈ {'ADLINK-DAQPilot', 'ADLINK-EOS', 'Advantech', 'Contec', 'Hilscher-cifX', 'Interface', 'Linux-GPIO', 'NIDAQmx', 'OPC_Classic', 'OPC_UA'}

▷ **Query** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Parametername der Anfrage.
Default: 'io_device_names'
Wertevorschläge: Query ∈ {'interface_name', 'io_device_names', 'param_name', 'revision'}

▷ **Result** (output_control) ..... string-array ⇝ *string* / integer / real
Liste der Ergebniswerte (abhängig von Query).

Beispiel

```
* Select a suitable i/o device interface of name IOInterfaceName
query_io_interface (IOInterfaceName, 'io_device_names', DeviceNames)
open_io_device (IOInterfaceName, DeviceNames[0], [], [], IODeviceHandle)
query_io_device (IODeviceHandle, [], 'io_channel_names.digital_input', \
                 ChannelInputNames)
open_io_channel (IODeviceHandle, ChannelInputNames[0], [], [], \
                 IOChannelHandle)
read_io_channel (IOChannelHandle, Value, Status)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und ist die angegebene I/O-Schnittstelle verfügbar, liefert `query_io_interface` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. In diesem Fall kann vom Interface eine zusätzliche Fehlerinformation gesetzt werden, die mit `get_extended_error_info` abgefragt werden kann.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`open_io_device`

Modul

Foundation

read_io_channel (: : IOChannelHandle : Value, Status)

Lesen von Daten auf I/O-Übertragungskanälen.

`read_io_channel` liest Eingabedaten von den angegebenen Übertragungskanälen. Die Kanäle werden dem Parameter `IOChannelHandle` übergeben, die Daten in `Value` zurückgegeben. Der Parameter `Status` gibt für jeden gelesenen Wert in `Value` eine Statusmeldung zurück. Der Wert *0* zeigt an, dass das korrespondierende Datum in `Value` auf dem Kanal korrekt gelesen werden konnte. Die Bedeutung anderer Statuswerte hängt vom jeweiligen Interface ab. Ihre Beschreibung findet sich in der Dokumentation für die verwendete I/O-Schnittstelle im Verzeichnis `doc/html/reference/io`.

Parameter

- ▷ **IOChannelHandle** (input_control) . . . . . io_channel(-array) ⇝ *handle*
  Referenzen auf die geöffneten I/O-Übertragungskanäle.
- ▷ **Value** (output_control) . . . . . tuple-array ⇝ *integer* / real / string / handle
  Gelesene Daten.
- ▷ **Status** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Statusrückmeldung für gelesene Daten.

Ergebnis

Im Falle gültiger Parameterwerte liefert der Operator `read_io_channel` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), unabhängig vom Erfolg des Lesens. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. In diesem Fall kann vom Interface eine zusätzliche Fehlerinformation gesetzt werden, die mit `get_extended_error_info` abgefragt werden kann.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_io_channel`, `set_io_channel_param`

Nachfolger

`close_io_channel`

Siehe auch

`write_io_channel`, `query_io_device`, `set_io_channel_param`

Modul

Foundation

set_io_channel_param (: : IOChannelHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Konfigurieren von I/O-Übertragungskanälen.

set_io_channel_param (re)konfiguriert die angegebenen Übertragungskanäle. Die Konfigurationsparameter werden in GenParamName, die korrespondierenden Werte in GenParamValue übergeben. IOChannelHandle referenziert die Übertragungskanäle, die mit open_io_channel geöffnet werden können.

Eine ausführliche Beschreibung aller gerätespezifischen Parameter findet sich in der Dokumentation für die verwendete I/O-Schnittstelle im Verzeichnis doc/html/reference/io.

Parameter

- ▷ **IOChannelHandle** (input_control) . . . . . io_channel(-array) ⇝ *handle*
  Referenzen auf die I/O-Übertragungskanäle.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Parameternamen.
  Default: []
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string* / integer / real / handle
  Zu setzende Parameterwerte.
  Default: []

Ergebnis

Im Falle gültiger Parameterwerte liefert der Operator get_io_device_param den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. In diesem Fall kann vom Interface eine zusätzliche Fehlerinformation gesetzt werden, die mit get_extended_error_info abgefragt werden kann.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_io_channel

Nachfolger

read_io_channel, write_io_channel

Siehe auch

open_io_channel, query_io_device, get_io_channel_param, read_io_channel, write_io_channel

Modul

Foundation

set_io_device_param (: : IODeviceHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Konfigurieren einer bestimmten I/O-Geräteinstanz.

set_io_device_param (re)konfiguriert eine bestimmte Geräteinstanz. Die Konfigurationsparameter werden in GenParamName übergeben, die korrespondierenden Konfigurationswerte in GenParamValue. IODeviceHandle adressiert die Geräteinstanz, die von open_io_device zurückgegeben wurde.

Eine ausführliche Beschreibung aller gerätespezifischen Parameter findet sich in der Dokumentation für die verwendete I/O-Schnittstelle im Verzeichnis doc/html/reference/io.

Parameter

▷ **IODeviceHandle** (input_control) . . . . . io_device ⇝ *handle*
Referenz auf das geöffnete I/O-Gerät.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Parameternamen.
Default: []

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real / handle
Zu setzende Parameterwerte.
Default: []

Ergebnis

Im Falle gültiger Parameterwerte liefert der Operator `get_io_device_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. In diesem Fall kann vom Interface eine zusätzliche Fehlerinformation gesetzt werden, die mit `get_extended_error_info` abgefragt werden kann.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_io_device`

Nachfolger

`open_io_channel`

Siehe auch

`open_io_device`, `query_io_interface`, `get_io_device_param`

Modul

Foundation

write_io_channel (: : IOChannelHandle, Value : Status)

Schreiben von Daten auf I/O-Übertragungskanälen.

`write_io_channel` schreibt Daten auf die angegebenen Übertragungskanäle. Die Referenzen zu den Instanzen der Übertragungskanäle werden dem Parameter `IOChannelHandle`, die Daten dem Parameter `Value` übergeben. Der Parameter `Status` gibt für jedes übergebene Datum in `Value` eine Statusmeldung zurück. Der Wert *0* zeigt an, dass das korrespondierende Datum in `Value` auf dem Kanal korrekt geschrieben werden konnte. Die Bedeutung anderer Statuswerte hängt vom jeweiligen Interface ab. Ihre Beschreibung findet sich in der Dokumentation für die verwendete I/O-Schnittstelle im Verzeichnis `doc/html/reference/io`.

Parameter

▷ **IOChannelHandle** (input_control) . . . . . io_channel(-array) ⇝ *handle*
Referenzen auf die geöffneten I/O-Übertragungskanäle.

▷ **Value** (input_control) . . . . . tuple-array ⇝ *integer* / real / string / handle
Zu schreibende Daten.

▷ **Status** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Statusrückmeldung für geschriebene Daten.

Ergebnis

Im Falle gültiger Parameterwerte liefert der Operator `write_io_channel` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), unabhängig vom Erfolg des Schreibens. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. In diesem Fall kann vom Interface eine zusätzliche Fehlerinformation gesetzt werden, die mit `get_extended_error_info` abgefragt werden kann.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_io_channel, set_io_channel_param

Nachfolger

close_io_channel

Siehe auch

read_io_channel, open_io_channel, query_io_device, set_io_channel_param

Modul

Foundation

26.6 Information

get_chapter_info (: : Chapter : Info)

Informationen zu den Operatorkapiteln.

get_chapter_info liefert Informationen zu den Operatorkapiteln. Wird für Chapter der leere String übergeben, liefert die Routine in Info die Namen aller Kapitel zurück. Spezifiziert man hingegen ein bestimmtes Kapitel bzw. Kapitel + Unterkapitel (durch ein Tupel von Namen), werden die zugehörigen Unterkapitel oder - falls es keine weiteren Unterkapitel mehr gibt - die Namen der zugehörigen Operatoren ausgegeben. Die Einteilung der Operatorkapitel entspricht dabei der Kapitel-/ Unterkapiteleinteilung im HALCON-Manual. Hinweis: Die Operatorkapitel bzw. -unterkapitel eines konkreten Operators kann mittels get_operator_info(::<Name>,'chapter',Info:) abgefragt werden. Die Online-Texte werden den Dateien operators_[LANG].ref, operators_[LANG].sta, operators_[LANG].key, operators_[LANG].num und operators_[LANG].idx entnommen, die HALCON im aktuellen Verzeichnis und im Verzeichnis 'help_dir' (siehe get_system und set_system) sucht.

Achtung

Das Encoding der Ergebnisse ist UTF-8.

Parameter

▷ **Chapter** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Interessierende Operatorklasse bzw. -unterklasse.
Default: ''

▷ **Info** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
Operatorklassen (Chapter = '') oder Operatorunterklassen bzw. Operatoren.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und ist die Hilfedateien verfügbar, dann liefert get_chapter_info den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

get_system, set_system

Siehe auch

get_operator_info, get_system, set_system

Modul

Foundation

get_keywords (: : OperatorName : Keywords)

Schlüsselwörter, die Operatoren zugeordnet sind, abfragen.

get_keywords liefert alle Schlüsselwörter in den Online-Texten zu den Operatoren, die den vorgegebenen Teilstring OperatorName in ihrem Namen haben. Wird für OperatorName der leere String übergeben, gibt get_keywords sämtliche Schlüsselwörter aus. Die Schlüsselwörter eines einzigen Operators können auch mit get_operator_info abgefragt werden. Die Online-Texte werden den Dateien operators_[LANG].ref, operators_[LANG].sta, operators_[LANG].key, operators_[LANG].num und operators_[LANG].idx entnommen, die HALCON im aktuellen Verzeichnis und im Verzeichnis 'help_dir' (siehe get_system und set_system) sucht.

Achtung

Das Encoding der Ergebnisse ist UTF-8.

Parameter

- ▷ **OperatorName** (input_control) ..... proc_name ⇝ *string*
  Teilstring in den Namen der Operatoren, zu denen Schlüsselwörter benötigt werden.
  Default: 'get_keywords'
- ▷ **Keywords** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
  Schlüsselwörter zu den Operatoren.

Ergebnis

get_keywords liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), wenn die Parameter korrekt sind und die Hilfedateien zur Verfügung stehen. Sonst wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

get_chapter_info

Alternativen

get_operator_info

Siehe auch

get_operator_name, search_operator, get_param_info

Modul

Foundation

get_operator_info (: : OperatorName, Slot : Information)

Informationen zu einem HALCON-Operator.

get_operator_info dient zur Abfrage der Online-Texte zu einem vorgegebenen Operator (siehe auch get_operator_name). Die Art der Information (Slot), die für jeden Operator zur Verfügung stehen, lassen sich mittels query_operator_info abfragen. Derzeit werden folgende Slots angeboten:

'short': Kurzbeschreibung des Operators.

'abstract': Beschreibung des Operators.

'chapter': Kapitelname(n) in der Operatorhierarchie (Kapitel, Unterkapitel im HALCON-Manual).

'functionality': Funktionalität, ist gleich der Objektklasse, der der Operator zugeordnet werden kann.

'keywords': Schlüsselwörter zu dem Operator (optional).

'example': Beispiel für die Anwendung des Operators (optional). Mit 'example.SPRACHE' (SPRACHE ∈ {trias,c,c++,c#,vb.net}) können Beispiele für eine bestimmte Sprache abgefragt werden, insofern sie vorhanden sind. Wird die Sprache nicht mit angegeben oder ist in dieser Sprache kein Beispiel vorhandenen, wird das TRIAS-Beispiel ausgegeben.

'complexity': Komplexität des Operators (optional).

'effect': Momentan nicht genutzt.

'parallelization': Charakteristik des Operators bezüglich parallelen Verhaltens und Timeouts.

'execution information': Charakteristik des Operators bezüglich parallelen Verhaltens und Timeouts.

'parallel_method': Methoden der von einem Operator unterstützten automatischen Parallelisierung.

'interrupt_mode': Modi der Unterbrechbarkeit, die von einem spezifischen Operator unterstützt werden. In der Dokumentation von `set_operator_timeout` und `interrupt_operator` ist beschrieben, wie diese Modi genutzt und gesetzt werden können.

'alternatives': Alternativen zum Operator (optional).

'see_also': Operatoren mit weitergehenden Informationen (optional).

'predecessor': Mögliche und sinnvolle Vorgängerprozedur

'successor': Mögliche und sinnvolle Nachfolgerprozedur

'result_state': Rückgabewert des Operators (`2` (`H_MSG_TRUE`), `3` (`H_MSG_FALSE`), `5` (`H_MSG_FAIL`), `4` (`H_MSG_VOID`) oder EXCEPTION).

'attention': Einschränkungen und Hinweise zur korrekten Anwendung des Operators (optional).

'parameter': Namen der Parameter des Operators (siehe `get_param_info`).

'references': Literaturverweise (optional).

'module': Das Modul, zu dem der Operator gehört.

'dynamic_modules': Liste von Modulen, zu denen der Operator durch dynamische Lizensierung (je nach Verwendung) gehören kann.

'html_path': Das Verzeichnis, in dem die HTML-Dokumentation des Operators steht.

'warning': Eventuelle Warnungen zur Verwendung des Operators.

'compute_device': Liste von Compute Devices, die vom Operator unterstützt werden.

Die Texte werden den Dateien `operators_[LANG].ref`, `operators_[LANG].sta`, `operators_[LANG].key`, `operators_[LANG].num` und `operators_[LANG].idx` entnommen, die HALCON im aktuellen Verzeichnis und im Verzeichnis 'help_dir' (siehe `get_system` und `set_system`) sucht.

Achtung

Das Encoding der Ergebnisse ist UTF-8.

Parameter

▷ **`OperatorName`** (input_control) ..... proc_name ⇝ *string*
Name des Operators, zu dem Information benötigt werden.
Default: 'get_operator_info'

▷ **`Slot`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Gewünschte Information.
Default: 'abstract'
Werteliste: `Slot` ∈ {'short', 'abstract', 'chapter', 'chapter_id', 'functionality', 'parallelization', 'execution information', 'parallel_method', 'interrupt_mode', 'compute_device', 'complexity', 'predecessor', 'successor', 'alternatives', 'parameter', 'see_also', 'keywords', 'example', 'attention', 'result_state', 'references', 'module', 'html_path', 'warning', 'dynamic_modules'}

▷ **`Information`** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Information (leer, falls keine Information vorhanden ist)

Ergebnis

`get_operator_info` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), wenn die Parameter korrekt sind und die Hilfsdateien verfügbar sind. Sonst wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

get_keywords, search_operator, get_operator_name, query_operator_info, query_param_info, get_param_info

Nachfolger

get_param_names, get_param_num, get_param_types

Alternativen

get_param_names

Siehe auch

query_operator_info, get_param_info, get_operator_name, get_param_num, get_param_types

Modul

Foundation

get_operator_name (: : Pattern : OperatorNames)

Operatoren, die eine Zeichenreihe als Teilstring im Namen haben.

get_operator_name nimmt eine Zeichenreihe (Pattern) als Eingabe und sucht alle HALCON-Operatoren, die diese Zeichenreihe als Teilstring im Namen enthalten. Bei Eingabe des leeren Strings werden die Namen aller verfügbaren Operatoren ausgegeben.

Parameter

▷ **Pattern** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Teilstring des gesuchten Namens (leer <=> alle Namen).
Default: 'info'

▷ **OperatorNames** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Gefundene Operatornamen.

Ergebnis

get_operator_name liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE) falls die Hilfedateien verfügbar sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

get_operator_info, get_param_names, get_param_num, get_param_types

Alternativen

search_operator

Siehe auch

get_operator_info, get_param_names, get_param_num, get_param_types

Modul

Foundation

get_param_info (: : OperatorName, ParamName, Slot : Information)

Informationen zu Operatorparametern.

get_param_info dient zur Abfrage der Online-Texte zu einem Parameter eines vorgegebenen Operators. Die Art der Information (Slot), die für jeden Parameter zur Verfügung steht, lässt sich mittels query_param_info

abfragen. Mögliche Slots sind unten gelistet. Für eine detailliertere Beschreibung der Einträge wird auf das Manual „Extension Package Programmer's Manual“ verwiesen.

'description': Beschreibung des Parameters.

'parameter_class': Parameterklasse.

'input_object'

'output_object'

'input_control'

'output_control'

'type_list': Zulässige(r) Datentyp(en) für Parameterwerte.

'default_type': Defaulttyp für Parameterwerte (nur bei Steuerparametern). Dies ist der Parametertyp der bei HALCON/C im „simple Mode“ verwendet wird. Falls *'none'* angegeben wird, dann muss der „Tupel Modus“ verwendet werden.

'sem_type': Semantischer Typ des Parameters. Das ist wichtig für die Zuordnung der Parameter zu Objektklassen in objektorientierten Sprachen (C++, .NET, COM). Gehören mehrere Parameter semantisch zu einem Typ, so wird dies dabei ebenfalls bezeichnet.

'default_value': Defaultwert für den Parameter (nur bei Eingabe-Steuerparametern). Hierbei handelt es sich um eine reine Information (der Parameterwert muss in jedem Fall explizit übergeben werden, auch wenn der Defaultwert verwendet werden soll). Dieser Eintrag dient nur als Hinweis, als Ausgangspunkt für eigene Experimente. Die Werte sind so gewählt, dass sie normalerweise keine Fehler verursachen und etwas sinnvolles bewirken.

'modified':

'true', falls der Operator den Eingabeparameter modifiziert.

'multivalue':

'true', falls ein Tupel an Werten übergeben werden muss,

'false', falls genau ein Wert übergeben werden muss, und

'optional', wenn beides erlaubt ist.

'multichannel':

'true', falls ein Eingabebildobjekt mehrkanalig sein darf.

'multiinstance':

'true', falls ein Array semantischer Tupel (z.B. Posen, Kameraparameter, etc.) übergeben werden muss,

'false', falls genau ein semantisches Tupel übergeben werden muss, und

'optional', wenn beides erlaubt ist.

'mixed_type': Nur bei Steuerparametern und auch nur dann, wenn Wertetupel (*'multivalue'*-*'true'*/*'optional'*) und verschiedene Datentypen für Parameterwerte ('type_list' mehr als ein Wert) zulässig sind. In diesem Fall gibt `Slot` an, ob in einem Tupel auch Werte verschiedener Typen gemischt auftreten dürfen (*'true'* oder *'false'*).

'values': Werteauswahl (optional).

'value_list': Falls ein Parameter nur eine begrenzte Anzahl von Werten annehmen kann, werden diese explizit aufgeführt (optional).

'valuemin': Minimalwert eines Werteintervalls.

'valuemax': Maximalwert eines Werteintervalls.

'valuefunction': Funktion des Werteverlaufs einer Testreihe (lin, log, quadr, ...).

'steprec': Empfohlene Schrittweite der Parameterwerte in einer Testreihe.

'stepmin': Minimale Schrittweite der Parameterwerte in einer Testreihe.

'valuenumber': Aussage über die Anzahl der Parameter absolut oder relativ zu anderen Parametern

'assertion': Aussage über die Parameterwerte absolut oder relativ zu anderen Parametern.

'cd_type_list.[compute_device]': Liste der Eingabebild-Typen, die von der angegebenen Compute-Device-Implementierung des Operators unterstützt werden (z.B. 'cd_type_list.opencl' für OpenCL-Geräte).

'cd_value_list.[compute_device]': Liste der Eingabe-Steuerparameter, die von der angegebenen Compute-Device-Implementierung des Operators unterstützt werden (z.B. 'cd_value_list.opencl' für OpenCL-Geräte).

Die Online-Texte werden den Dateien `operators_[LANG].ref`, `operators_[LANG].sta`, `operators_[LANG].key`, `operators_[LANG].num` und `operators_[LANG].idx` entnommen, die HALCON im aktuellen Verzeichnis und im Verzeichnis 'help_dir' (siehe `get_system` und `set_system`) sucht.

Achtung

Das Encoding der Ergebnisse ist UTF-8.

Parameter

- ▷ **`OperatorName`** (input_control) . . . . . proc_name ⇝ *string*
  Name des Operators, zu dessen Parametern Information benötigt wird.
  Default: 'get_param_info'
- ▷ **`ParamName`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Name des Parameters, zu dem Information benötigt wird.
  Default: 'Slot'
- ▷ **`Slot`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Gewünschte Information.
  Default: 'description'
  Werteliste: `Slot` ∈ {'assertion', 'default_type', 'default_value', 'description', 'mixed_type', 'modified', 'multichannel', 'multivalue', 'sem_type', 'step_min', 'step_rec', 'type_list', 'value_function', 'value_list', 'value_max', 'value_min', 'value_number', 'values', 'cd_type_list.opencl', 'cd_value_list.opencl'}
- ▷ **`Information`** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Information (leer, falls keine Informationen vorhanden sind).

Ergebnis

`get_param_info` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), wenn die Parameter korrekt sind und die Hilfsdateien verfügbar sind. Sonst wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`get_keywords`, `search_operator`

Alternativen

`get_param_names`, `get_param_num`, `get_param_types`

Siehe auch

`query_param_info`, `get_operator_info`, `get_operator_name`

Modul

Foundation

`get_param_names` `( : : OperatorName : InpObjPar, OutpObjPar, InpCtrlPar, OutpCtrlPar )`

Zugriff auf die Parameternamen eines HALCON-Operators.

`get_param_names` liefert für den in `OperatorName` angegebenen HALCON-Operator die Namen der Eingabeobjekte, der Ausgabeobjekte, der Eingabesteuerparameter sowie der Ausgabesteuerparameter.

Parameter

- ▷ **`OperatorName`** (input_control) . . . . . proc_name ⇝ *string*
  Name des Operators.
  Default: 'get_param_names'
- ▷ **`InpObjPar`** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Namen der Eingabeobjekte.

▷ **OutpObjPar** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
Namen der Ausgabeobjekte.

▷ **InpCtrlPar** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
Namen der Eingabesteuerparameter.

▷ **OutpCtrlPar** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
Namen der Ausgabesteuerparameter.

Ergebnis

`get_param_names` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls der Operatorname existiert und die Hilfedateien verfügbar sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`get_keywords`, `search_operator`, `get_operator_name`, `get_operator_info`

Nachfolger

`get_param_num`, `get_param_types`

Alternativen

`get_operator_info`, `get_param_info`

Siehe auch

`get_param_num`, `get_param_types`, `get_operator_name`

Modul

Foundation

get_param_num (: : OperatorName : CName, InpObjPar, OutpObjPar, InpCtrlPar, OutpCtrlPar, Type)

Anzahl der Parameter eines HALCON-Operators.

`get_param_num` bestimmt für den angegebenen HALCON-Operator die Anzahl der Ein- und Ausgabeobjektparameter sowie der Ein- und Ausgabesteuerparameter. Außerdem erhält man den Namen der C-Funktion (`CName`), die von dem Operator aufgerufen wird. Der Ausgabeparameter `Type` gibt an, ob es sich um einen Operator oder eine Benutzer-Prozedur handelt.

Parameter

▷ **OperatorName** (input_control) ..... proc_name ⇝ *string*
Name des Operators.
Default: 'get_param_num'

▷ **CName** (output_control) ..... string ⇝ *string*
Name der aufgerufenen C-Funktion.

▷ **InpObjPar** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Eingabeobjektparameter.

▷ **OutpObjPar** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Ausgabeobjektparameter.

▷ **InpCtrlPar** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Eingabesteuerparameter.

▷ **OutpCtrlPar** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Ausgabesteuerparameter.

▷ **Type** (output_control) ..... string ⇝ *string*
Systemprozedur oder Benutzerprozedur.
Wertevorschläge: `Type` ∈ {'system', 'user'}

Ergebnis

get_param_num liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls der Operatorname existiert. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

get_keywords, search_operator, get_operator_name, get_operator_info

Nachfolger

get_param_types

Alternativen

get_operator_info, get_param_info

Siehe auch

get_param_names, get_param_types, get_operator_name

Modul

Foundation

get_param_types (: : OperatorName : InpCtrlParType, OutpCtrlParType)

Default-Datentyp für die Steuerparameter eines HALCON-Operators.

get_param_types gibt für jeden Eingabe- und jeden Ausgabesteuerparameter dessen Default-Datentyp an. Ein Defaulttyp eines Parameters ist der Typ, der in HALCON/C in „simple Mode“ verwendet wird. Dies ist für Parameter relevant, die mehr als einen Typ zulassen wie z.B. write_string. Dabei werden die Typen der Eingabeparameter in der Variablen InpCtrlParType zusammengefasst, die Typen der Ausgabeparameter in der Variablen OutpCtrlParType. Mögliche Werte der Typen sind:

'integer': Eine ganze Zahl.

'integer tuple': Eine ganze Zahl oder Tupel ganzer Zahlen.

'real': Eine Gleitpunktzahl.

'real tuple': Eine Gleitpunktzahl oder Tupel von Gleitpunktzahlen.

'string': Eine Zeichenreihe.

'string tuple': Eine Zeichenreihe oder Tupel von Zeichenreihen.

'no_default': Einzelner Wert, dessen Typ nicht festgelegt werden kann.

'no_default tuple': Einzelner Wert oder Tupel von Werten, deren Typ nicht festgelegt werden kann.

'default': Einzelner Wert mit unbekanntem Typ, System nimmt integer an.

Parameter

▷ **OperatorName** (input_control) ..... proc_name ⇝ *string*
Name des Operators.
Default: 'get_param_types'

▷ **InpCtrlParType** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
Defaulttypen der Eingabesteuerparameter.

▷ **OutpCtrlParType** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
Defaulttypen der Ausgabesteuerparameter.

Ergebnis

get_param_types liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls der angegebene Operatorname existiert. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

get_keywords, search_operator, get_operator_name, get_operator_info

Alternativen

get_param_info

Siehe auch

get_param_names, get_param_num, get_operator_info, get_operator_name

Modul

Foundation

query_operator_info (: : : Slots)

Slots der Informationen für get_operator_info.

query_operator_info liefert die Namen der Online-Texte (Slots), die für jeden Operator online zur Verfügung stehen. Die Informationen selbst können mit

```
get_operator_info(::<OperatorName>,<Slot>:<Information>)
```

abgefragt werden.

Parameter

▷ **Slots** (output_control) ..... string-array ⇝ *string*
Namen der Slots von get_operator_info.

Ergebnis

query_operator_info liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

get_operator_info

Siehe auch

get_operator_info

Modul

Foundation

query_param_info (: : : Slots)

Slots der Online-Informationen für get_param_info.

query_param_info liefert die Namen der Informationen (Slots), die für jeden Parameter eines Operators online zur Verfügung stehen (Online-Texte). Die Online-Texte selbst können mit

```
get_param_info(::<Procedurname>,<Parametername>,<Slot>:<Information>)
```

abgefragt werden.

Parameter

▷ **Slots** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen der Slots bei get_param_info.

Ergebnis

query_param_info liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

get_param_info

Siehe auch

get_param_info

Modul

Foundation

search_operator (: : Keyword : OperatorNames)

Namen aller Operatoren zu einem Schlüsselwort.

search_operator liefert die Namen aller Operatoren, deren Online-Texte das Schlüsselwort Keyword enthalten (siehe get_operator_info). Alle verfügbaren Schlüsselwörter liefert der Aufruf

get_keywords(::": <Schlüsselwörter>).

Die Online-Texte werden den Dateien operators_[LANG].ref, operators_[LANG].sta, operators_[LANG].key, operators_[LANG].num und operators_[LANG].idx entnommen, die HALCON im aktuellen Verzeichnis und im Verzeichnis 'help_dir' (siehe get_system und set_system) sucht.

Parameter

▷ **Keyword** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Schlüsselwort, zu dem Operatoren gesucht werden sollen.
Default: 'Information'

▷ **OperatorNames** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Operatoren, deren Slot 'keyword' das Schlüsselwort enthalten.

Ergebnis

search_operator liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), wenn die Parameter korrekt sind und die Hilfsdateien verfügbar sind. Sonst wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

get_keywords

Siehe auch

get_keywords, get_operator_info, get_param_info

Modul

Foundation

26.7 Multithreading

broadcast_condition (: : ConditionHandle :)

Signalisieren eines Condition-Synchronisationsobjektes.

broadcast_condition weckt alle Threads auf, die auf die Condition ConditionHandle warten. broadcast_condition ist wirkungslos, falls keine Threads warten.

Parameter

▷ **ConditionHandle** (input_control) ..... condition ⇝ *handle*
Condition-Synchronisationsobjekt.

Ergebnis

Ist der Parameterwert korrekt, dann liefert broadcast_condition den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_condition, wait_condition

Siehe auch

wait_condition, timed_wait_condition

Modul

Foundation

clear_barrier (: : BarrierHandle :)

Zerstören eines Barrieren-Synchronisationsobjektes.

clear_barrier zerstört das Barriere-Objekt, welches in BarrierHandle übergeben wird. Es dürfen keine Threads an der Barriere warten. Nach seiner Zerstörung kann die Barriere nicht weiterverwendet werden und das Handle wird ungültig.

Parameter

▷ **BarrierHandle** (input_control) ..... barrier ⇝ *handle*
Barriere-Synchronisationsobjekt.

Ergebnis

Ist der Parameterwert korrekt, dann liefert clear_barrier den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- BarrierHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_barrier`

Siehe auch

`create_barrier`

Modul

Foundation

clear_condition (: : ConditionHandle :)

Zerstören eines Condition-Synchronisationsobjektes.

`clear_condition` zerstört die Condition-Variable, welche in `ConditionHandle` übergeben wird. Es dürfen keine Threads an der Condition warten. Nach seiner Zerstörung kann die Condition nicht weiterverwendet werden und das Handle wird ungültig.

Parameter

▷ **ConditionHandle** (input_control) . . . . . condition ⇝ *handle*
Condition-Synchronisationsobjekt.

Ergebnis

Ist der Parameterwert korrekt, dann liefert `clear_condition` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ConditionHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_condition`

Siehe auch

`create_condition`

Modul

Foundation

clear_event (: : EventHandle :)

Löschen eines Event-Synchronisationsobjektes.

`clear_event` zerstört das Eventobjekt, welches in `EventHandle` übergeben wird. Das Event muss frei sein und darf keinem Thread gehören. Nach seiner Zerstörung kann das Event nicht weiterverwendet werden und das Handle wird ungültig.

Parameter

▷ **EventHandle** (input_control) ..... event ⇝ *handle*
Event-Synchronisationsobjekt.

Ergebnis

Ist der Parameterwert korrekt, dann liefert `clear_event` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- EventHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_event`

Siehe auch

`create_event`

Modul

Foundation

clear_message (: : MessageHandle :)

Zerstören eins Nachrichtenobjektes und Freigeben aller Ressourcen.

`clear_message` schließt die Nachrichtenobjekte `MessageHandle`, welche zuvor mit Hilfe des Operators `create_message` oder `dequeue_message` erzeugt wurden. Alle von den Nachrichten gehaltenen Ressourcen werden freigegeben, insbesondere die der gespeicherten Tupeldaten und ikonischen Objekte.

Achtung

Nachdem die Nachrichten durch `clear_message` zerstört wurden dürfen sie nicht mehr verwendet werden. Die Verwendung von ungültigen Nachrichtenobjekte führt zu undefiniertem Verhalten.

Parameter

▷ **MessageHandle** (input_control) ..... message(-array) ⇝ *handle*
Zu zerstörende Nachrichtenobjekte.
Parameteranzahl: MessageHandle >= 1
Restriktion: MessageHandle != 0

Beispiel

```
MessageHandles := []
for idx := 0 to 4 by 1
  create_message (MessageHandle)
  MessageHandles[idx]:= MessageHandle
endfor
* ...
```

Ergebnis

`clear_message` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, wenn die übergebenen Nachrichtenobjekte gültig sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Falls ein Tupel von Nachrichtenobjekten übergeben wird welches ungültige Referenzen enthält, wird `clear_message` versuchen so viele Nachrichtenobjekte wie möglich frei zu geben, bevor ein Fehler zurückgegeben wird.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MessageHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_message`, `dequeue_message`

Siehe auch

`create_message`, `set_message_tuple`, `get_message_tuple`, `set_message_obj`, `get_message_obj`, `set_message_param`, `get_message_param`, `enqueue_message`, `dequeue_message`

Modul

Foundation

`clear_message_queue` (: : QueueHandle :)

Schließen einer Warteschlange für Nachrichten.

`clear_message_queue` schließt ein Warteschlangenobjekt `QueueHandle`, dass zuvor durch den Operator `create_message_queue` erzeugt wurde. Es werden alle Ressourcen freigegeben, die von der Warteschlange gehalten werden, einschließlich der eingereihten Nachrichtenobjekte und der in ihnen enthaltenen Datensätze.

Achtung

Nachdem die Warteschlangenobjekte durch `clear_message_queue` zerstört wurden dürfen sie nicht mehr verwendet werden. Die Verwendung von ungültigen Referenzen führt zu undefiniertem Verhalten. Der Operator `clear_message_queue` darf nicht auf ein Warteschlangenobjekt aufgerufen werden, dass gleichzeitig noch in einem anderen Thread in Verwendung ist. Dies führt zu undefiniertem Verhalten.

Parameter

▷ **`QueueHandle`** (input_control) . . . . . message_queue(-array) ⇝ *handle*
Freizugebene Warteschlangenobjekt(e).
Parameteranzahl: QueueHandle >= 1
Restriktion: QueueHandle != 0

Beispiel

```
create_message_queue (ProducerQueue)
create_message_queue (ResultQueue)
* ...
```

Ergebnis

`clear_message_queue` gibt den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, wenn die übergebenen Warteschlangenobjekte gültig sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Sollte eine der übergebenen Referenzen ungültig sein, wird `clear_message_queue` dennoch versuchen alle anderen Referenzen freizugeben bevor es den Fehler zurück gibt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- QueueHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_message_queue`, `set_message_queue_param`

Siehe auch

`create_message_queue`, `enqueue_message`, `dequeue_message`, `set_message_queue_param`, `get_message_queue_param`, `create_message`, `clear_message`, `set_message_tuple`, `get_message_tuple`, `set_message_obj`, `get_message_obj`

Modul

Foundation

clear_mutex (: : MutexHandle :)

Löschen eines Mutex-Synchronisationsobjektes.

`clear_mutex` zerstört das Mutexobjekt, welches in `MutexHandle` übergeben wird. Der Mutex muss frei sein und darf keinem Thread gehören. Nach seiner Zerstörung kann der Mutex nicht weiterverwendet werden und das Handle wird ungültig.

Parameter

▷ **MutexHandle** (input_control) ..... mutex ⇝ *handle*
Mutex-Synchronisationsobjekt.

Ergebnis

Ist der Parameterwert korrekt, dann liefert `clear_mutex` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MutexHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_mutex`

Siehe auch

`create_mutex`

Modul

Foundation

create_barrier (: : AttribName, AttribValue,
TeamSize : BarrierHandle)

Erzeugen eines Barriere-Synchronisationsobjektes.

Eine Barriere ist ein Synchronisationsobjekt, welches einen Thread solange blockiert, bis eine zuvor definierte Anzahl von Threads diese Barriere erreicht haben.

`create_barrier` legt das Barriere-Objekt an, welches in `BarrierHandle` zurückgegeben wird, und initialisiert es entsprechend der Attribute in `AttribName` und `AttribValue`. `AttribName` definiert die Klasse und `AttribValue` den Typ der Barriere. Im Folgenden werden die möglichen Attributwerte für die gelisteten Attributnamen beschrieben:

'' der leere String setzt die Standardattribute.

'type' spezifiziert das Verhalten wenn ein Thread an einer Barriere warten muss:

'sleep' unterbricht den aufrufenden Thread und legt ihn schlafen (Standard).

'spin' ist die schnelle Implementierung einer Barriere, die in einer Schleife auf die Freigabe der Barriere wartet.

Das Argument `TeamSize` spezifiziert die Anzahl der Threads, die `wait_barrier` zuvor aufrufen müssen, bevor sie vom Warten zurückkehren können. Der Wert von `TeamSize` muss größer als Null sein.

Parameter

▷ **`AttribName`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string* / integer / real
Barriere-Attribut.
Default: []
Werteliste: `AttribName` ∈ {'type'}

▷ **`AttribValue`** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Barriere-Attributwert.
Parameteranzahl: AttribValue == AttribName
Default: []
Werteliste: `AttribValue` ∈ {'spin', 'sleep'}

▷ **`TeamSize`** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Größe des Barriere Teams.
Default: 1

▷ **`BarrierHandle`** (output_control) . . . . . barrier ⇝ *handle*
Barriere-Synchronisationsobjekt.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_barrier` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`wait_barrier`, `clear_barrier`

Modul

Foundation

`create_condition ( : : AttribName, AttribValue : ConditionHandle )`

Erzeugen einer Condition-Variable.

Eine Condition-Variable (kurz.: „Condition“) ist ein Synchronisationsobjekt, das Threads erlaubt ihre Ausführung zu unterbrechen und den Prozessor freizugeben, bis eine Eigenschaft von gemeinsamen Daten erfüllt ist. Die grundlegende Vorgehensweise bei Conditions ist folgende: Signalisiere die Condition, wenn die Bedingung erfüllt wird, und warte auf die Bedingung, indem die Threadausführung abgebrochen wird, bis ein anderer Thread die Bedingung signalisiert hat.

Eine Condition-Variable kann immer nur zusammen mit einem Mutexobjekt verwendet werden, um Race-Bedingungen zu vermeiden. Diese würden entstehen, wenn ein Thread auf eine Condition-Variable warten möchte, ein andere Thread jedoch die Condition signalisiert, gerade bevor der erste Thread tatsächlich auf die Bedingung wartet.

`create_condition` erzeugt und initialisiert die Condition-Variable `ConditionHandle` entsprechend der Attribute, die dem Parameterpaar `AttribName` und `AttribValue` übergeben werden. Die aktuelle Implementierung unterstützt jedoch keine Attribute, weshalb dem Parameter `AttribName` nur der leere String '' übergeben werden kann.

Parameter

- ▷ **`AttribName`** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Condition-Attribut.
  Default: []
- ▷ **`AttribValue`** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Condition-Attributwert.
  Parameteranzahl: AttribValue == AttribName
  Default: []
- ▷ **`ConditionHandle`** (output_control) . . . . . condition ⇝ *handle*
  Condition-Synchronisationsobjekt.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_condition` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`wait_condition`, `timed_wait_condition`, `signal_condition`

Siehe auch

`clear_condition`

Modul

Foundation

`create_event` `( : : AttribName, AttribValue : EventHandle )`

Erzeugen eines Event-Synchronisationsobjektes.

Ein Event ist ein Mutex, der keinem Thread gehört. D.h., er kann von einem anderen Thread freigegeben werden als von dem, der ihn gesperrt hat. Daher werden Events meist dann eingesetzt, wenn ein Thread einem anderem, wartenden Thread signalisieren soll, dass dieser weiterlaufen kann. Dieses Verständnis von Events leitet sich aus der Definition eines Events der WIN32-API oder der einer Semaphore (mit Zähler 0) der POSIX-Thread-Spezifikation ab.

`create_event` legt ein Eventobjekt an und initialisiert es entsprechend der Attribute, die über die Parameter `AttribName` und `AttribValue` gesetzt werden. `AttribName` definiert die Klasse und `AttribValue` den Typ des Events. Im Folgenden werden die möglichen Attributwerte für die gelisteten Attributnamen beschrieben:

'' der leere String setzt die Standardattribute.

'type' spezifiziert das Verhalten eines Events, wenn ein Thread auf ein Signal warten muss:

'sleep' unterbricht den aufrufenden Thread und legt ihn schlafen (Standard).

'spin' ist die schnelle Implementierung eines Events, die in einer Schleife auf die Signalisierung des Events wartet. Dieser Typ ist nicht rekursiv.

Nach der Initialisierung ist ein Event gesperrt.

Parameter

▷ **AttribName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string* / integer / real
Event-Attribut.
Default: []
Werteliste: `AttribName` ∈ {'type'}

▷ **AttribValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Event-Attributwert.
Parameteranzahl: AttribValue == AttribName
Default: []
Werteliste: `AttribValue` ∈ {'spin', 'sleep'}

▷ **EventHandle** (output_control) . . . . . event ⇝ *handle*
Event-Synchronisationsobjekt.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_event` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`wait_event`, `signal_event`, `clear_event`

Siehe auch

`clear_event`

Modul

Foundation

create_message (: : : MessageHandle)

Erzeugen einer neuen Nachricht.

`create_message` erzeugt eine neue leere Nachricht. Der Ausgabeparameter `MessageHandle` referenziert das erzeugte Nachrichtenobjekt und wird dazu verwendet, um die Nachricht in den nachfolgenden Operatoraufrufen identifizieren zu können.

Eine Nachricht ist ein Objekt, das ähnlich einem assoziativem Array (Wörterbuch) aufgebaut ist. Diese erzeugten Nachrichten können dann zwischen Threads einfach über eine Warteschlange für Nachrichten ausgetauscht werden. Alternativ dazu stehen in HALCON auch Dictionaries (`create_dict`) zur Verfügung, um Parameter innerhalb von Programmen und Prozeduren zu gruppieren.

Nachrichten erlauben es, eine beliebige Anzahl von Daten zu speichern, welche mit Hilfe eines eindeutigen Schlüssels (String oder Integer) identifiziert werden. Jeder Schlüssel kann entweder einen Tupeldaten-Parameter oder ein ikonisches Objekt referenzieren. Diese Daten werden in der Nachricht mit Hilfe der Operatoren `set_message_obj` und `set_message_tuple` gespeichert und können über die Operatoren `get_message_obj` und `get_message_tuple` wieder ausgelesen werden.

Die Tuple-Parameter, welche in den Nachrichten referenziert werden, sind stets Kopien ihrer Originale. Damit können die originalen Daten, nachdem sie in der Nachricht mit `set_message_tuple` gespeichert wurden, verändert oder gelöscht werden ohne die Nachricht selbst zu verändern. Eine Ausnahme bilden Handles: Beim Speichern eines Handles in einer Nachricht wird nur der Handle-Wert, nicht aber das Handle-Objekt selbst kopiert.

Wie bereits oben erwähnt können die erzeugten Nachrichten zwischen Threads einfach über eine Warteschlange für Nachrichten ausgetauscht werden. Mit Hilfe des Operators `enqueue_message` können Nachrichten aus mehreren Erzeuger-Threads an eine Warteschlange angehängt und über den Operator `dequeue_message` aus mehreren Verbraucher-Threads wieder aus der Warteschlange entnommen werden. All diese Operationen werden

intern synchronisiert, so dass der Mechanismus über die Warteschlange ohne externe Synchronisation auskommt. enqueue_message kopiert die Nachricht in die Warteschlange, weshalb das ursprüngliche Nachrichtenobjekt danach sofort weiterverwendet werden kann, ohne das kopierte Nachrichtenobjekt zu beeinflussen.

Parameter

▷ **MessageHandle** (output_control) ..... message ⇝ *handle*
Nachrichtenobjekt.
Parameteranzahl: MessageHandle == 1
Zusicherung: MessageHandle != 0

Beispiel

```
MessageHandles := []
for idx := 0 to 4 by 1
  create_message (MessageHandle)
  MessageHandles[idx]:= MessageHandle
endfor
* ...
```

Ergebnis

create_message liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), sofern kein Allokierungsfehler auftritt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

set_message_tuple, set_message_obj

Alternativen

create_dict

Siehe auch

clear_message, set_message_tuple, get_message_tuple, set_message_obj, get_message_obj, set_message_param, get_message_param, enqueue_message, dequeue_message

Modul

Foundation

create_message_queue (: : : QueueHandle)

Erzeugen einer leeren Warteschlange für Nachrichten.

create_message_queue erzeugt eine leere Warteschlange für Nachrichtenobjekte. QueueHandle referenziert das erzeugte Warteschlangenobjekt und wird dazu verwendet, um die Warteschlange in den nachfolgenden Operatoraufrufen identifizieren zu können.

Warteschlangen sind FIFO-Puffer, mit welchen sich beliebige Datensätze zwischen unterschiedlichen Threads austauschen lassen. Der Zugriff auf eine Warteschlange ist intern synchronisiert, so dass vom Benutzer keine zusätzlichen Synchronisationsmaßnahmen notwendig sind. Die Datensätze wandern durch die Warteschlange in sogenannten Nachrichten (vergleiche create_message).

Mehrere Erzeugerthreads können Nachrichten gleichzeitig über enqueue_message anhängen, während mehrere Verbraucherthreads über dequeue_message gleichzeitig Nachrichten aus diesem Datenstrom empfangen können. Dabei können mehrere Nachrichten mit einem einzigen Aufruf von enqueue_message eingereiht werden. In diesem Fall wandern die Nachrichten gemeinsam durch die Warteschlange und werden mit einem einzigen Aufruf von dequeue_message empfangen.

enqueue_message kopiert die Nachricht in die Warteschlange, weshalb das ursprüngliche Nachrichtenobjekt danach sofort weiterverwendet werden kann, ohne das kopierte Nachrichtenobjekt zu beeinflussen.

Parameter

▷ **QueueHandle** (output_control) . . . . . message_queue ⇝ *handle*
Warteschlangenobjekt.
Parameteranzahl: QueueHandle == 1
Zusicherung: QueueHandle != 0

Beispiel

```
create_message_queue (ProducerQueue)
create_message_queue (ResultQueue)
* ...
```

Ergebnis

create_message_queue liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), sofern kein Allokierungsfehler auftritt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

enqueue_message, dequeue_message

Siehe auch

clear_message_queue, enqueue_message, dequeue_message, set_message_queue_param, get_message_queue_param, create_message, clear_message, set_message_tuple, get_message_tuple, set_message_obj, get_message_obj

Modul

Foundation

create_mutex (: : AttribName, AttribValue : MutexHandle)

Erzeugen eines Mutex-Synchronisationsobjektes.

Ein Mutex ist ein Synchronisationsobjekt, welches den wechselseitigen Ausschluss (MUTual EXclusion) zwischen den Threads eines Prozesses regelt. Damit lassen sich gleichzeitige Zugriffe auf gemeinsame Ressourcen wie beispielsweise globale Datenstrukturen blockieren um inkonsistente Zustände zu verhindern. Ein Mutex hat zwei mögliche Zustände: er ist frei, d.h. der Mutex wird von keinem Thread gehalten, oder gesperrt, d.h. er gehört einem bestimmten Thread. Threads, die versuchen einen Mutex zu sperren, der bereits von einem anderen Thread gehalten wird, müssen warten, bis dieser Thread den Mutex wieder frei gibt. Anders als bei Events kann nur der Thread einen gesperrten Mutex wieder freigeben, der ihn auch hält, d.h. der ihn gesperrt hat.

create_mutex legt ein Mutexobjekt an und initialisiert es entsprechend der Attribute, die über die Parameter AttribName und AttribValue spezifiziert werden. AttribName definiert den Parameter und AttribValue den Wert des Parameters. Die folgende Beschreibung beschreibt für die möglichen Parametern alle unterstützten Werte:

'' der leere String setzt die Standardattribute.

'type' spezifiziert das Verhalten eines Mutexes, wenn ein Thread versucht einen bereits gesperrten Mutex zu besitzen:

'sleep' unterbricht den aufrufenden Thread und legt ihn schlafen (Standard). Das Verhalten ist allerdings undefiniert, wenn der gesperrte Mutex bereits dem Thread gehört.

'spin' ist die schnelle Implementierung eines Mutexes, die in einer Schleife auf die Freigabe des Mutexes wartet. Das Verhalten ist allerdings undefiniert, wenn der gesperrte Mutex bereits dem Thread gehört.

'recursive' unterbricht den aufrufenden Thread und legt ihn schlafen, wenn dem aufrufenden Thread der Mutex nicht gehört. Allerdings kann ein rekursiver Mutex erneut von dem Thread gesperrt werden, dem er gehört. Ein rekursiver Mutex wird nicht freigegeben, bis die Anzahl der Freigaben die Anzahl der Sperraufrufe erreicht.

Nach der Initialisierung ist der Mutex frei.

Parameter

▷ **AttribName** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *string* / integer / real
Mutex-Attribut
Default: []
Werteliste: `AttribName` ∈ {'type'}

▷ **AttribValue** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *string* / integer / real
Mutex-Attributwert
Parameteranzahl: AttribValue == AttribName
Default: []
Werteliste: `AttribValue` ∈ {'spin', 'sleep', 'recursive'}

▷ **MutexHandle** (output_control) . . . . . mutex ⇝ *handle*
Mutex-Synchronisationsobjekt

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_mutex` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`lock_mutex`, `clear_mutex`

Siehe auch

`clear_mutex`

Modul

Foundation

dequeue_message (: : QueueHandle, GenParamName,
GenParamValue : MessageHandle)

Empfangen einer oder mehrerer Nachrichten aus einer Warteschlange.

`dequeue_message` empfängt eine Nachricht aus einer Warteschlange die in `QueueHandle` referenziert ist. Die Nachricht muss zuvor von einem beliebigen Thread mit Hilfe des Operators `enqueue_message` in die Warteschlange eingereiht worden sein.

Die Nachrichten werden in FIFO (first-in first-out) Reihenfolge empfangen, wobei die Nachrichten unabhängig von der Anzahl der wartenden Threads jeweils nur einmal empfangen werden können. Falls die Warteschlange Nachrichten enthält, entnimmt `dequeue_message` sofort die älteste Nachricht und gibt eine Referenz auf das Nachrichtenobjekt im Parameter `MessageHandle` zurück. Der Besitz auf die Nachrichtendaten geht damit von der Warteschlange auf die zurückgegebene Nachrichtenreferenz über.

Falls die Warteschlange leer ist, wartet `dequeue_message` bis ein Nachrichtenobjekt für die Entnahme aus der Warteschlange verfügbar ist (nachdem sie zuvor von einem anderen Thread in die Warteschlange mit Hilfe von `enqueue_message` eingereiht wurde).

Die Daten, die ein Nachrichtenobjekt enthält können anschließend über die Operatoren `get_message_param`, `get_message_tuple` oder `get_message_obj` abgefragt werden.

Die Nachrichtenobjekte, die man von `dequeue_message` erhält, können anschließend wiederverwendet, d.h. modifiziert und/oder in eine weitere Warteschlange eingereiht werden.

Falls mehrere Nachrichtenobjekte über einen einzelnen Aufruf von enqueue_message in die Warteschlange eingereiht wurden, werden all diese Nachrichtenobjekte auch wieder zusammen durch einen einzelnen Aufruf von dequeue_message der Warteschlange entnommen und als Tupel im Parameter MessageHandle zurückgegeben.

Der Zugriff auf die Warteschlange ist intern synchronisiert. Es müssen daher keine weiteren Synchronisationsmaßnahmen getroffen werden.

Es kann z.B. während einer Rekonfiguration oder dem Aufräumen für eine Applikation notwendig werden, Threads die im Operator dequeue_message auf Nachrichten warten aufzuwecken und die Operation abzubrechen. Dies erreicht man indem man den Operator set_message_queue_param mit dem Parameter *'abort_dequeuing'* verwendet. In diesem Fall wird der blockierte Operator dequeue_message sofort mit dem Fehler H_ERR_MQCNCL zurückkehren.

Es ist möglich das Verhalten von dequeue_message durch die generischen Parameter GenParamName und GenParamValue zu beeinflussen. Aktuell wird nur ein einziger Parameter unterstützt:

'timeout': Spezifiziert eine Spanne für eine Zeitüberschreitung, welche bestimmt, wie lange der Operator auf eine Nachricht maximal warten soll, wenn die Warteschlange leer sein sollte. Wenn die Zeitspanne überschritten wurde, kehrt der Operator mit dem Fehler H_ERR_TIMEOUT zurück. Die Spanne für die Zeitüberschreitung kann als Integer- oder Doublewert in Sekunden angegeben werden oder durch den String *'infinite'*. Wenn keine Zeitüberschreitung angegeben wurde wird implizit eine unendliche Zeitspanne (infinite) angenommen und der Operator blockiert bis er ein Nachrichtenobjekt aus der Warteschlange entnehmen kann oder die Operation von außen abgebrochen wird.

Parameter

▷ **QueueHandle** (input_control) ..... message_queue ⇝ *handle*
Warteschlangenobjekt.
Parameteranzahl: QueueHandle == 1
Restriktion: QueueHandle != 0

▷ **GenParamName** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Name der generischen Parameter
Parameteranzahl: GenParamName == GenParamValue
Default: 'timeout'
Werteliste: GenParamName ∈ {'timeout'}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte der generischen Parameter
Parameteranzahl: GenParamName == GenParamValue
Default: 'infinite'
Werteliste: GenParamValue ∈ {'infinite'}

▷ **MessageHandle** (output_control) ..... message(-array) ⇝ *handle*
Entnommene Nachrichtenobjekte.
Parameteranzahl: MessageHandle > 0
Zusicherung: MessageHandle != 0

Beispiel

```
create_message_queue (Queue)
* ...
dequeue_message (Queue, [], [], Message)
get_message_obj (Image, Message, 'my_image')
```

Ergebnis

Im Erfolgsfall gibt dequeue_message den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Mögliche Fehler können durch ungültige Parameter, Zeitüberschreitung (H_ERR_TIMEOUT) oder externes Abbrechen (H_ERR_MQCNCL) verursacht werden. Sollte in seltenen Fällen intern ein Fehler auftreten nachdem die Nachricht bereits aus der Queue genommen wurde, wird der Operator die Nachricht wieder an den Anfang der Warteschlange einreihen. Dies kann zu einer veränderten Reihenfolge der entnommenen Nachrichten führen, Wenn zwischenzeitlich ein anderer Thread eine Nachricht aus der Warteschlange entnommen hat.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`get_message_tuple`, `get_message_obj`, `get_message_param`

Siehe auch

`create_message_queue`, `clear_message_queue`, `enqueue_message`, `set_message_queue_param`, `get_message_queue_param`, `create_message`, `clear_message`, `set_message_tuple`, `get_message_tuple`, `set_message_obj`, `get_message_obj`

Modul

Foundation

`enqueue_message` `( : : QueueHandle, MessageHandle, GenParamName, GenParamValue : )`

Einreihen von Nachrichtenobjekten in eine Warteschlange.

`enqueue_message` reiht eine oder mehrere Nachrichtenobjekte in eine Warteschlange ein, die durch den Parameter `QueueHandle` referenziert wird. Die eingereihten Nachrichten können wieder durch den Operator `dequeue_message` der Reihe nach ausgelesen werden.

Die einzureihenden Nachrichtenobjekte (vgl. `create_message`) werden im Parameter `MessageHandle` übergeben welcher sowohl einzelne als auch Tupel von Nachrichtenobjekten akzeptiert. Wenn mehrere Nachrichtenobjekte zusammen der Warteschlange angehängt werden, werden diese auch wieder zusammen durch den Operator `dequeue_message` ausgegeben.

Es können gleichzeitig sowohl mehrere Erzeuger (enqueuing) Threads zu einer Warteschlange Nachrichten schicken als auch mehrere Verbraucher (dequeuing) Threads aus der gleichen Warteschlange Nachrichten holen. Die Warteschlange ist als FIFO (first-in first-out) Puffer organisiert, wobei jede Nachricht unabhängig vom Thread nur einmal aus der Warteschlange ausgelesen werden kann.

Der Zugriff auf die Warteschlange ist intern synchronisiert, so dass vom Benutzer keine zusätzlichen externen Synchronisationsmaßnahmen notwendig sind. Wenn die Warteschlange leer ist und mindestens ein Verbraucherthread auf eine Nachricht in `dequeue_message` wartet, erhält einer der wartenden Threads eine Nachricht und wird aufgeweckt, sobald ein Erzeugerthread mit Hilfe von `enqueue_message` ebendiese Nachricht erfolgreich in die Warteschlange gestellt hat. Andernfalls wird die Nachricht an die Warteschlange asynchron angehängt, um an einen Verbraucherthread weitergereicht zu werden, sobald dieser bereit ist die Nachricht zu entnehmen.

`enqueue_message` kopiert die Nachricht in die Warteschlange, weshalb das ursprüngliche Nachrichtenobjekt danach sofort weiterverwendet werden kann, ohne das kopierte Nachrichtenobjekt zu beeinflussen.

Die Parameter `GenParamName` und `GenParamValue` sind für zukünftige Erweiterungen des Operators reserviert. Es werden aktuell keine generischen Parameterwerte unterstützt.

Falls die Warteschlange nach der Operation eine größere Anzahl von Nachrichten halten würde als die spezifizierte Maximalanzahl, wird der Fehler H_ERR_MQOVL zurückgegeben. Die Maximalanzahl von gehaltenen Nachrichten wird über den Parameterwert *'max_message_num'* im Operator `set_message_queue_param` festgelegt.

Parameter

▷ **`QueueHandle`** (input_control) . . . . . message_queue ⇝ *handle*
Warteschlangenobjekt.
Parameteranzahl: QueueHandle == 1
Restriktion: QueueHandle != 0

▷ **`MessageHandle`** (input_control) . . . . . message(-array) ⇝ *handle*
Einzureihende Nachrichtenobjekte.
Parameteranzahl: MessageHandle > 0
Restriktion: MessageHandle != 0

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Namen generischer Parameter.
Parameteranzahl: GenParamName == GenParamValue

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . tuple-array ⇝ *string* / integer / real
Werte generischer Parameter.
Parameteranzahl: GenParamName == GenParamValue

Beispiel

```
create_message_queue (Queue)
* ...
create_message (Message)
set_message_tuple (Message, 'mixed_tuple', ['The answer', 42])
enqueue_message (Queue, Message, [], [])
```

Ergebnis

Im Erfolgsfall gibt `enqueue_message` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Mögliche Fehler können ungültige Parameter oder Allokierungsfehler sein.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`set_message_tuple`, `set_message_obj`

Siehe auch

`create_message_queue`, `clear_message_queue`, `dequeue_message`, `set_message_queue_param`, `get_message_queue_param`, `create_message`, `clear_message`, `set_message_tuple`, `get_message_tuple`, `set_message_obj`, `get_message_obj`

Modul

Foundation

get_current_hthread_id (: : : HThreadID)

Gibt eine ID für den derzeit ausgeführten Thread zurück.

`get_current_hthread_id` gibt eine ID in `HThreadID` zurück, welche den derzeit ausgeführten Thread repräsentiert. Diese ID ist identisch zu den jeweiligen Thread IDs der Betriebssysteme (Windows Thread32, POSIX Threads unter UNIX Systemen) als auch zu der Thread ID welche die par_start Operation der HDevEngine zurückgibt. Sie kann verwendet werden, um mit `interrupt_operator` Operatoren abzubrechen, die in diesem Thread laufen.

Parameter

▷ **HThreadID** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
ID, welche den derzeitigen Thread repräsentiert.

Beispiel

```
global tuple HThreadID
get_current_hthread_id (HThreadID)
* call some slow operator...

* In a different thread
wait_seconds(2)
* Interrupt the long-running operator in the other thread
interrupt_operator (HThreadID, 'break')
```

Ergebnis

Wenn der derzeitige Thread ermittelt werden kann, liefert `get_current_hthread_id` 2 (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`interrupt_operator`

Siehe auch

`interrupt_operator`, `set_operator_timeout`

Modul

Foundation

`get_message_obj` (: ObjectData : MessageHandle, Key :)

Zurückgeben der in einer Nachricht von einem Schlüssel referenzierten ikonischen Objekte.

`get_message_obj` fragt aus einer Nachricht `MessageHandle` das mit einem Schlüssel `Key` assoziierte ikonische Objekt `ObjectData` ab. Das ikonische Objekt muss zuvor mit Hilfe des Operators `set_message_obj` in dem Nachrichtenobjekt abgespeichert worden sein.

Falls der spezifizierte Schlüssel `Key` nicht in dem Nachrichtenobjekt hinterlegt ist oder die mit ihm verbundenen Daten kein ikonisches Objekt sondern ein Datentupel ist, schlägt `get_message_obj` fehl. Die gespeicherten Schlüssel und die Information über die von ihnen referenzierten Daten kann über den Operator `get_message_param` abgefragt werden.

Parameter

▷ **`ObjectData`** (output_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Vom Schlüssel referenziertes Objekt.

▷ **`MessageHandle`** (input_control) ..... message ⇝ *handle*
Nachrichtenobjekt.
Parameteranzahl: MessageHandle == 1
Restriktion: MessageHandle != 0

▷ **`Key`** (input_control) ..... string ⇝ *string* / integer
Schlüsselwort oder Integer.
Parameteranzahl: Key == 1

Beispiel

```
* ...
get_message_param (Message,'key_exists',['simple_string','foo','my_image'],\
                   KeysPresence)
get_message_param (Message,'key_data_type',['simple_string','my_image'],\
                   KeysType)
get_message_obj (Image, Message, 'my_image')
```

Ergebnis

Im Erfolgsfall gibt `get_message_obj` den Wert 2 (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Mögliche Fehler sind ungültige Parameter (Nachrichtenobjekt oder Schlüssel), Abwesenheit des Schlüssels in der Nachricht oder wenn der Schüssel andere Datentypen als ein ikonisches Objekt referenziert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

dequeue_message

Alternativen

get_message_tuple

Siehe auch

create_message, clear_message, set_message_tuple, get_message_tuple, set_message_obj, set_message_param, get_message_param, enqueue_message, dequeue_message

Modul

Foundation

get_message_param (: : MessageHandle, GenParamName, Key : GenParamValue)

Abfragen von Parametern oder Information zu einer Nachricht.

get_message_param fragt die aktuellen Werte der Parameter einer Nachricht oder anderweitige Informationen zum Status einer Nachricht ab.

Jeder Aufruf von get_message_param darf nur einen einzelnen Parameternamen in GenParamName enthalten. Es gibt zwei unterschiedliche Arten von Abfragen:

- Parameter, die auf die gesamte Nachricht angewendet werden. In diesem Fall dürfen keine Schlüssel übergeben werden, d.h. dem Parameter Key muss ein leeres Tupel übergeben werden.
- Parameter, die auf einen einzelnen Schlüssel angewendet werden. In diesem Fall müssen die Schlüssel in dem Parameter Key übergeben werden, auf die der Parameter angewendet werden soll. Die Schlüssel werden dabei in der gleichen Reihenfolge abgearbeitet wie sie dem Parameter Key übergeben werden.

Parameternamen, die unabhängig von Schlüsseln angewendet werden:

'message_keys': Fragt alle Schlüssel ab, die in einer Nachricht gespeichert sind, unabhängig von dem Typ der mit ihnen verbundenen Daten. Die Liste der Schlüssel wird über den Parameter GenParamValue als ein Tupel von Strings zurückgegeben. Für diese Abfrage muss dem Parameter Key ein leeres Tupel übergeben werden.

Parametername, die Schlüssel-spezifisch angewendet werden:

'key_exists': Gibt *1* zurück, wenn der übergebenen Schlüssel in der spezifizierten Nachricht gespeichert ist, sonst *0*. Die Ergebnisse werden im Parameter GenParamValue zurückgegeben, jeweils ein Wert pro übergebenem Schlüssel.

'key_data_type': Gibt den Wert *'tuple'* für Schlüssel zurück, die in der Nachricht Tupeldaten referenzieren. Die Tupeldaten selbst erhält man mit dem Operator get_message_tuple. Der Wert *'object'* wird für Schlüssel zurückgegeben, welche Objektdaten referenzieren. Die Objektdaten selbst werden vom Operator get_message_obj zurückgegeben. Die Ergebnisse werden im Parameter GenParamValue zurückgegeben, jeweils ein Wert pro Schlüssel. Dieser Parameter kann verwendet werden um dynamisch zu entscheiden, ob get_message_tuple oder get_message_obj verwendet werden muss um die Daten eines speziellen Schlüssels zu erhalten.

Parameter

▷ **MessageHandle** (input_control) . . . . . message ⇝ *handle*
Nachrichtenobjekt.
Parameteranzahl: MessageHandle == 1
Restriktion: MessageHandle != 0

▷ **GenParamName** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Name des Parameters.
Parameteranzahl: GenParamName == GenParamValue
Default: 'message_keys'
Werteliste: GenParamName ∈ {'message_keys', 'key_exists', 'key_data_type'}

▷ **Key** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / integer
Schlüssel auf das der Parameter angewendet werden soll.

▷ **GenParamValue** (output_control) ..... tuple(-array) ⇝ *string* / integer / real
Wert der Parameterabfrage.

Beispiel

```
get_message_param (Message, 'message_keys', [], AllKeys)
get_message_param (Message, 'key_data_type', AllKeys, KeysType)
```

Ergebnis

Wenn alle Parameter und übergebenen Schlüssel gültig sind, gibt get_message_param den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

dequeue_message

Siehe auch

create_message, clear_message, set_message_tuple, get_message_tuple, set_message_obj, get_message_obj, set_message_param, enqueue_message, dequeue_message

Modul

Foundation

get_message_queue_param (: : QueueHandle, GenParamName : GenParamValue)

Abfragen der Parameter einer Warteschlange für Nachrichten.

get_message_queue_param fragt die aktuellen Werte der Parameter einer Warteschlange oder Informationen zu ihrem Status ab.

Es können mit einem einzelnen Aufruf von get_message_queue_param mehrere Werte abgefragt werden, indem GenParamName mehrere Parameternamen übergeben werden. Die Parameterwerte werden in GenParamValue in korrespondierender Reihenfolge zu den Parameternamen zurückgegeben.

Es werden folgende Parameternamen unterstützt:

'is_empty': Gibt den Wert *1* zurück, wenn die Warteschlange leer ist, sonst *0*.

'message_num': Gibt die Anzahl der Nachrichten zurück, die aktuell in der Warteschlange eingereiht sind.

'max_message_num': Gibt den aktuellen Wert für die maximale Anzahl von Nachrichten zurück, die in einer Warteschlange eingereiht werden können. Dieser Wert kann mit set_message_queue_param eingestellt werden. Die Voreinstellung *-1* bedeutet, dass eine unbegrenzte Anzahl von Nachrichten eingereiht werden kann.

Parameter

▷ **QueueHandle** (input_control) . . . . . message_queue ⇝ *handle*
Warteschlangenobjekt.
Parameteranzahl: QueueHandle == 1
Restriktion: QueueHandle != 0

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Parameternamen.
Parameteranzahl: GenParamName == GenParamValue
Default: 'max_message_num'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'is_empty', 'message_num', 'max_message_num'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *string* / integer / real
Abgefragte Parameterwerte.
Parameteranzahl: GenParamName == GenParamValue

Beispiel

```
create_message_queue (QueueHandle)
set_message_queue_param ( QueueHandle, 'max_message_num', 10)
* ...
get_message_queue_param( QueueHandle, 'message_num', Num)
```

Ergebnis

Wenn alle Parameter gültig sind liefert `get_message_queue_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_message_queue`, `enqueue_message`, `dequeue_message`

Siehe auch

`create_message_queue`, `clear_message_queue`, `enqueue_message`, `dequeue_message`, `set_message_queue_param`, `create_message`, `clear_message`, `set_message_tuple`, `get_message_tuple`, `set_message_obj`, `get_message_obj`

Modul

Foundation

get_message_tuple (: : MessageHandle, Key : TupleData)

Zurückgeben der in einer Nachricht über einen Schüssel referenzierten Tupeldaten.

`get_message_tuple` fragt aus einer Nachricht `MessageHandle` die mit einem Schlüssel `Key` assoziierten Tupeldaten `TupleData` ab. Die Tupeldaten müssen zuvor mit Hilfe des Operators `set_message_tuple` in dem Nachrichtenobjekt abgespeichert worden sein.

Falls der spezifizierte Schlüssel `Key` nicht in dem Nachrichtenobjekt hinterlegt ist oder der mit ihm verbundene Eintrag kein Datentupel sondern ein ikonisches Objekt ist, schlägt `get_message_tuple` fehl. Die gespeicherten Schlüssel und die Information über die von ihnen referenzierten Daten kann über den Operator `get_message_param` abgefragt werden.

Parameter

▷ **MessageHandle** (input_control) . . . . . message ⇝ *handle*
Nachrichtenobjekt.
Parameteranzahl: MessageHandle == 1
Restriktion: MessageHandle != 0

▷ **Key** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer
Schlüsselwort oder Integer.
Parameteranzahl: Key == 1

▷ **TupleData** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *string* / integer / real / handle
Vom Schlüssel referenzierte Tupeldaten.

Beispiel

```
* ...
get_message_param (Message,'key_exists',['simple_string','foo','my_image'],\
                   KeysPresence)
get_message_param (Message,'key_data_type',['simple_string','my_image'],\
                   KeysType)
get_message_tuple (Message,'simple_string',TupleString)
```

Ergebnis

Im Erfolgsfall gibt `get_message_tuple` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Mögliche Fehler sind ungültige Parameter (Nachrichtenobjekt oder Schlüssel), Abwesenheit des Schlüssels in der Nachricht oder wenn der Schüssel andere Datentypen als ein Datentupel referenziert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`dequeue_message`

Alternativen

`get_message_obj`

Siehe auch

`create_message`, `clear_message`, `set_message_tuple`, `set_message_obj`, `get_message_obj`, `set_message_param`, `get_message_param`, `enqueue_message`, `dequeue_message`

Modul

Foundation

get_threading_attrib (: : ThreadingHandle : ThreadingClass, AttribName, AttribValue)

Abfragen der Attribute eines Thread-/Synchronisationsobjekts.

`get_threading_attrib` bestimmt den Typ und die Attribute des Threading-Objektes welches dem Parameter `ThreadingHandle` übergeben wurde.

Parameter

▷ **ThreadingHandle** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Threading Objekt.

▷ **ThreadingClass** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Klassenbezeichnung des Threading-Objektes.

▷ **AttribName** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Name des Attributs.

▷ **AttribValue** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *string* / integer / real
Wert des Attributs.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_threading_attrib` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`create_mutex`, `create_event`, `create_condition`, `create_barrier`

Siehe auch

`create_mutex`, `create_event`, `create_condition`, `create_barrier`

Modul

Foundation

interrupt_operator (: : HThreadID, Mode :)

Abbrechen eines in einem anderen Thread laufenden Operators.

`interrupt_operator` versucht den derzeit im Thread `HThreadID` laufenden Operator zu unterbrechen. Wenn der derzeit laufende Operator unterbrechbar ist, wird er die Ausführung auf die in `Mode` gesetzte Art abbrechen (siehe Unten). Wenn der derzeit laufende Operator nicht unterbrechbar ist, oder wenn derzeit kein Operator in `HThreadID` läuft, hat `interrupt_operator` keine Auswirkung. Insbesondere wird die Ausführung späterer Operatoren nicht beeinflusst.

Das einen Thread repräsentierende Handle kann mittels `get_current_hthread_id` ermittelt werden.

`interrupt_operator` unterstützt momentan nur eine Art von Unterbrechung, die in `Mode` gesetzt werden kann. Es ist zu beachten, dass der im anderen Thread laufende, abzubrechende Operator die entsprechende Unterbrechbarkeit ebenfalls unterstützen muss. Ob ein Operator unterbrechbar ist, und welche Arten der Unterbrechbarkeit er unterstützt, kann im Abschnitt Äusführungsinformationen"in der Referenzdokumentation des Operators eingesehen oder mit Hilfe des Parameters *'interrupt_mode'* des Operators `get_operator_info` ausgelesen werden.

Einige Operatoren, für die in der Referenzdokumentation keine Unterbrechbarkeit angegeben ist, können dennoch an einigen Stellen ihrer Ausführung unterbrochen werden. Derartige Unterbrechbarkeiten sind allerdings nicht garantiert und können sich zwischen verschiedenen HALCON-Versionen ohne weitere Ankündigung verändern.

'cancel': Bricht die Ausführung des Operators ab. Alle eventuell bisher berechneten Zwischenergebnisse werden verworfen und der Operator gibt den Fehlercode H_ERR_CANCEL (22) zurück.

Achtung

Nicht alle Operatoren sind unterbrechbar. Wenn ein Operator unterbrechbar ist, ist dies im Abschnitt über Ausführungsinformationen in dessen Referenzdokumentation vermerkt.

Es gibt keine Garantie über die Granularität der Unterbrechungen. Diese kann vom Operator, dessen Eingabedaten und dem ausführenden System abhängen. Üblicherweise ist die Granularität besser als 10 ms.

Parameter

▷ **HThreadID** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Zu unterbrechender Thread.

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Unterbrechung.
Default: 'cancel'
Werteliste: `Mode` ∈ {'cancel'}

Beispiel

```
global tuple HThreadID
get_current_hthread_id (HThreadID)
* call some slow operator...

* In a different thread
wait_seconds(2)
* Interrupt the long-running operator in the other thread
interrupt_operator (HThreadID, 'cancel')
```

Ergebnis

Wenn alle Parameter gültig sind liefert `interrupt_operator` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`get_current_hthread_id`

Alternativen

`set_operator_timeout`

Siehe auch

`get_current_hthread_id`, `set_operator_timeout`

Modul

Foundation

`lock_mutex` (: : MutexHandle :)

Sperren eines Mutex-Synchronisationsobjektes.

`lock_mutex` sperrt den Mutex, gegeben durch `MutexHandle`. Falls der Mutex gerade frei ist, wird er unverzüglich gesperrt und gehört dem aufrufenden Thread. `lock_mutex` kehrt in diesem Fall sofort zurück. Falls der Mutex bereits durch einen anderen Thread gesperrt wurde, wartet der aufrufende Thread solange, bis der Mutex frei ist. Die Art, wie gewartet wird, bestimmen die Attribute des Mutex, wie sie während der Initialisierung in `create_mutex` gesetzt wurden.

Parameter

▷ **`MutexHandle`** (input_control) ..... mutex ⇝ *handle*
Mutex-Synchronisationsobjekt.

Ergebnis

Ist der Parameterwert korrekt, dann liefert `lock_mutex` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_mutex`

Nachfolger

`unlock_mutex`

Siehe auch

`try_lock_mutex`

Modul

Foundation

read_message (: : FileName, GenParamName, GenParamValue : MessageHandle)

Lesen einer Nachricht aus einer Datei.

`read_message` liest aus der durch `FileName` gegebenen Datei eine mit `write_message` abgespeicherte Nachricht ein. Die Dateiendung für die Nachricht ist in HALCON 'hmsg'.

Parameter

- ▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
  Dateiname der zu lesenden Datei.
  Dateiendung: `.hmsg`
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
  Name des generischen Parameters.
  Default: []
  Werteliste: `GenParamName` ∈ {'name'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string* / integer / real
  Wert des generischen Parameters.
  Default: []
- ▷ **MessageHandle** (output_control) . . . . . message ⇝ *handle*
  Nachrichtenobjekt.
  Parameteranzahl: MessageHandle == 1
  Zusicherung: MessageHandle != 0

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_message` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`write_message`

Siehe auch

`write_message`, `serialize_handle`, `deserialize_handle`

Modul

Foundation

set_message_obj (ObjectData : : MessageHandle, Key :)

Hinzufügen eines Schlüssel-Objekt-Paares zu einem Nachrichtenobjekt.

set_message_obj speichert in einer Nachricht ähnlich zu einem assoziativem Array ein ikonisches Objekt in Verbindung mit einem Schlüssel ab. Das Nachrichtenobjekt wird im Parameter MessageHandle übergeben.

ObjectData wird durch die Operation kopiert (vgl. copy_obj) und kann daher anschließend ohne Seiteneffekte weiterverwendet oder gelöscht werden. Sowohl leere Objekte als auch ikonische Tupelobjekte sind zulässig und können von einem Schlüssel referenziert werden. Falls bereits Daten (Tupel oder Objekt) durch den gegebenen Schlüssel referenziert werden, werden die alten Daten freigegeben und durch ObjectData ersetzt.

Key ist ein String oder ein Integer, wobei bei Strings die Groß-/Kleinschreibung beachtet wird.

Die ikonischen Objekte für den übergebenen Schlüssel können mit Hilfe des Operators get_message_obj aus dem Nachrichtenobjekt wieder ausgelesen werden.

Parameter

- ▷ **ObjectData** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
  Vom Schlüssel zu referenzierendes ikonisches Objekt.
- ▷ **MessageHandle** (input_control) ..... message ⇝ *handle*
  Nachrichtenobjekt.
  Parameteranzahl: MessageHandle == 1
  Restriktion: MessageHandle != 0
- ▷ **Key** (input_control) ..... string ⇝ *string* / integer
  Schlüsselwort oder Integer.
  Parameteranzahl: Key == 1

Beispiel

```
create_message (Message)
read_image( Image, 'filename')
set_message_obj (Image, Message, 'my_image')
```

Ergebnis

Im Erfolgsfall gibt set_message_tuple den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Mögliche Fehler sind ungültige Parameter (Nachrichtenobjekt oder Schlüssel) oder ein Allokierungsfehler.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MessageHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_message

Nachfolger

enqueue_message, set_message_tuple

Alternativen

set_message_tuple

Siehe auch

create_message, clear_message, set_message_tuple, get_message_tuple, get_message_obj, set_message_param, get_message_param, enqueue_message, dequeue_message

Modul

Foundation

set_message_param (: : MessageHandle, GenParamName, Key, GenParamValue :)

Setzen von Parametern oder Ausführen von Kommandos auf einer Nachricht.

set_message_param kann Parameter einer Nachricht setzen oder Aktionen auf dieser Nachricht ausführen.

Jeder Aufruf von set_message_param darf nur einen einzelnen Parameternamen in GenParamName enthalten. Es gibt zwei unterschiedliche Arten von Parametern/Aktionen:

- Parameter/Aktionen, die auf die gesamte Nachricht angewendete werden können. In diesem Fall dürfen keine Schlüssel spezifiziert werden, d.h. es muss dem Parameter Key ein leeres Tupel übergeben werden.
- Parameter/Aktionen, die auf einzelne Schlüssel angewendet werden. In diesem Fall muss eine Tupel von Schlüsseln dem Parameter Key übergeben werden. Die Schlüssel werden dann in der selben Reihenfolge abgearbeitet in der sie im Parameter Key spezifiziert wurden.

Parameternamen, die unabhängig von Schlüsseln angewendet werden:

'remove_all_keys': Entfernt alle Schlüssel die aktuell in der Nachricht gespeichert sind und gibt die von den Schlüsseln referenzierten ikonischen Objekten oder Tupeldaten frei. Als Ergebnis erhält man eine leere Nachricht. Der Parameter GenParamValue wird in diesem Fall ignoriert, während für Key ein leeres Tupel übergeben werden muss.

Parametername, die Schlüssel-spezifisch angewendet werden:

'remove_key': Entfernt die Schlüssel welche im Parameter Key spezifiziert werden und gibt die vom Schlüssel referenzierten ikonischen Objekten oder Tupeldaten frei. Falls ein Fehler während der Verarbeitung eines oder mehrerer Schlüssel auftritt, wird versucht so weit wie möglich alle weiteren Schlüssel zu entfernen bevor der Operator mit dem Fehler zurückkehrt. Der Parameter GenParamValue wird in diesem Fall ignoriert.

Parameter

▷ **MessageHandle** (input_control) . . . . . message ⇝ *handle*
Nachrichtenobjekt.
Parameteranzahl: MessageHandle == 1
Restriktion: MessageHandle != 0

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Parameters oder der Aktion.
Parameteranzahl: GenParamName == 1
Default: 'remove_key'
Werteliste: GenParamName ∈ {'remove_key', 'remove_all_keys'}

▷ **Key** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer
Schlüssel auf den der Parameter/die Aktion angewendet wird.

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte des Parameters oder der Aktion.

Beispiel

```
* Remove some keys
set_message_param (Message, 'remove_key', ['my_image', 'simple_string'], [])
```

Ergebnis

Im Erfolgsfall gibt set_message_param den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MessageHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

dequeue_message, create_message

Nachfolger

enqueue_message, clear_message

Siehe auch

create_message, clear_message, set_message_tuple, get_message_tuple, set_message_obj, get_message_obj, get_message_param, enqueue_message, dequeue_message

Modul

Foundation

set_message_queue_param (: : QueueHandle, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen von Parametern für eine Warteschlange von Nachrichten.

set_message_queue_param setzt Parameter für eine Warteschlange von Nachrichten oder führt Aktionen auf einer solchen aus.

GenParamName können mehrere Parameter und Aktionen und in GenParamValue die korrespondierenden Werte übergeben werden. Dabei müssen stets die gleiche Anzahl von Parameternamen und Werten übergeben werden und die Reihenfolge der Werte muss mit der der Namen übereinstimmen. Die Parameter und Aktionen werden in der Reihenfolge abgearbeitet, in der sie in einem Tupel dem Parameter GenParamName übergeben wurden. Dabei kann im Falle von Aktionsparameter der Effekt eines früheren Aktionsparameters nicht rückgängig gemacht werden, wenn eine spätere Aktion fehlschlagen sollte.

Folgende Parameternamen werden unterstützt:

'abort_dequeuing': Bricht alle dequeue_message Operator ab, die in beliebigen Threads auf Nachrichten warten. Die abgebrochenen Aufrufe von dequeue_message geben den Fehler H_ERR_MQCNCL zurück. Jeder weitere zukünftige Aufruf von dequeue_message kehrt sofort mit dem Fehler H_ERR_MQCNCL zurück, unabhängig vom Status der Warteschlange.

Diese Aktion wird typischerweise verwendet bevor die Warteschlange aufgeräumt wird. Denn es ist nicht erlaubt die Warteschlange über clear_message_queue frei zu geben, während sie noch von anderen Operatoren verwendet wird. Daher ist es in der Regel notwendig, nach der Aktion *'abort_dequeuing'* auf die Beendigung der Threads zu warten, um sicherzustellen, dass kein Operator das Warteschlangenobjekt mehr verwenden kann.

Die Aktion wirkt sich jedoch nicht auf die Nachrichtenobjekte aus, die in der Warteschlange gespeichert sind. Der Effekt, dass auch alle weiteren Aufruf von dequeue_message abgebrochen werden, kann mit Hilfe der Aktion *'restore_queue'* wieder aufgehoben werden.

Der korrespondierende Parameterwert der Aktion muss den Integerwert *1* haben.

'restore_queue': Hebt die Auswirkungen einer vorangegangenen *'abort_dequeuing'* Aktion wieder auf. Dies bedeutet, dass der nächste Aufruf von dequeue_message wieder Nachrichtenobjekte aus der Warteschlange empfangen wird.

Der korrespondierende Parameterwert der Aktion muss den Integerwert *1* haben.

'flush_queue': Leert die Warteschlange. Alle sich in der Warteschlange befindenden Nachrichten werden aus der Warteschlange entfernt und alle damit verbundenen Ressourcen freigegeben, insbesondere die im Nachrichtenobjekt gespeicherten Tupel und Objektdaten.

Der korrespondierende Parameterwert der Aktion muss den Integerwert *1* haben.

'max_message_num': Setzt die maximale Anzahl von Nachrichten, die eine Warteschlange zu einem Zeitpunkt enthalten kann. Der Aufruf des Operators enqueue_message gibt dann den Wert H_ERR_MQOVL zurück, wenn die Warteschlange nach der Operation mehr Nachrichten enthalten würde als das gesetzte Maximum.

Das Setzen des Parameters *'max_message_num'* hat jedoch keine Auswirkung auf bereits eingereihte Nachrichtenobjekte. D.h. es werden durch diese Aktion keine Nachrichten aus der Warteschlange entfernt.

Der Parameterwert in `GenParamValue` kann ein positiver Integerwert oder *-1* sein, falls die Größe der Warteschlange nicht limitiert sein soll (Default). Der String *'infinite'* wird ebenfalls akzeptiert.

Parameter

▷ **`QueueHandle`** (input_control) . . . . . message_queue ⇝ *handle*
Warteschlangenobjekt.
Parameteranzahl: QueueHandle == 1
Restriktion: QueueHandle != 0

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Namen der Parameter oder Aktionen.
Parameteranzahl: GenParamName == GenParamValue
Default: 'max_message_num'
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'abort_dequeuing', 'restore_queue', 'flush_queue', 'max_message_num'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *string* / integer / real
Werte zu den Parameternamen oder Aktionen.
Parameteranzahl: GenParamName == GenParamValue
Default: 1
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {1, -1}

Beispiel

```
* abort waiting dequeue_message operators
set_message_queue_param (Queue, 'abort_dequeuing', 1)
```

Ergebnis

Im Erfolgsfall gibt `set_message_queue_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_message_queue`

Nachfolger

`clear_message_queue`

Siehe auch

`create_message_queue`, `clear_message_queue`, `enqueue_message`, `dequeue_message`, `get_message_queue_param`, `create_message`, `clear_message`, `set_message_tuple`, `get_message_tuple`, `set_message_obj`, `get_message_obj`

Modul

Foundation

`set_message_tuple ( : : MessageHandle, Key, TupleData : )`

Hinzufügen eines Schlüssel-Tupeldaten-Paares zu einer Nachricht.

`set_message_tuple` speichert in einer Nachricht ähnlich zu einem assoziativem Array ein Datentupel in Verbindung mit einem Schlüssel ab. Das Nachrichtenobjekt wird durch den Parameter `MessageHandle` referenziert.

`TupleData` wird in das Nachrichtenobjekt kopiert und kann anschließend weiterverwendet oder gelöscht werden. Ein leeres Tupel ist ebenfalls ein gültiger Wert, der mit einem Schlüssel referenziert werden kann. Falls bereits

Daten (Tupel oder Objekt) durch den gegebenen Schlüssel referenziert werden, werden die alten Daten freigegeben und durch TupleData ersetzt.

Key ist ein String oder ein Integer, wobei bei Strings die Groß-/Kleinschreibung beachtet wird.

Die Tupeldaten für den übergebenen Schlüssel können mit Hilfe des Operators get_message_tuple aus dem Nachrichtenobjekt wieder ausgelesen werden.

Achtung

Falls TupleData Handles enthält, werden nur die Handle-Werte kopiert, nicht aber die Objekte welche die Handles referenzieren.

Parameter

- ▷ **MessageHandle** (input_control) . . . . . message ⇝ *handle*
  Nachrichtenobjekt.
  Parameteranzahl: MessageHandle == 1
  Restriktion: MessageHandle != 0
- ▷ **Key** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer
  Schlüsselwort oder Integer.
  Parameteranzahl: Key == 1
- ▷ **TupleData** (input_control) . . . . . tuple-array ⇝ *string* / integer / real / handle
  Vom Schlüssel zu referenzierende Tupeldaten.

Beispiel

```
create_message (Message)
set_message_tuple (Message, 'simple_integer', 27)
set_message_tuple (Message, 'simple_string', 'Hello world')
set_message_tuple (Message, 'mixed_tuple', ['The answer', 42])
```

Ergebnis

Im Erfolgsfall gibt set_message_tuple den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Mögliche Fehler sind ungültige Parameter (Nachrichtenobjekt oder Schlüssel) oder ein Allokierungsfehler.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- MessageHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_message

Nachfolger

enqueue_message, set_message_obj

Alternativen

set_message_obj

Siehe auch

create_message, clear_message, get_message_tuple, set_message_obj, get_message_obj, set_message_param, get_message_param, enqueue_message, dequeue_message

Modul

Foundation

signal_condition (: : ConditionHandle :)

Signalisieren eines Condition Synchronisationsobjektes.

signal_condition weckt einen der Threads auf, die auf die Condition Variable ConditionHandle warten. Falls kein Thread wartet, ist signal_condition wirkungslos. Warten mehrere Threads auf das Signalisieren von ConditionHandle, wird genau ein Thread von ihnen aufgeweckt, wobei es nicht spezifiziert ist welcher.

Parameter

▷ **ConditionHandle** (input_control) . . . . . condition ⇝ *handle*
Condition-Synchronisationsobjekt.

Ergebnis

Ist der Parameterwert korrekt, dann liefert signal_condition den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_condition, wait_condition

Siehe auch

wait_condition, timed_wait_condition

Modul

Foundation

signal_event (: : EventHandle :)

Entsperren eines Event-Synchronisationsobjektes.

signal_event gibt das Event gegeben durch EventHandle frei. Das Signalisieren eines Events, das bereits signalisiert ist hat keinen Effekt.

Parameter

▷ **EventHandle** (input_control) . . . . . event ⇝ *handle*
Event-Synchronisationsobjekt.

Ergebnis

Ist der Parameterwert korrekt, dann liefert signal_event den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

wait_event

Nachfolger

wait_event, clear_event

Modul

Foundation

timed_wait_condition (: : ConditionHandle, MutexHandle, Timeout :)

Begrenztes Warten auf das Signal eines Condition-Synchronisationsobjektes.

timed_wait_condition gibt MutexHandle frei und wartet auf das Signalisieren von ConditionHandle. Wie bei wait_condition geschehen Freigabe und Warten atomar, jedoch kann die Dauer des Wartens begrenzt werden. Falls ConditionHandle nicht während der von Timeout vorgegebenen Zeit (in Mikrosekunden) signalisiert wurde, wird der Mutex MutexHandle wieder gesperrt und timed_wait_condition wirft den Fehler H_ERR_TIMEOUT.

Negative Werte für Timeout bedeuten ein unendlich langes Warten.

Parameter

- ▷ **ConditionHandle** (input_control) ..... condition ⇝ *handle*
  Condition-Synchronisationsobjekt.
- ▷ **MutexHandle** (input_control) ..... mutex ⇝ *handle*
  Mutex-Synchronisationsobjekt.
- ▷ **Timeout** (input_control) ..... number ⇝ *integer*
  Timeout in Mikrosekunden.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert timed_wait_condition den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Kommt es zu einer Zeitüberschreitung, wird der Wert H_ERR_TIMEOUT zurück gegeben.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

signal_condition, clear_condition

Modul

Foundation

try_lock_mutex (: : MutexHandle : Busy)

Sperren eines Mutex-Synchronisationsobjektes, wenn er frei ist.

try_lock_mutex verhält sich identisch zu lock_mutex, bis auf dass der aufrufende Thread nicht blockiert, wenn der Mutex bereits gesperrt ist. Der Aufruf kommt in jedem Fall sofort zurück und enthält im Parameter Busy den Zustand des Mutexes vor dem Versuch ihn zu sperren. *1* bedeutet, dass der Mutex bereits gesperrt ist, *0*, dass der Mutex frei war und nun durch den aufrufenden Thread gesperrt wurde.

Parameter

- ▷ **MutexHandle** (input_control) ..... mutex ⇝ *handle*
  Mutex-Synchronisationsobjekt.
- ▷ **Busy** (output_control) ..... number ⇝ *integer*
  Mutex bereits gesperrt?

Ergebnis

Ist der Parameterwert korrekt, dann liefert try_lock_mutex den Wert 2 (H_MSG_TRUE).Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_mutex`

Nachfolger

`unlock_mutex`

Siehe auch

`lock_mutex`

Modul

Foundation

try_wait_event (: : EventHandle : Busy)

Sperren eines Event-Synchronisationsobjektes wenn es frei ist.

`try_wait_event` verhält sich identisch zu `wait_event`, bis auf dass der aufrufende Thread nicht blockiert, wenn er warten muss, bis das Eventobjekt signalisiert wird. Der Aufruf kommt in jedem Fall sofort zurück und enthält im Parameter `Busy` den Zustand des Events vor dem Versuch ihn zu sperren. *1* bedeutet, dass das Event bereits gesperrt ist, *0*, dass das Event signalisiert war und nun durch den aufrufenden Thread gesperrt wurde.

Parameter

- ▷ **EventHandle** (input_control) ..... event ⇝ *handle*
  Event-Synchronisationsobjekt.
- ▷ **Busy** (output_control) ..... number ⇝ *integer*
  Objekt bereits gesperrt?

Ergebnis

Ist der Parameterwert korrekt, dann liefert `try_wait_event` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_event`

Nachfolger

`signal_event`

Siehe auch

`wait_event`

Modul

Foundation

unlock_mutex (: : MutexHandle :)

Entsperren eines Mutex-Synchronisationsobjektes.

`unlock_mutex` gibt das Mutexobjekt, gegeben in Parameter `MutexHandle`, frei. Der Mutex muss dem aufrufenden Thread gehören. Der Versuch einen Mutex freizugeben, der nicht dem aufrufenden Thread gehört, ist undefiniertes Verhalten.

Parameter

▷ **MutexHandle** (input_control) ..... mutex ⇝ *handle*
Mutex-Synchronisationsobjekt.

Ergebnis

Ist der Parameterwert korrekt, dann liefert `unlock_mutex` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`lock_mutex`, `try_lock_mutex`

Nachfolger

`lock_mutex`, `try_lock_mutex`, `clear_mutex`

Modul

Foundation

wait_barrier (: : BarrierHandle :)

Warten auf das öffnen eines Barrieren-Synchronisationsobjektes.

`wait_barrier` blockiert den aufrufenden Thread an einer Barriere, gegeben durch `BarrierHandle`, bis die festgelegte Anzahl von Threads die Barriere erreicht haben. Diese Anzahl wird durch den Parameter `TeamSize` während des Anlegens des Barriere-Objektes in `create_barrier` spezifiziert.

Parameter

▷ **BarrierHandle** (input_control) ..... barrier ⇝ *handle*
Barriere-Synchronisationsobjekt.

Ergebnis

Ist der Parameterwert korrekt, dann liefert `wait_barrier` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`clear_barrier`

Modul

Foundation

wait_condition (: : ConditionHandle, MutexHandle :)

Warten auf das Signal eines Condition-Synchronisationsobjektes.

`wait_condition` gibt den Mutex, gegeben durch `MutexHandle`, frei (vergleiche `unlock_mutex`) und wartet bis die Condition-Variable `ConditionHandle` signalisiert wird. Freigeben und Warten geschehen atomar. Die Threadausführung wird unterbrochen und verursacht keine Prozessorlast, bis die Condition signalisiert wird. Der Mutex muss bei der Übergabe zu `wait_condition` vom aufrufenden Thread gesperrt sein. Bevor der Operator wieder zum aufrufenden Thread zurückkehrt, wird der Mutex wieder gesperrt (vergleiche `lock_mutex`).

Wenn der Programmierer dafür sorgt, dass alle Threads stets den Mutex sperren bevor sie die Condition signalisieren, dann ist sichergestellt, dass eine Condition nicht zwischen dem Zeitpunkt des Sperren eines Mutexes und dem Warten auf eine Condition signalisiert (und somit ignoriert) werden kann.

Parameter

▷ **ConditionHandle** (input_control) . . . . . condition ⇝ *handle*
Condition-Synchronisationsobjekt.

▷ **MutexHandle** (input_control) . . . . . mutex ⇝ *handle*
Mutex-Synchronisationsobjekt.

Ergebnis

Ist der Parameterwert korrekt, dann liefert `wait_condition` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`signal_condition`, `clear_condition`

Modul

Foundation

wait_event (: : EventHandle :)

Sperren eines Event-Synchronisationsobjektes.

`wait_event` wartet, bis das Eventobjekt in `EventHandle` signalisiert wurde. Wenn das Event signalisiert wurde, setzt `wait_event` den Zustand automatisch wieder auf gesperrt und kehrt zum Aufrufer zurück. Die Art des Wartens hängt von den Attributen des Events ab, die während der Initialisierung in `create_event` gesetzt wurden.

Parameter

▷ **EventHandle** (input_control) . . . . . event ⇝ *handle*
Event-Synchronisationsobjekt.

Ergebnis

Ist der Parameterwert korrekt, dann liefert `wait_event` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_event`

Nachfolger

`signal_event`

Modul

Foundation

write_message (: : MessageHandle, FileName, GenParamName, GenParamValue :)

Abspeichern einer Nachricht in einer Datei.

write_message speichert die Nachricht MessageHandle in der Datei FileName ab. Die Dateiendung für die Nachricht ist in HALCON 'hmsg'.

Wenn MessageHandle ein Handle enthält, das nicht serialisiert werden kann oder das schon freigegeben wurde, bricht write_message standardmäßig mit einer Fehlermeldung ab. Dieses Verhalten kann durch Setzen von GenParamName auf *'raise_error_if_content_not_serializable'* verändert werden, der zugehörige GenParamValue kann folgende Werte annehmen:

'true': Der Default: Fehler werden geworfen und der Schreibprozess abgebrochen.

'low_level': Nur Low-Level-Fehler werden geworfen. Anstatt des betreffenden Handles wird ein leeres Handle in FileName geschrieben und der Schreibprozess weitergeführt. Der Umgang mit HALCON Low-Level-Fehlern wird durch *'do_low_error'* in set_system bestimmt.

'false': Es werden keine Fehler geworfen. Anstatt des betreffenden Handles wird ein leeres Handle in FileName geschrieben und der Schreibprozess weitergeführt.

Parameter

▷ **MessageHandle** (input_control) . . . . . message ⇝ *handle*
Nachrichtenobjekt.
Parameteranzahl: MessageHandle == 1
Restriktion: MessageHandle != 0

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Dateiname der zu lesenden Datei.
Dateiendung: .hmsg

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'raise_error_if_content_not_serializable'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string* / integer / real
Wert des generischen Parameters.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'true', 'false', 'low_level'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert write_message den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_message, deserialize_handle, create_message

Nachfolger

read_message

Siehe auch

read_message, serialize_handle, deserialize_handle

Modul

Foundation

26.8 Parallelisierung

```
get_aop_info ( : : OperatorName, IndexName, IndexValue,
    InfoName : InfoValue )
```

Abfragen von Informationen über HALCONs automatische Operator-Parallelisierung.

HALCON unterstützt einen Mechanismus, um das Verhalten der automatischen Parallelisierung von Operatoren (AOP) an Mehrprozessorarchitekturen anzupassen und Operatoren zu beschleunigen. Dazu können für jeden Operator, der sich auf Tupel-, Kanal- oder Domain-Ebene parallelisieren lässt, mit Hilfe von `optimize_aop` Abhängigkeiten des Laufzeitverhaltens von der Hardware und Eingabeparametern ermittelt werden. Der Operator `get_aop_info` liest Elemente dieser Informationen, während diese durch den Operator `set_aop_info` verändert werden können.

Um die operatorspezifischen Informationen adressieren zu können, sind die Daten in einer 3-stufigen Hierarchie indizierbar, die sich mit `query_aop_info` abfragen lässt. Die drei Indizierungsstufen setzen sich durch den Operatornamen, den ikonischen Bildtyp und optional einen Parameterstring zusammen, der einen speziellen Modus oder Methode des Operators spezifiziert. Während der Operatorname in `OperatorName` übergeben wird, definieren `IndexName` und `IndexValue` die letzteren beiden Indizes. `IndexName` erhält dabei die Indexkennung, `IndexValue` den Indexwert, wie sie von `query_aop_info` zurückgegeben werden.

`get_aop_info` gibt die spezifizierten Elemente des AOP-Wissens eines Operators in `InfoValue` zurück. Die Art der Information kann mit dem Parameter `InfoName` aus folgenden Werten gewählt werden:

'max_threads' gibt die größte zulässige Threadanzahl zurück, mit der der Operator parallelisiert werden darf. Wenn keine Daten vorhanden sind enthält `InfoValue` den Wert *-1* (unbeschränkt). Falls der Operator keine automatische Parallelisierung unterstützt, wird der Wert *1* zurückgegeben.

'split_level' gibt alle zulässigen Parallelisierungsebenen für den spezifizierten Operator, ikonischen Typ und Methodenparameter zurück. Mögliche Ebenen sind *'split_tuple'*, *'split_channel'*, *'split_domain'* und *'split_partial'*. Falls keine automatische Parallelisierung unterstützt wird oder alle Ebenen ausgeschaltet wurden, wird ein leerer String zurückgegeben. Um alle Parallelisierungsebenen zu erfahren, die vom Operator prinzipiell unterstützt werden, sollte der Operator `get_operator_info` verwendet werden.

'model' gibt den gespeicherten Modelltyp zurück. Mögliche Werte sind *'threshold'*, *'linear'* und *'mlp'* (siehe hierzu auch die Beschreibung des Operators `optimize_aop`). Falls keine Optimierungsdaten vorliegen wird ein leerer String zurückgegeben.

Parameter

▷ **`OperatorName`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer
Operator, zu dem Information abgefragt werden soll.
Wertevorschläge: `OperatorName` ∈ {'mean_image', 'opening_circle', 'find_shape_model'}

▷ **`IndexName`** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Ikonischer Objekttyp für Information.
Default: ['iconic_type','parameter:0']

▷ **`IndexValue`** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Parameterwert für Information
Parameteranzahl: IndexName == IndexValue
Default: ['byte','']

▷ **`InfoName`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Information.
Default: 'max_threads'
Wertevorschläge: `InfoName` ∈ {'max_threads', 'split_level', 'model'}

▷ **`InfoValue`** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
AOP-Information.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_aop_knowledge` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: exclusive (läuft parallel nur zu unabhängigen Operatoren).
- Multithreading-Bereich: local (kann nur von dem Thread aufgerufen werden, in dem die Fenster-, Modell- oder Tool-Instanz erzeugt wurde).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

optimize_aop (: : OperatorName, IconicType, FileName, GenParamName, GenParamValue :)

Überprüfen der Hardware bezüglich des Potentials zur automatischen Operator-Parallelisierung.

HALCON unterstützt die automatische Parallelisierung (AOP) für eine Reihe von Operatoren. Mit optimize_aop lässt sich eine effiziente Ausführung der Parallelisierung unabhängig von der Rechnerarchitektur gewährleisten. Daher können alle HALCON-Programme ohne Anpassungen an die Multiprozessor-Hardware durch den Benutzer verwendet werden, so dass der Benutzer leicht von dem Potential paralleler Hardware profitiert. Standardmäßig verwendet HALCON einen Thread je Prozessor für die AOP. Allerdings kann abhängig von der Datenmenge und den Parametern eines Operators die Parallelisierung auf allen verfügbaren Threads zu überzogen und ineffizient sein. optimize_aop testet die parallele Datenverarbeitung der Operatoren und optimiert die AOP hinsichtlich der Threadanzahl. Hierfür wird jeder Operator überprüft, wie er sich auf Tupel-, Kanal- oder Domain-Ebene parallelisieren lässt (die partielle Ebene wird nicht betrachtet). Jeder dieser Operatoren wird mehrere Male ausgeführt - sequentiell wie parallel - mit unterschiedlichen Eingabeparametern und wechselnden Bildgrößen. Dadurch können Abhängigkeiten der Laufzeit des Operators von Eingabeparametern und Parallelisierung ermittelt werden. Dies kann bis zu einigen Stunden dauern, abhängig von den Parameterwerten dieses Operators. Für eine korrekte Optimierung ist es wichtig, keine anderen rechenintensiven Anwendungen gleichzeitig auf dem Rechner laufen zu lassen, da dies die Zeitmessungen des Operators stark beeinflussen und zu verfälschten Ergebnissen führen würde.

optimize_aop sammelt eine Menge Informationen für die aktuelle Rechnerarchitektur, die es HALCON im laufenden Betrieb ermöglicht die automatische Parallelisierung zu optimieren. Dieses Wissen über die Hardware kann in einer Binärdatei, gegeben durch FileName, abgespeichert werden und in zukünftigen HALCON-Anwendungen wiederverwendet oder auf andere, ähnliche Rechner übertragen werden. Wenn ein leerer String '' als Dateiname übergeben wird, speichert optimize_aop die gewonnenen Daten in die spezielle HALCON-System-Datei .aop_info unter Linux im HALCON-Installationsverzeichnis (siehe Umgebungsvariable $HALCONROOT) oder unter Windows in das Datenverzeichnis für gemeinsame Anwendungen. Diese Datei wird während der Initialisierungsphase beim Aufruf des ersten HALCON-Operators automatisch ausgelesen. Es ist zu beachten, dass die entsprechenden Zugriffsrechte für Lesen und Schreiben gesetzt sind. optimize_aop überprüft die entsprechenden Zugriffsrechte vor dem Starten des Optimierungsprozesses und gibt im Falle des Scheiterns einen entsprechenden Fehler zurück. Die geschriebene Datei kann durch den Operator read_aop_knowledge wieder gelesen werden.

Es ist ausreichend, optimize_aop einmal auf jedem Rechner auszuführen, auf dem die automatische Operator-Parallelisierung ausgeführt werden soll. Jedoch sollte der Operator erneut gestartet werden, wenn die Hardware des Rechners geändert wird, beispielsweise durch einen neue CPU, einen neuen Speicher oder ein verändertes Betriebssystem. Es ist notwendig optimize_aop einmal für jede neue Laufzeitumgebung auszuführen, da sich das Zeitverhalten von Operatoren geändert haben könnte. Eine Veränderung der Laufzeitumgebung wird verursacht durch einen Wechsel des Betriebssystems, wie zum Beispiel Windows auf Linux, durch unterschiedliche HALCON-Architekturen, unterschiedliche HALCON-Varianten, d.h. HALCON und HALCON XL, oder wenn einen neue HALCON-Version oder -Revision aktualisiert wird. Diese Hardwareabhängigkeiten werden zusammen mit dem Computernamen gemeinsam mit den AOP-Optimierungsdaten in der Datei gespeichert. Diese Attribute ordnen einen gespeicherten AOP-Datensatz einem speziellen Rechner zu und ermöglichen somit, dass AOP-Datensätze von unterschiedlichen Rechnern in der selben Datei gespeichert werden.

optimize_aop unterstützt einen Reihe von Parametern, um das Verhalten der Optimierung zu beeinflussen. Eine Auswahl von Operatornamen kann dem Parameter OperatorName übergeben werden. Dadurch lässt sich der Optimierungsprozess beispielsweise auf Operatoren mit problematischen Laufzeitverhalten beschränken. Wird ein leerer String '' übergeben, werden alle Operatoren getestet. Der Testumfang von ikonischen Typen kann mit Hilfe des Parameters IconicType eingeschränkt werden. Der leere String '' bewirkt, dass alle unterstützten ikonischen Typen eines Operators getestet werden. Zusätzlich kann der Optimierungsprozess mit Hilfe des Parameterpaares

GenParamName und GenParamValue beeinflusst werden. GenParamName definiert dabei den Parameternamen, während GenParamValue den jeweiligen Wert spezifiziert, so dass übergebene Tupel bei beiden Parametern die gleiche Länge haben müssen. Im Folgenden sind für alle Parameternamen von GenParamName alle unterstützten Parameterwerte von GenParamValue beschrieben:

'none' für GenParamName hat keine Funktion, ignoriert aber den Parameter GenParamValue.

'system_mode', *'file_mode'* setzen jeweils die Art und Weise, wie die Informationen im HALCON-System b.z.w. der Datei aktualisiert werden sollen.

- *'truncate'* für GenParamValue löscht alle bestehenden Informationen, bevor das neue Wissen hinzugefügt wird.
- *'renew'* überschreibt bestehendes Wissen und fügt neues hinzu (Standard).
- *'append'* belässt bestehendes Operatorwissen und fügt ausschließlich Wissen hinzu, das noch nicht enthalten ist.
- *'nil'* führt den Optimierungsprozess durch, unterdrückt jedoch die Aktualisierung des Systems b.z.w. der Datei.

'parameters' testet auch laufzeitrelevante Parameter des entsprechenden Operators, falls der korrespondierende Wert in GenParamValue auf *'true'* gesetzt ist. Es werden Parameter berücksichtigt, die bedeutenden Einfluss auf die Laufzeit haben, wie beispielsweise Parameter, die eine Methode oder einen Mode des Operators die Größe eines Filters setzen. *'false'* unterdrückt die Überprüfung der Parameter zu Gunsten eines schnelleren Optimierungsprozesses (Standard).

'model' Setzt das zugrunde liegende Modell vom Laufzeitverhalten des parallelisierten Operators auf der aktuellen Hardware. Die Modelle, die durch den Parameter GenParamValue ausgewählt werden, unterscheiden sich in ihrer Adaptionsfähigkeit an Hardwareeigenheiten und dem Rechenaufwand sie zu bestimmen:

- *'threshold'* ermittelt für einen Operator, ob es sich rentiert, ihn auf der maximalen Threadanzahl zu parallelisieren. Dieses Modell ist standardmäßig auf Dual-Prozessor-Systemen eingestellt.
- *'linear'* spezifiziert ein lineares Skalierungsmodell, um die effizienteste Threadanzahl für einen Operator mit einer gegebene Datenmenge und Parametersatz. Dies ist der Standard auf Multi-Prozessor-Systemen.
- *'mlp'* ist das komplexeste, aber auch das anpassungsfähigste Model. Der Optimierungsprozess kann allerdings abhängig von der verwendeten Hardware einige Stunden dauern.

'timeout' setzt die maximale Ausführungszeit für einen Testoperator. Falls die Laufzeitmessung eines Operators den Timeout überschreitet, wird der Test des Operators abgebrochen. In diesem Fall werden keine Informationen über diesen Operator gespeichert. Der Timeout wird durch GenParamValue in Sekunden definiert. Der Wert *'infinite'* verhindert den Abbruch des Optimierungsprozesses eines Operators (Standard).

'split_level' beschränkt den Optimierungsprozess auf eine bestimmte Parallelisierungsmethode. Der entsprechende Wert in GenParamValue kann einen der folgenden Werte annehmen:

- *'split_domain'* führt die Optimierung auf allen bildverarbeitenden Operatoren durch, die eine Datenparallelisierung auf Domainebene unterstützen.
- *'split_channel'* führt die Optimierung auf allen bildverarbeitenden Operatoren durch, die eine Datenparallelisierung auf Kanalebene unterstützen.
- *'split_tuple'* führt die Optimierung auf allen bildverarbeitenden Operatoren durch, die eine Datenparallelisierung auf Tupelebene unterstützen.

Achtung

Während der Tests muss optimize_aop jeden zu optimierenden Operator mehrere Male aufrufen. Abhängig von den Parameterwerten kann daher die Ausführungszeit von optimize_aop sehr lang sein. Es ist daher für eine korrekte Optimierung essentiell, keine weiteren rechenintensiven Anwendungen gleichzeitig auf dem Rechner laufen zu lassen, da diese die Zeitmessungen für die Optimierung deutlich beeinflussen und zu falschen Ergebnissen führen würden. optimize_aop muss durch entsprechend autorisierte Benutzer aufgerufen werden, damit die gesammelten Informationen dauerhaft gespeichert werden können (Details hierzu finden sich in der obigen Operatorbeschreibung).

Parameter

▷ **OperatorName** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Zu testende Operatoren.
Default: ''

▷ **IconicType** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Zu testende Objekttypen.
Default: ”
Wertevorschläge: IconicType ∈ {”, ’byte’, ’int1’, ’int2’, ’uint2’, ’int4’, ’int8’, ’direction’, ’cyclic’, ’vector_field’, ’complex’, ’region’, ’xld’, ’xld_cont’, ’xld_poly’}

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string* / integer
Dateiname.
Default: ”

▷ **GenParamName** (input_control) ..... string-array ⇝ *string*
Parametername.
Default: ’none’
Wertevorschläge: GenParamName ∈ {’parameters’, ’model’, ’timeout’, ’file_mode’, ’system_mode’, ’split_level’}

▷ **GenParamValue** (input_control) ..... string-array ⇝ *string* / real / integer
Parameterwert.
Parameteranzahl: GenParamName == GenParamValue
Default: ’none’
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {’true’, ’renew’, ’truncate’, ’threshold’, ’linear’, ’mlp’, -1.0}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert read_aop_knowledge den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: exclusive (läuft parallel nur zu unabhängigen Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

query_aop_info (: : OperatorName, IndexName, IndexValue : Name, Value)

Abfragen von Indizierungs-Informationen über HALCONs automatische Operator-Parallelisierung.

HALCON unterstützt einen Mechanismus, um das Verhalten der automatischen Parallelisierung von Operatoren (AOP) an Mehrprozessorarchitekturen anzupassen und Operatoren zu beschleunigen. Dazu können für jeden Operator, der sich auf Tupel-, Kanal- oder Domain-Ebene parallelisieren lässt, mit Hilfe von optimize_aop Abhängigkeiten des Laufzeitverhaltens von der Hardware und Eingabeparametern ermittelt werden und durch die Operatoren get_aop_info und set_aop_info teilweise gelesen oder verändert werden. Um diese operatorspezifischen Informationen adressieren zu können, sind die Daten in einer 3-stufigen Hierarchie indizierbar, die sich mit query_aop_info abfragen lässt. Die drei Indizierungsstufen setzen sich durch den Operatornamen, den ikonischen Bildtyp und optional einen Parameterstring zusammen, der einen speziellen Modus oder Methode des Operators spezifiziert.

Übergibt man in OperatorName einen leeren String ”, werden die Parameter IndexName und IndexValue ignoriert und alle Operatornamen in Value zurückgegeben, für die AOP-Optimierungsdaten vorhanden sind. Name enthält für jeden Operatornamen die entsprechende Indexkennung *’operator’*. Wird ein einzelner Operatorname mit OperatorName spezifiziert und ein leerer String ” den Parametern IndexName und IndexValue übergeben, werden alle ikonischen Typen erfragt, für die der Operator Informationen vorhält. Value enthält den ikonischen Typ in Form eines Strings, Name die Indexkennung *’iconic_type’*. Schließlich können die Parameterkennungen für einen ikonischen Typ eines Operators erfragt werden, wenn OperatorName den Operatornamen, IndexName die Kennung *’iconic_type’* und IndexValue den bestimmten ikonischen Typ enthält. Name enthält dann die Parameterkennung, Value den entsprechenden Parameterwert des Operators, der eine spezielle Methode beschreibt Das Format des Strings der Parameterkennung setzt sich aus dem String *’parameter’* zusammen, gefolgt von einem Doppelpunkt-Trennzeichen *’:’* und einer Zahl, die die Parameterposition unter den Eingabe-Kontrollparameter des Operators beschreibt (beginnend bei 1). Falls der Operator keinen Methode-Parameter unterstützt oder keine parameterspezifischen Informationen für den Operator mit optimize_aop ermittelt wurden,

wird der String *'parameter:0'* für `Name` zurückgegeben, während `Value` einen leeren String enthält. Falls jedoch keine AOP-Informationen für die spezifizierte Kennung vorliegen, enthält `Name` einen leeren String.

Parameter

- ▷ **`OperatorName`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer
  Operator für AOP-Information.
  Default: ”
- ▷ **`IndexName`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer
  Indizierungsname.
  Default: ”
  Wertevorschläge: `IndexName` ∈ {”, 'iconic_type'}
- ▷ **`IndexValue`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer
  Adressierungswert.
  Parameteranzahl: IndexName == IndexValue
  Default: ”
  Wertevorschläge: `IndexValue` ∈ {”, 'byte', 'int1', 'int2', 'uint2', 'int4', 'int8', 'direction', 'cyclic', 'vector_field', 'complex', 'region', 'xld', 'xld_cont', 'xld_poly'}
- ▷ **`Name`** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Nächster Indizierungsname.
- ▷ **`Value`** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
  Zugehöriger Adressierungswert.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_aop_knowledge` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: exclusive (läuft parallel nur zu unabhängigen Operatoren).
- Multithreading-Bereich: local (kann nur von dem Thread aufgerufen werden, in dem die Fenster-, Modell- oder Tool-Instanz erzeugt wurde).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

`read_aop_knowledge` `( : : FileName, GenParamName, GenParamValue : Attributes, OperatorNames )`

Laden von Informationen über das hardwareabhängige Verhalten der automatischen Operator-Parallelisierung.

`read_aop_knowledge` wird verwendet, um die automatische Operator-Parallelisierung (AOP) der HALCON-Operatoren zu unterstützen. HALCON verwendet intern einen Parallelisierungsmechanismus, um Mehrprozessorarchitekturen besser zu nutzen und die Bearbeitungsdauer von Operatoren zu verkürzen. Um diese Parallelisierung automatisch, optimiert durchführen zu können, benötigt HALCON spezielles Wissen über die verwendete Hardware bzw. über deren Potential, die verschiedenen HALCON-Operatoren parallel zu verarbeiten. Dieses Wissen ist rechnerspezifisch und kann mit dem Operator `optimize_aop` und `write_aop_knowledge` trainiert und abgespeichert werden.

Mit `read_aop_knowledge` ist es möglich, dieses Wissen explizit aus einer Binärdatei zu laden. Dabei definiert `FileName` den Namen der Datei mit Pfad und Dateierweiterung. Falls ein leerer String ” übergeben wird, liest HALCON die Informationen aus der spezifischen Datei `.aop_info` im HALCON Installationsverzeichnis (Linux) oder aus dem gemeinsamen Datenverzeichnis für Anwendungen (Windows). Diese Datei wird auch von HALCON automatisch während der Initialisierungsphase gelesen, kann aber mit `read_aop_knowledge` leicht wieder eingelesen werden und so das gespeicherte Wissen gegebenenfalls wieder restaurieren. Die Art und Weise wie das gelesene Wissen die vorhandene Systeminformation aktualisiert, kann mit Hilfe des Parameterpaares `GenParamName` und `GenParamValue` gesteuert werden. Dabei muss jeder Wert in `GenParamName` einen korrespondierenden Definitionswert in `GenParamValue` haben. D.h. die Länge der Parameterarrays muss gleich groß sein.

'ignore_attrib' für GenParamName ermöglicht es, das Überprüfen der Wissensattribute zu beeinflussen. Beispielsweise überprüft read_aop_knowledge während des Lesens, ob der Inhalt der Datei den aktuell verwendeten Computer, die HALCON-Version, -Revision und -Architektur betrifft. Die entsprechenden Attribute können mit Hilfe der folgenden Werte für GenParamValue unterdrückt werden:

'host' der Computername des aktuellen Rechners

'cpu_info' die Rechnertopologie

'variant' die HALCON-Variante

'version' die HALCON-Version

'revision' die HALCON-Revision

'architecture' die HALCON Architektur

Dabei können mehrere, unterschiedliche Attribute unterdrückt werden.

'mode' setzt die Art und Weise, wie die System-Informationen aktualisiert werden.

'truncate' für GenParamValue löscht alle existierenden Informationen bevor das Wissen aus der Datei hinzugefügt wird.

'renew' überschreibt existierendes Wissen und fügt neues hinzu (Standard).

'append' behält das existierende Wissen und fügt nur das Wissen hinzu, welches noch nicht enthalten ist.

'nil' verweigert jegliche Aktualisierung gibt aber die Wissensattribute in Attributes und alle in der Datei enthaltenen Operatoren in OperatorNames.

'operator' für GenParamName legt fest, dass der korrespondierende Index von GenParamValue einen Namen eines Operators enthält, dessen spezifisches AOP-Wissen aus der Datei gelesen und im System aktualisiert werden soll. Mehrfache Definitionen von Operatoren sind möglich. Standardmäßig werden die Informationen zu allen, in der Datei enthalten Operatoren gelesen.

'iconic_type' beschränkt sich auf AOP-Information eines bestimmten ikonischen Typs. Folgende Typen können mit GenParamValue spezifiziert werden: *'byte'*,*'uint2'*,*'real'*,*'int1'*, *'int2'*,*'int4'*,*'int8'*,*'direction'*, *'vector_field'*,*'cyclic'*, *'complex'*,*'region'*,*'xld'*. Mehrfache Definitionen von ikonischen Typen sind möglich.

Die Namen der aktualisierten Operatoren werden in OperatorNames zurückgegeben, die Attribute der enthaltenen Information in Attributes. Letzteres Tupel kodiert folgende Bedeutungen mit aufsteigendem Index, beginnend mit 0: Rechnername, HALCON-Variante, HALCON-Version, HALCON-Revision, HALCON-Architektur.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Name der Informationsdatei.
Default: ''

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Filtert die zu ladende Information.
Default: 'none'
Wertevorschläge: GenParamName ∈ {'none', 'ignore_attrib', 'operator', 'iconic_type', 'mode'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer / real
Spezifiziert den Filter.
Parameteranzahl: GenParamName == GenParamValue
Default: 'none'
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'none', 'host_name', 'variant', 'architecture', 'version', 'revision', 'byte', 'int1', 'int2', 'uint2', 'int4', 'int8', 'direction', 'cyclic', 'vector_field', 'complex', 'region', 'xld', 'xld_cont', 'xld_poly', 'nil', 'truncate', 'replace', 'renew', 'append'}

▷ **Attributes** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Attribute der geladenen Information.

▷ **OperatorNames** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Gelesene Operatoren.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert read_aop_knowledge den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. HALCON verwendet intern einen Parallelisierungsmechanismus, um Mehrprozessorarchitekturen besser zu nutzen und die Bearbeitungsdauer von Operatoren zu verkürzen. Um diese Parallelisierung automatisch, optimiert durchführen zu können, benötigt HALCON spezielles Wissen über die verwendete Hardware bzw. über deren Potential, die verschiedenen HALCON-Operatoren parallel zu

verarbeiten. Dieses Wissen ist rechnerspezifisch und kann man mit Hilfe der Operatoren optimize_aop und read_aop_knowledge erhalten.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: exclusive (läuft parallel nur zu unabhängigen Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

set_aop_info (: : OperatorName, IndexName, IndexValue, InfoName, InfoValue :)

Verändert Information über HALCONs automatische Operator-Parallelisierung.

HALCON unterstützt einen Mechanismus, um das Verhalten der automatischen Parallelisierung von Operatoren (AOP) an Mehrprozessorarchitekturen anzupassen und Operatoren zu beschleunigen. Dazu können für jeden Operator, der sich auf Tupel-, Kanal- oder Domain-Ebene parallelisieren lässt, mit Hilfe von optimize_aop Abhängigkeiten des Laufzeitverhaltens von der Hardware und Eingabeparametern ermittelt werden. Der Operator get_aop_info liest Elemente dieser Informationen, während diese durch den Operator set_aop_info verändert werden können.

Um die operatorspezifischen Informationen adressieren zu können, sind die Daten in einer 3-stufigen Hierarchie indizierbar, die sich mit query_aop_info abfragen lässt. Durch ein Tripel von Indexkennungen lässt sich so jeweils ein AOP-Set an Optimierungsdaten indizieren. Die drei Indizierungsstufen setzen sich durch den Operatornamen, den ikonischen Bildtyp und optional einen Parameterstring zusammen, der einen speziellen Modus oder Methode des Operators spezifiziert. Während der Operatorname OperatorName übergeben wird, definieren IndexName und IndexValue die letzteren beiden Indizes. IndexName erhält dabei die Indexkennung, IndexValue den Indexwert, wie sie von query_aop_info zurückgegeben werden. Es ist möglich mehrere Indexkennungen der gleichen Stufe anzugeben, um die spezifizierte Information bei mehreren AOP-Sets zu speichern. Die gesamte Indexstufe kann adressiert werden, wenn eine Indexkennung ausgelassen oder für einen Indexwert ein leerer String übergeben wird. Beispielsweise werden durch eine leeren String für OperatorName, dem Tupel *['iconic_type','iconic_type']* für IndexName und dem Tupel *['byte','uint2']* für IndexValue alle Operatoren adressiert, die Byte oder UINT2 Bilder verarbeiten.

set_aop_info setzt die in InfoValue übergebenen Informationswerte in dem spezifizierten AOP-Sets. Die Art der Information kann mit dem Parameter InfoName mit einem der folgenden Werten spezifiziert werden:

'max_threads' setzt die größte zulässige Threadanzahl, mit der der Operator mit dem entsprechenden ikonischen Datentyp und Parameterwert parallelisiert werden darf.

'split_level' setzt die erlaubten Parallelisierungsebenen für die indizierten AOP-Sets. Mögliche Werte sind *'split_tuple'*, *'split_channel'*, *'split_domain'* und *'split_partial'*.

Achtung

set_aop_info verändert die AOP-Systemwissensbasis. Diese Änderungen werden ebenfalls durch write_aop_knowledge gespeichert. Es wird empfohlen eine Backup-Datei zu halten bevor das Systemwissen geändert wird.

Parameter

▷ **OperatorName** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / integer
Operatorname.
Default: ''

▷ **IndexName** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / integer
Ikonischer Objekttyp.
Default: ''
Wertevorschläge: IndexName ∈ {'iconic_type', ['iconic_type','parameter:0']}

▷ **IndexValue** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer
Parameter-Typ.
Parameteranzahl: IndexName == IndexValue
Default: ”
Wertevorschläge: `IndexValue` ∈ {’byte’, [’uint2’,”]}

▷ **InfoName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Information.
Default: ’max_threads’
Wertevorschläge: `InfoName` ∈ {’max_threads’, ’model’}

▷ **InfoValue** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
AOP-Information.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_aop_knowledge` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: exclusive (läuft parallel nur zu unabhängigen Operatoren).
- Multithreading-Bereich: local (kann nur von dem Thread aufgerufen werden, in dem die Fenster-, Modell- oder Tool-Instanz erzeugt wurde).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

write_aop_knowledge (: : FileName, GenParamName, GenParamValue :)

Speichern von Informationen über das hardwareabhängige Verhalten der automatischen Operator-Parallelisierung.

`write_aop_knowledge` speichert das operatorspezifische Wissen zur automatischen Operator-Parallelisierung (AOP) in einer Datei ab. Diese Wissen wird vom HALCON-System verwaltet und genutzt, um Mehrprozessorarchitekturen besser nutzen und die Operatoren zu beschleunigen. Es beschreibt für jeden Operator, der sich auf Tupel-, Kanal- oder auf Domain-Ebene parallelisieren lässt, das Laufzeitverhalten in Abhängigkeit der Hardware. Dieses Hardware spezifische Wissen kann mit Hilfe des Operators `optimize_aop` ermittelt oder von einer Datei mit `read_aop_knowledge` gelesen werden.

`write_aop_knowledge` ermöglicht es, dieses Wissen explizit in einer Binär-Datei abzuspeichern. Hierfür wird in `FileName` der Name der Datei übergeben (inkl. des Pfades und der Dateierweiterung). Falls `FileName` einen leerer String ” enthält, schreibt HALCON die AOP-Informationen in die Datei `'.aop_info'` im HALCON Installationsverzeichnis (Linux) oder im gemeinsame Datenverzeichnis für Applikationen (Windows). Diese spezielle Datei wird automatisch während der Initialisierungsphase des ersten HALCON Operators geladen. `write_aop_knowledge` fügt dem gespeicherten Wissen Attribute wie den Computernamen und Informationen über die HALCON-Architektur, -Variante, -Version und -Revision hinzu. Das ermöglicht es HALCON, AOP-Informationen von verschiedenen Systemen in dieselbe Datei zu schreiben. Zu diesem Zweck kann `write_aop_knowledge` die Aktualisierung des Dateiinhalts mit dem Parameterpaar `GenParamName` und `GenParamValue` kontrollieren. `GenParamName` definiert dabei die Bedeutung, `GenParamValue` den Wert der gewünschten Aktion. Dabei muss jeder Eintrag in `GenParamName` jeweils einen korrespondierenden Eintrag in `GenParamValue` haben, d.h. dass die Länge der Parametertupel gleich lang sein muss. Im Folgenden sind die möglichen Werte für `GenParamName` gelistet und die jeweils möglichen Werte für `GenParamValue` beschrieben:

’mode’ setzt die Art, wie das bestehende Wissen mit den gleichen Attributen in der Datei aktualisiert wird.

- *’truncate’* für `GenParamValue` löscht das bestehende Wissen mit passenden Attributen, bevor die neuen Informationen der Datei zugefügt werden.
- *’renew’* überschreibt bestehendes Wissen und fügt neues hinzu (Standard).
- *’append’* behält alle existierenden Operatorinformationen und fügt nur noch nicht enthaltenes Wissen hinzu.

'nil' unterdrückt jegliche Aktualisierung der Datei, sondern überprüft nur die Datei hinsichtlich ausreichender Benutzerrechte für einen Schreib- und Lesezugriff.

'operator' weist darauf hin, dass der korrespondierende Wert von `GenParamValue` einen Operatornamen enthält. Damit lassen sich die Operatoren eingrenzen, für welche entsprechendes AOP-Wissen abgespeichert werden soll. Mehrere Operatoren können definiert. Standardmäßig wird jede verfügbare Information aller Operatoren geschrieben.

'iconic_type' schränkt die zu speichernde Information auf einen bestimmten ikonischen Typ ein. Folgende Werte werden für `GenParamValue` unterstützt: *'byte'*, *'uint2'*, *'real'*, *'int1'*, *'int2'*, *'int4'*, *'int8'*, *'direction'*, *'vector_field'*, *'cyclic'*, *'vector_field'*, *'complex'*, *'region'*, *'xld'*. Es können mehrere ikonische Typen festgelegt werden.

Parameter

▷ **`FileName`** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der Informationsdatei
Default: ''

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Filtert die zu schreibende Information
Default: 'none'
Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'mode', 'operator', 'iconic_type'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer / real
Spezifiziert den Filter
Parameteranzahl: GenParamName == GenParamValue
Default: 'none'
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'truncate', 'renew', 'append'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_aop_knowledge` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: exclusive (läuft parallel nur zu unabhängigen Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

26.9 Parameter

`get_system` (: : `Query` : `Information`)

Abfragen von Informationen über die aktuellen HALCON-Systemparameter.

`get_system` liefert Informationen über die aktuellen HALCON-Systemparameter zurück.

Lesbare- und schreibbare Parameter

Der Operator `get_system` liefert Informationen über alle Parameter, die mit `set_system` gesetzt wurden zurück. Weitere Informationen über diese Parameter können in der Dokumentation zu `set_system` nachgelesen werden.

Nur lesbare Parameter

Folgende Systemparameter können abgefragt werden:

- **Versionen:**
  'halcon_xl': Verwendete Variante von HALCON: HALCON XL, das Bilder größer als 32768 × 32768 erlaubt (*'true'*) oder HALCON, bei dem die maximale Bildgröße auf 32768 × 32768 beschränkt ist (*'false'*).

'version': Versionsnummer von HALCON.

'last_update': Datum der Erzeugung der HALCON-Bibliothek.

'revision': Revisionsnummer von HALCON.

'file_version': Dateiversionsnummer der HALCON-Bibliothek. Sie setzt sich aus der HALCON-Versionsnummer, der Revisionsnummer und der Buildnummer zusammen.

- **Obergrenzen:**

  'max_inp_obj_par': Maximale Anzahl von Eingabeparametern.

  'max_outp_obj_par': Maximale Anzahl von Ausgabeparametern.

  'max_inp_ctrl_par': Maximale Anzahl von Eingabe-Steuerparametern.

  'max_outp_ctrl_par': Maximale Anzahl von Ausgabe-Steuerparametern.

  'max_window': Maximale Anzahl von Fenstern.

- **Grafik:**

  'window_name': Liefert den Namen, der eventuell mit `set_window_attr('window_title',...)` gesetzt wurde zurück. Falls kein Name gesetzt wurde, wird *'default'* zurückgeliefert.

- **Parallelisierung:**

  'processor_num': Gibt die Anzahl der Prozessoren an, die in der verwendeten Hardware gefunden wurden.

  'tsp_used_thread_num': Gibt die Anzahl der Threads zurück, die der letzte Operator für die automatische Parallelisierung verwendet hat. Dabei werden nur Operatoren berücksichtigt, die von dem Thread aufgerufen wurden und die automatische Parallelisierung unterstützen. Es ist zu beachten, dass dieser Parameter in HDevelop nur im Ausführmodus, nicht im schrittweisen Modus funktioniert.

  'tsp_used_split_levels' Gibt alle Methoden der Parallelisierung zurück, die der letzter Operator für die automatische Parallelisierung verwendet hat. Dabei werden nur Operatoren berücksichtigt, die von dem Thread aufgerufen wurden und die automatische Parallelisierung unterstützen. Falls der letzte Operator nicht parallelisiert wurde, wird der String *'false'* zurückgegeben. Es ist zu beachten, dass dieser Parameter in HDevelop nur im Ausführmodus, nicht im schrittweisen Modus funktioniert.

- **Lizenzierung:**

  'available_license_files': Die Liste aller von HALCON gefundenen Lizenzdateien.

  'current_license_info': Ein Tupel mit Informationen zur aktuellen Lizenz. Ist keine gültige Lizenz vorhanden, besteht das Tupel aus einem einzigen Element mit dem Wert *'invalid'*. Ansonsten enthält das Tupel folgende Elemente in dieser Reihenfolge:

  - Der Name der Lizenzdatei, aus der die aktuelle Lizenz gelesen wurde.
  - Die Art der Lizenz, entweder *'runtime'*, *'development'*, oder *'sasl'*.
  - Die höchste Version von HALCON, die aktuell lizenziert ist.
  - Das Ablaufdatum der aktuellen Lizenz im ISO 8601 Format, oder der Wert *'permanent'* für Lizenzen ohne Ablaufdatum.
  - Die Liste der lizenzierten HALCON-Module, getrennt mit `' | '`.
  - Die Anzahl der gleichzeitig nutzbaren Lizenzen, oder 0 für unbeschränkte Lizenzen.
  - Die Anzahl der gleichzeitig nutzbaren Sessions, oder 0 für eine unbegrenzte Anzahl von Sessions.
  - Die Host-ID, die für die aktuelle Lizenz verwendet wurde.
  - Die Flags der aktuellen Lizenz.
  - Der Inhalt des Informationsfeldes der Lizenz.

  Wenn eine bestimmte Information zur Lizenz nicht verfügbar ist, wird statt dessen ein leerer String zurückgegeben.

  'expiration_date': Das Ablaufdatum der aktuellen Lizenz im ISO 8601 Format, oder der Wert *'permanent'* for Lizenzen ohne Ablaufdatum.

  'failed_license_rechecks': Die Anzahl der fehlgeschlagenen Lizenzversuche seit Prozessstart.

  'is_license_valid': Dieser Parameter löst eine sofortige Lizenzprüfung aus und gibt *'true'* zurück, falls eine gültige Lizenz gefunden wurde, ansonsten *'false'*.

  'licensed_hostid': Die Host-ID, die für die aktuelle Lizenz verwendet wurde.

  'licensed_modules': Die Liste aller aktuell lizenzierter Module.

  'licensed_version': Die maximale Version von HALCON, die aktuelle lizenziert ist.

'licensed_product_edition': Der HALCON-Editionsname. Ist je nach gültiger Lizenz entweder *'Progress'*, *'Steady'*, *'Steady Deep Learning'*, oder *'Student Edition'*. Ist keine gültige Lizenz vorhanden, wird ein leerer String zurückgegeben.

'supported_editions' Gibt eine Liste mit den Editionen zurück, die dieses HALCON-Binary unterstützt. Mögliche Werte sind *'steady'* und *'progress'*.

'unlicensed_operators': Eine Liste aller HALCON-Operatoren, die nicht ausgeführt werden können, weil das benötigte Modul nicht lizenziert ist.

- **Andere:**

'available_parameters': Die Liste aller von `get_system` unterstützten Parametern.

'hostids': Die Host-IDs des Rechners, die zur Lizenzierung von HALCON verwendet werden können.

'num_proc': Gesamtzahl der verfügbaren HALCON-Prozeduren (*'num_sys_proc'* + *'num_user_proc'*).

'num_sys_proc': Anzahl der Systemprozeduren (unterstützte Prozeduren).

'num_user_proc': Anzahl der benutzerdefinierten Prozeduren (siehe „`Extension Package Programmer's Manual`").

'byte_order': Byte-Order des Prozessors (*'msb_first'* oder *'lsb_first'*).

'operating_system': Name des Betriebssystems des Rechners, auf dem der HALCON-Prozess ausgeführt wird. Beachten Sie, dass für alle Windows-Versionen 'Windows NT' zurückgegeben wird. Der Parameter *'operating_system_version'* ermöglicht es, die genaue Version abzufragen.

'operating_system_version': Versionsnummer des Betriebssystems des Rechners, auf dem der HALCON-Prozess ausgeführt wird. Die Windows-Versionsnummern können mit Hilfe der Informationen zu Betriebssystemen und Versionsnummern auf der Microsoft-Webseite entschlüsselt werden.

'hostname': Name des Rechners, auf dem der HALCON-Prozess ausgeführt wird. Wenn der Rechner teil eines Windows Clusters ist, wird der Name des Clusters zurückgegeben, nicht der Name des lokalen Rechners. Kann der Rechnername nicht bestimmt werden, wird ein leerer String zurückgegeben.

'locale_raw': In der Laufzeitumgebung verwendete Locale-Einstellung, die für die Kodierung von Systemstrings verwendet wird (entsprechend der Locale-Kategorie LC_CTYPE). Das Ergebnis entspricht direkt dem Aufruf der System-C-Funktion setlocale, bzw. dem Aufruf von locale in der Linux-Shell. Es enthält i.d.R. Informationen zu Sprache, Land und Codepage bzw. Codeset - unter Windows beispielsweise *'German_Germany.1252'* oder unter Linux *'en_US.utf8'*. Dabei ist zu beachten, dass der Name unter Linux nicht eindeutig ist, da der Codeset-Name von System und Konfiguration abhängt und beispielsweise 'utf8' oder 'UTF-8' sein oder auch ganz fehlen kann. Auf Systemen ohne Locale-Unterstützung wird ein leerer String zurückgegeben.

'locale_codeset': Von der Laufzeitumgebung verwendetes Codeset, das für die Kodierung von Systemstrings verwendet wird (entsprechend der Locale-Kategorie LC_CTYPE). Im Gegensatz zu *'locale_raw'* enthält das Ergebnis nur die Codepage bzw. das Codeset und nicht die Sprache oder das Land. Dafür liegt das Ergebnis in normalisierter Form vor, so dass es leichter für Tests ausgewertet werden kann. Das Ergebnis enthält nur Kleinbuchstaben und Zahlen, wobei für Windows Codepages und Linux Codesets unterschiedliche Ergebnisse geliefert werden, da die verwendeten Codesets i.d.R. nicht identisch sind. Typische Ergebnisse unter Windows sind z.B. *'cp1252'* (für die in der westlichen Welt verwendete Codepage 1252 - weitestgehend Latin-1) oder *'cp932'* (für die in Japan verwendete Codepage 932 - ShiftJIS). Typische Ergebnisse unter Linux sind *'utf8'* (entsprechend dem Default-Locale unter den meisten aktuellen Linux-Distributionen), *'iso885915'* (Latin-9), *'shiftjis'* und *'ascii'* (für ANSI_X3.4-1968, US-ASCII, POSIX, C).

'halcon_64': Flag, das gesetzt ist, wenn es sich um eine 64-Bit-HALCON-Version handelt (*'true'*) oder nicht, wenn es sich um eine 32 Bit Version handelt (*'false'*).

'halcon_arch': Name der HALCON-Architektur des laufenden HALCON-Prozesses.

'library_fullname': Pfad zur aktuell geladenen HALCON-Bibliothek einschließlich des Dateinamens.

'temp_mem': Bedarf an temporärem Speicher des zuletzt ausgeführten Operators in Byte. Der Rückgabewert ist nur definiert, wenn vor dem zu vermessenden Operator `set_check('memory')` aufgerufen wurde.

'mmx_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor MMX-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'sse_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor SSE-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'sse2_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor SSE2-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'sse3_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor SSE3-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'ssse3_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor SSSE3-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'sse41_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor SSE41-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'sse42_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor SSE42-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'avx_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor AVX-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'avx2_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor AVX2-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'avx2_gather_recommended': Flag, das gesetzt ist, wenn die Nutzung von AVX2-Gather-Instruktionen auf dem Prozessor empfohlen ist (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'avx512f_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor AVX512F-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'avx512dq_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor AVX512DQ-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'avx512bw_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor AVX512BW-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'avx512cd_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor AVX512CD-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'avx512vl_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor AVX512VL-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'avx512vbmi_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor AVX512VBMI-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'avx512ifma_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor AVX512IFMA-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'avx512vbmi2_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor AVX512VBMI2-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'avx512vpopcntdq_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor AVX512VPOPCNTDQ-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'avx512bitalg_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor AVX512BITALG-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'avx512vnni_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor AVX512VNNI-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'neon_supported': Flag, das gesetzt ist, wenn der Prozessor NEON-Operationen unterstützt (*'true'*). Andernfalls ist es nicht gesetzt (*'false'*).

'opengl_hidden_surface_removal_available': Flag, das gesetzt ist, wenn die Grafikkarte die Beschleunigung der Verdeckungsberechnung in den Operatoren `create_shape_model_3d`, `find_shape_model_3d`, `project_shape_model_3d` und `project_object_model_3d` unterstützt. Mindestvoraussetzungen sind OpenGL 2.0 und die Erweiterungen GL_EXT_framebuffer_object und GL_ARB_texture_float. Es ist nicht möglich diese Beschleunigung über den Windows Remote Desktop oder X11 Weiterleitung zu verwenden.

'alloctmp_max_used' Die maximal verwendete Menge temporären Speichers eines Threads in Bytes. Das erste Element des Tupels enthält den Wert für den aktuellen Thread, während die übrigen Elemente die Werte von derzeit ungenutzten Threads aus dem Threadpool enthalten.
Das Maximum wird zurückgesetzt, wenn der Cachemodus für temporären Speicher auf *'idle'* gesetzt wird.

'tsp_temporary_mem_cache_block_sizes' Tupel, das die Größen aller temporären Speicherblöcke in Bytes enthält, die momentan vom Thread gecached werden.

'temporary_mem_reservoir_block_sizes' Tupel, das die Größen aller temporären Speicherblöcke in Bytes enthält, die momentan im globalen temporären Speicher-Reservoir gecached sind.

'memory_allocators_supported': Gibt ein Tupel mit der Liste der unterstützen Speicherallokatoren zurück, die über den Parameter *'memory_allocator'* mit dem Operator `set_system` ausgewählt werden können.

- **CUDA Unterstützung für Deep Learning:**

  'cuda_loaded': Gibt *'true'* zurück, wenn die CUDA-Bibliothek geladen werden konnte.

  'cuda_version': Gibt die Version der CUDA-Bibliothek zurück. Wenn die CUDA-Bibliothek nicht geladen werden konnte, wird *-1* zurückgegeben.

  'cuda_devices': Gibt die Namen der verfügbaren Grafikkarten, die CUDA unterstützen, zurück.

  'cudnn_frontend_version': Gibt die Version der cuDNN-Frontend-Bibliothek zurück. Wenn die CUDA- oder cuDNN-Bibliothek nicht geladen werden konnte, wird *-1* zurückgegeben.

  'cudnn_loaded': Gibt *'true'* zurück, wenn die cuDNN-Bibliothek geladen werden konnte.

  'cudnn_version': Gibt die Version der cuDNN-Bibliothek zurück. Wenn die cuDNN-Bibliothek nicht geladen werden konnte, wird *-1* zurückgegeben.

  'cublas_loaded': Gibt *'true'* zurück, wenn die cuBLAS-Bibliothek geladen werden konnte.

  'cublas_version': Gibt die Version der cuBLAS-Bibliothek zurück. Wenn die cuBLAS-Bibliothek nicht geladen werden konnte, wird *-1* zurückgegeben.

  'nvrtc_version': Gibt die Version der NVRTC-Bibliothek zurück. Wenn die NVRTC-Bibliothek nicht geladen werden konnte, wird *-1* zurückgegeben.

- **Arm Compute Library:**

  'arm_compute_loaded': Gibt *'true'* zurück, wenn die Arm Compute Library geladen werden konnte, *'false'* andernfalls.

  'arm_compute_version': Gibt die Version der Arm Compute Library zurück. Wenn die Bibliothek nicht geladen werden konnte, wird ein leerer String zurückgegeben.

Parameter

▷ **`Query`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*

Gewünschter Systemparameter.

Default: 'init_new_image'

Werteliste: `Query` ∈ {'3d_model_dir', 'alloctmp_max_blocksize', 'alloctmp_min_blocksize', 'alloctmp_max_used', 'available_license_files', 'available_parameters', 'avx_enable', 'avx_supported', 'avx2_enable', 'avx2_supported', 'avx2_gather_enable', 'avx2_gather_recommended', 'avx512f_enable', 'avx512f_supported', 'avx512dq_enable', 'avx512dq_supported', 'avx512bw_enable', 'avx512bw_supported', 'avx512cd_enable', 'avx512cd_supported', 'avx512vl_enable', 'avx512vl_supported', 'avx512vbmi_enable', 'avx512vbmi_supported', 'avx512ifma_enable', 'avx512ifma_supported', 'avx512vbmi2_enable', 'avx512vbmi2_supported', 'avx512vpopcntdq_enable', 'avx512vpopcntdq_supported', 'avx512bitalg_enable', 'avx512bitalg_supported', 'avx512vnni_enable', 'avx512vnni_supported', 'neon_enable', 'neon_supported', 'backing_store', 'border_shape_models', 'bundle_version', 'byte_order', 'calib_dir', 'cancel_draw_result', 'clip_region', 'clock_mode', 'cuda_loaded', 'cuda_version', 'cuda_devices', 'cudnn_deterministic', 'cudnn_loaded', 'cudnn_tuning', 'cudnn_version', 'cublas_loaded', 'cublas_version', 'current_license_info', 'current_runlength_number', 'database', 'default_font', 'disabled_operators', 'dl_dir', 'do_low_error', 'empty_region_result', 'example_dir', 'expiration_date', 'extern_alloc_funct', 'extern_free_funct', 'failed_license_rechecks', 'filename_encoding', 'file_version', 'filter_dir', 'flush_file', 'flush_graphic', 'global_mem_cache', 'halcon_arch', 'halcon_dir', 'halcon_xl', 'halcon_64', 'height', 'help_dir', 'hthread_id', 'hostids', 'hostname', 'icon_name', 'image_cache_capacity', 'image_dir', 'image_dpi', 'init_new_image', 'int2_bits', 'int_zooming', 'is_license_valid', 'language', 'last_update', 'library_fullname', 'licensed_hostid', 'licensed_modules', 'licensed_product_edition', 'licensed_version', 'locale_codeset', 'locale_raw', 'lut_dir', 'max_connection', 'max_inp_ctrl_par', 'max_inp_obj_par', 'max_outp_ctrl_par', 'max_outp_obj_par', 'max_window', 'memory_allocator', 'memory_allocators_supported', 'mmx_enable', 'mmx_supported', 'neighborhood', 'no_object_result', 'num_proc', 'num_sys_proc', 'num_user_proc', 'ocr_dir', 'ocr_trainf_version', 'opengl_hidden_surface_removal_available', 'opengl_hidden_surface_removal_enable', 'opengl_compatibility_mode_enable', 'opengl_context_cache_enable', 'operating_system', 'operating_system_version', 'parallelize_operators', 'pregenerate_shape_models', 'processor_num', 'read_halcon_files_encoding_fallback', 'reentrant', 'revision', 'seed_rand', 'sse_enable', 'sse_supported', 'sse2_enable', 'sse2_supported', 'sse3_enable', 'sse3_supported', 'ssse3_enable', 'ssse3_supported', 'sse41_enable', 'sse41_supported', 'sse42_enable', 'sse42_supported', 'store_empty_region', 'supported_editions', 'system_time_base', 'temp_mem', 'temporary_mem_cache', 'temporary_mem_reservoir', 'temporary_mem_reservoir_size', 'thread_num', 'thread_pool', 'timer_mode', 'tuple_string_operator_mode', 'tsp_cancel_draw_result', 'tsp_clip_region', 'tsp_current_runlength_number', 'tsp_empty_region_result', 'tsp_height', 'tsp_init_new_image', 'tsp_neighborhood', 'tsp_no_object_result',

'tsp_store_empty_region', 'tsp_temporary_mem_cache', 'tsp_temporary_mem_cache_block_sizes', 'tsp_temporary_mem_reservoir', 'tsp_thread_num', 'tsp_tuple_string_operator_mode', 'tsp_used_split_levels', 'tsp_used_thread_num', 'tsp_width', 'unlicensed_operators', 'update_lut', 'use_window_thread', 'version', 'width', 'window_name', 'write_halcon_files_encoding', 'x_package'}

▷ **Information** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *integer* / real / string
Aktueller Wert des Systemparameters.

Ergebnis

get_system liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

reset_obj_db

Nachfolger

set_system

Siehe auch

set_system

Modul

Foundation

get_system_info (: : Query : Information)

Abfragen von Informationen über die aktuellen HALCON-Systemparameter, ohne eine gültige HALCON-Lizenz zu benötigen.

get_system_info liefert Informationen über die aktuellen HALCON-Systemparameter zurück. Anders als bei dem sehr ähnlichen get_system Operator wird hierfür keine gültige HALCON-Lizenz benötigt.

get_system_info unterstützt die selben Parameter wie get_system. Weitere Informationen über diese Parameter können in der Dokumentation zu get_system und set_system nachgelesen werden.

Parameter

▷ **Query** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Gewünschter Systemparameter.
Default: 'available_parameters'
Werteliste: Query ∈ {'3d_model_dir', 'alloctmp_max_blocksize', 'alloctmp_min_blocksize', 'alloctmp_max_used', 'available_license_files', 'available_parameters', 'avx_enable', 'avx_supported', 'avx2_enable', 'avx2_supported', 'avx2_gather_enable', 'avx2_gather_recommended', 'avx512f_enable', 'avx512f_supported', 'avx512dq_enable', 'avx512dq_supported', 'avx512bw_enable', 'avx512bw_supported', 'avx512cd_enable', 'avx512cd_supported', 'avx512vl_enable', 'avx512vl_supported', 'avx512vbmi_enable', 'avx512vbmi_supported', 'avx512ifma_enable', 'avx512ifma_supported', 'avx512vbmi2_enable', 'avx512vbmi2_supported', 'avx512vpopcntdq_enable', 'avx512vpopcntdq_supported', 'avx512bitalg_enable', 'avx512bitalg_supported', 'avx512vnni_enable', 'avx512vnni_supported', 'neon_enable', 'neon_supported', 'backing_store', 'border_shape_models', 'bundle_version', 'byte_order', 'calib_dir', 'cancel_draw_result', 'clip_region', 'clock_mode', 'cuda_loaded', 'cuda_version', 'cuda_devices', 'cudnn_loaded', 'cudnn_version', 'cublas_loaded', 'cublas_version', 'current_license_info', 'current_runlength_number', 'database', 'default_font', 'disabled_operators', 'dl_dir', 'do_low_error', 'edition', 'empty_region_result', 'example_dir', 'expiration_date', 'extern_alloc_funct', 'extern_free_funct', 'failed_license_rechecks', 'filename_encoding', 'file_version', 'filter_dir', 'flush_file', 'flush_graphic', 'global_mem_cache', 'halcon_arch', 'halcon_dir', 'halcon_xl', 'halcon_64', 'height', 'help_dir', 'hthread_id', 'hostids', 'hostname', 'icon_name', 'image_cache_capacity', 'image_dir', 'image_dpi', 'init_new_image', 'int2_bits', 'int_zooming', 'is_license_valid', 'language', 'last_update',

'library_fullname', 'licensed_hostid', 'licensed_modules', 'licensed_product_edition', 'licensed_version', 'locale_codeset', 'locale_raw', 'lut_dir', 'max_connection', 'max_inp_ctrl_par', 'max_inp_obj_par', 'max_outp_ctrl_par', 'max_outp_obj_par', 'max_window', 'memory_allocator', 'memory_allocators_supported', 'mmx_enable', 'mmx_supported', 'neighborhood', 'no_object_result', 'num_proc', 'num_sys_proc', 'num_user_proc', 'ocr_dir', 'ocr_trainf_version', 'opengl_hidden_surface_removal_available', 'opengl_hidden_surface_removal_enable', 'opengl_compatibility_mode_enable', 'opengl_context_cache_enable', 'operating_system', 'operating_system_version', 'parallelize_operators', 'pregenerate_shape_models', 'processor_num', 'read_halcon_files_encoding_fallback', 'reentrant', 'revision', 'seed_rand', 'sse_enable', 'sse_supported', 'sse2_enable', 'sse2_supported', 'sse3_enable', 'sse3_supported', 'ssse3_enable', 'ssse3_supported', 'sse41_enable', 'sse41_supported', 'sse42_enable', 'sse42_supported', 'store_empty_region', 'system_time_base', 'temp_mem', 'temporary_mem_cache', 'temporary_mem_reservoir', 'temporary_mem_reservoir_size', 'thread_num', 'thread_pool', 'timer_mode', 'tuple_string_operator_mode', 'tsp_cancel_draw_result', 'tsp_clip_region', 'tsp_current_runlength_number', 'tsp_empty_region_result', 'tsp_height', 'tsp_init_new_image', 'tsp_neighborhood', 'tsp_no_object_result', 'tsp_store_empty_region', 'tsp_temporary_mem_cache', 'tsp_temporary_mem_cache_block_sizes', 'tsp_temporary_mem_reservoir', 'tsp_thread_num', 'tsp_tuple_string_operator_mode', 'tsp_used_split_levels', 'tsp_used_thread_num', 'tsp_width', 'unlicensed_operators', 'update_lut', 'use_window_thread', 'version', 'width', 'window_name', 'write_halcon_files_encoding', 'x_package'}

▷ **Information** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *integer* / real / string
Aktueller Wert des Systemparameters.

Ergebnis

`get_system_info` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

`get_system`

Modul

none

set_operator_timeout (: : OperatorName, Timeout, Mode :)

Setzt einen Timeout für einen Operator.

`set_operator_timeout` setzt den Timeout `Timeout` für alle zukünftigen Aufrufe des Operators `OperatorName`. Der Timeout wird in Sekunden angegeben. Ein Wert von *0* oder *'off'* löscht einen evtl. vorher gesetzten Timeout.

Der Timeout gilt nur für den aktuellen Thread und wird nicht an andere Threads weitergegeben.

Es werden zwei Arten von Timeout unterstützt, zwischen denen mittels `Mode` ausgewählt werden kann:

'cancel' Bricht die Ausführung des Operators ab, nachdem der Timeout abgelaufen ist. Der Operator liefert in diesem Fall den Fehlercode H_ERR_TIMEOUT (9400) zurück. Evtl. bereits vorhandene Ergebnisse des Operators werden verworfen.

'break' Hält die Ausführung des Operators an, nachdem der Timeout abgelaufen ist, und liefert, soweit möglich, alle bereits vorhandenen Ergebnisse zurück. Der Operator wird in diesem Fall normal beendet und liefert keinen Fehlercode zurück.

Achtung

Nicht alle Operatoren unterstützen Timeouts. Wenn ein Operator Timeouts unterstützt, ist dies im Abschnitt über Ausführungsinformationen in dessen Referenzdokumentation vermerkt.

Es gibt keine Garantie über die Granularität der Timeouts. Diese kann vom Operator, dessen Eingabedaten und dem ausführenden System abhängen. Üblicherweise ist die Granularität besser als 10 ms.

Parameter

▷ **OperatorName** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Operator für den der Timeout gesetzt werden soll.

▷ **Timeout** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer / string
Timeout in Sekunden.
Default: 1
Wertevorschläge: `Timeout` ∈ {1, 0.1, 0.5, 'off', 0}

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art des zu setzenden Timeouts.
Default: 'cancel'
Wertevorschläge: `Mode` ∈ {'cancel', 'break'}

Ergebnis

Sind alle Parameterwerte korrekt, gibt `set_operator_timeout` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: local (kann nur von dem Thread aufgerufen werden, in dem die Fenster-, Modell- oder Tool-Instanz erzeugt wurde).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`interrupt_operator`

Siehe auch

`interrupt_operator`, `get_current_hthread_id`

Modul

Foundation

set_system (: : SystemParameter, Value :)

Verändern von HALCON-Systemparametern.

`set_system` ermöglicht es, verschiedene Systemparameter zu verändern.

Parallelisierungsinformation: Einige Parameter werden exklusiv gesetzt, d.h., sie blockieren andere Threads bis kein weiterer Operator mehr auf die HALCON Bibliothek zugreift.

- Parameter, die mit *) markiert sind, gelten global und werden exklusiv ausgeführt.
- Parameter ohne *) und ohne *"tsp_"* gelten ebenfalls global, werden jedoch nicht exklusiv ausgeführt, d.h., der Operatoraufruf blockiert keine anderen Operatoraufrufe.
- Parameter mit "tsp_"-Variante sind Thread-spezifisch.
  1. Werden sie ohne *"tsp_"* aufgerufen, dann gelten sie für alle Threads, die nach dem Aufruf gestartet werden und im aktuellen Thread. Bereits gestartete Threads werden nicht beeinflusst.
  2. Parameter, die mit *"tsp_"* aufgerufen werden, gelten nur für den aktuellen Thread. Andere bereits laufende Threads werden nicht beeinflusst.

Mögliche Systemparameter:

- **Grafik:**
  'backing_store': Legt fest, ob der Inhalt von Fenstern, falls diese sich überlappen, automatisch neu geladen wird. Einige Implementierungen von X-Windows sind fehlerhaft; um diesen Fehler zu umgehen, kann das Sichern des Inhalts abgeschaltet werden. Es kann in einigen Fällen sinnvoll sein, den Sicherungsmechanismus auszuschalten, wenn es auf Laufzeit / Speicherplatz ankommt.
  `Value`: *'true'*, *'false'*
  Default: *'true'*

'flush_graphic': Nach jeder HALCON-Operation, die eine Grafik-Ausgabe erzeugt, wird eine Flush-Operation ausgeführt, um die Daten sofort sichtbar zu machen. Bei einigen Programmen ist dies jedoch nicht nötig (z.B. wenn immer mit der Maus gearbeitet wird). In diesen Fällen kann *'flush_graphic'* auf *'false'* gesetzt werden, um die Laufzeit zu verbessern. Window-Manager von unixartigen Systemen führen eine automatische Flush-Operation durch, weshalb der Parameter bei diesen Betriebssystemen keine Auswirkungen hat.
Zu beachten: Es wird nicht mehr empfohlen *'flush_graphic'* zu verwenden, da dies zu unerwarteten Ergebnissen führen kann. Stattdessen sollte mit `set_window_param` der Parameter *'flush'* auf *'false'* gesetzt werden und zum Übertragen des Buffers auf das Grafikfenster `flush_buffer` aufgerufen werden.
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*

'int2_bits': Anzahl der signifikanten Bits bei int2 Bildern. Diese Anzahl wird für die Darstellung von int2 Bilder verwendet. Wenn der Wert -1 ist, werden die Grauwerte automatisch maximal skaliert (default).
`Value`: *-1* oder *9..16*
Default: *-1*

'icon_name': Name von ikonifizierten Grafikfenstern unter X-Windows. Standardmäßig wird die Nummer des Grafikfensters angezeigt.
`Value`: Name des ikonifizierten Grafikfensters.
Default: *'default'*

'default_font' ***)**: Defaultfont für die Textausgabe in Text- oder Grafikfenstern. Verfügbare Fonts können mit `query_font` abgefragt werden. Die Syntax für Fontnamen in `Value` ist bei `set_font` beschrieben.
`Value`: Name des Fonts.
Default: *'fixed'*

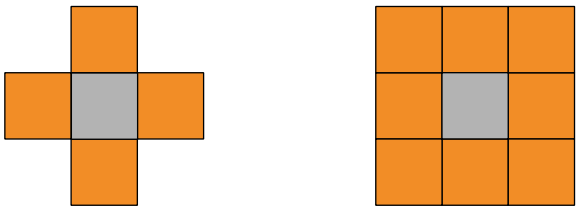
'update_lut': Legt fest, ob die HALCON-Farbtabellen an die Umgebung angepasst werden. Solche Hardware-abhängigen Farbtabellen werden nicht mehr verwendet und damit ist der Parameter obsolet. Mit dem Operator `query_lut` können die möglichen Farbtabellen abgefragt werden, von denen eine spezifische mit dem Operator `set_lut` gesetzt werden kann.
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'false'*

'use_window_thread': Wenn auf einem Microsoft Windows System einer der HALCON-Grafikoperatoren aus einem anderen Thread aufgerufen wird, als derjenige, der das Ausgabefenster erzeugt hat, muss es eine aktive Schleife geben, innerhalb derer die Nachrichten vom Betriebssystem für dieses Fenster verarbeitet werden. Wird dieser Parameter auf *'true'* gesetzt, werden alle HALCON-Grafik- und Textfenster, die kein Vaterfenster haben, automatisch in einem speziellen Thread geöffnet, der für die Verarbeitung der Nachrichten verantwortlich ist. Alle Grafikoperatoren, die sich an dieses Fenster richten, werden dann ebenfalls in diesem Thread abgearbeitet. Dieser Parameter wird auf anderen Betriebssystemen als Windows ignoriert.
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'false'*

'x_package': Bei der Ausgabe von Bilddaten über das Netz kann es bei starker Auslastung des Rechners oder des Netzes zu Fehlübertragungen kommen. Um dies zu vermeiden, werden die Daten in kleinen Paketen transportiert. Wird lokal am Rechner gearbeitet, so können diese Einheiten beliebig vergrößert werden, was zu einer wesentlichen Verbesserung der Ausgabeleistung führt. Unter X-Windows wird beim ersten Öffnen eines Fensters der Maximalwert für die Größe eines Requests abgefragt und der Wert von *'x_package'* bei Bedarf verkleinert.
`Value`: Paketgröße (in Bytes).
Default: *131072*

- **Bildverarbeitung:**

'neighborhood', *'tsp_neighborhood'*: Dieser Parameter prüft entweder vier Pixel (in horizontaler und vertikaler Richtung) oder alle acht benachbarten Pixel. Verwendung bei allen Operatoren, bei denen Nachbarschaftsbeziehungen untersucht werden: `connection`, `get_region_contour`, `get_region_polygon`, `get_region_thickness`, `boundary`, `paint_region`, `disp_region`, `fill_up`, `contlength`, `shape_histo_all`.
`Value`: *4* oder *8*
Default: *8*



(1) (2)

(1) Vier benachbarte Pixel, (2) acht benachbarte Pixel.

'init_new_image', *'tsp_init_new_image'*: Legt fest, ob neue Bilder vor der Anwendung von Filtern auf 0 gesetzt werden sollen, um sicherzustellen, dass die Filterergebnisse bei wiederholter Programmausführung auf Systemen mit gleicher Konfiguration konsistent sind. Dies ist nicht nötig, falls immer das ganze Bild gefiltert wird oder die Daten der ungefilterten Bildbereichen nicht von Bedeutung sind.
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*

'no_object_result', *'tsp_no_object_result'*: Legt fest, wie sich Operationen, die Objekten verarbeiten, bei leeren Bildern (= keine Bilder) als Eingabe verhalten sollen.
Mögliche Werte für `Value`:

- *'true'*: Fehler wird ignoriert.
- *'exception'*: Eine Fehlerbehandlung wird durchgeführt.

Default: *'true'*

'empty_region_result', *'tsp_empty_region_result'*: steuert das Verhalten von Operatoren auf leere Eingaberegionen, die für solche Regionen eigentlich nicht sinnvoll sind (z.B. diverse Regionenmerkmale, Segmentierung, etc.).
Mögliche Werte für `Value`:

- *'true'*: Der Fehler wird so gut es geht ignoriert
- *'exception'*: Eine Fehlerbehandlung wird durchgeführt.

Default: *'true'*

'store_empty_region', *'tsp_store_empty_region'*: Bei einer Reihe von Operationen kann es vorkommen, dass Objekte mit leerer Region (= keine Bildpunkte) erzeugt werden (z.B. `intersection`, `threshold`, etc.). Dieser Parameter legt fest ob diese Operatoren ein Objekt mit leerer Region als Ergebnis ausgegeben (*'true'*) oder ob die Regionen unterdrückt also nicht ausgegeben werden sollen (*'false'*).
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*

'clip_region', *'tsp_clip_region'*: Legt fest, ob die Regionen in der HALCON-Datenbank auf das aktuelle Bildformat beschnitten („geclippt“) werden oder nicht. Dies ist bei Operatoren wie z.B. bei `gen_circle`, `gen_rectangle1` oder `dilation1` der Fall.
Siehe auch `reset_obj_db`.
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*

'int_zooming': Bestimmt die Genauigkeit mit der gewisse Schritte der Bildverarbeitung ausgeführt werden. Für *'true'* wird Integer-Arithmetik oder schnelle Fließkommaarithmetik verwendet, für *'false'* wird Fließkommaarithmetik mit hoher Genauigkeit verwendet. Weitere Informationen wie ein spezifischer Operator durch den Parameter *'int_zooming'* beeinflusst wird, kann in der Dokumentation des direkt betroffenen Operators gefunden werden.
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*

'pregenerate_shape_models': Dieser Parameter legt fest, ob die generierten Modelle vollständig vorab generiert werden (*'true'*) oder nicht (*'false'*), falls dies nicht explizit im formbasierten Matching-Operator festgelegt wird. Betroffene Operatoren:

- `create_shape_model`
- `create_shape_model_xld`
- `create_scaled_shape_model`
- `create_scaled_shape_model_xld`
- `create_aniso_shape_model`
- `create_aniso_shape_model_xld`

Value: *'true'*, *'false'*
Default: *'false'*

'border_shape_models': Dieser Parameter legt fest, ob die gesuchten Modelle teilweise außerhalb des Bildes liegen dürfen, also den Bildrand überschreiten dürfen, (*'true'*) oder nicht (*'false'*). Teilweise bedeutet, dass der Ursprung des Modells noch innerhalb des Bildes liegen muss. Ein eventuell mit set_shape_model_origin anders gesetzter Ursprung wird nicht berücksichtigt.
Betroffene Operatoren:

- find_generic_shape_model
- find_shape_model
- find_shape_models
- find_scaled_shape_model
- find_scaled_shape_models
- find_aniso_shape_model
- find_aniso_shape_models
- find_planar_uncalib_deformable_model
- find_planar_calib_deformable_model
- find_local_deformable_model
- find_component_model (legacy)

Falls ein Wert für Formmodelle mit set_generic_shape_model_param gesetzt wurde, hat dieser spezielle Wert Vorrang vor den systemweiten Einstellungen. Bei der Suche mit mehreren Formmodellen wird *'border_shape_models'* für alle Formmodelle als *'true'* behandelt, selbst wenn nur bei einem der Formmodelle einer Suche *'border_shape_models'* als *'true'* gilt.
Value: *'true'* oder *'false'*.
Default: *'false'*.

'opengl_context_cache_enable': Dieser Parameter legt fest, ob der im Operator render_object_model_3d verwendete Grafikkartenkontext für weitere Aufrufe dieses Operators zwischengespeichert wird. Die Zwischenspeicherung beschleunigt spätere Aufrufe dieses Operators, benötigt aber zusätzliche Ressourcen. Um den Kontext explizit zu löschen muss *'opengl_context_cache_enable'* auf *'false'* gesetzt werden und render_object_model_3d einmalig aufgerufen werden. *'opengl_context_cache_enable'* kann nur auf *'true'* gesetzt werden, wenn die Grafikkarte das Rendern von 3D Objektmodellen unterstützt.
Value: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, sofern von der Grafikkarte unterstützt.

'opengl_hidden_surface_removal_enable': Dieser Parameter legt fest, ob die durch die Grafikkarte beschleunigte Verdeckungsberechnung in den Operatoren create_shape_model_3d, find_shape_model_3d, project_shape_model_3d und project_object_model_3d verwendet wird. *'opengl_hidden_surface_removal_enable'* kann nur auf *'true'* gesetzt werden, wenn die Grafikkarte die Beschleunigung des Algorithmus zur Verdeckungsberechnung unterstützt. Mindestvoraussetzungen sind OpenGL 2.0 und die Erweiterungen GL_EXT_framebuffer_object und GL_ARB_texture_float. Der get_system Parameter *'opengl_hidden_surface_removal_available'* kann verwendet werden, um diese Information abzufragen. Es ist nicht möglich diese Beschleunigung über den Windows Remote Desktop oder X11 Weiterleitung zu verwenden.
Value: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'* sofern von der Grafikkarte unterstützt.

'opengl_compatibility_mode_enable': Dieser Parameter legt fest, ob die Visualisierung von 3D-Objektmodellen durch disp_object_model_3d mit hohen OpenGL-Anforderungen oder im Kompatibilitätsmodus mit OpenGL 1.1 durchgeführt wird. Wenn *'opengl_compatibility_mode_enable'* auf *'false'* gesetzt wird, dann entscheidet HALCON automatisch, welcher Visualisierungsmodus von der Grafikkarte unterstützt wird. Sollten bei der Visualisierung Probleme auftreten, so kann der Parameter auf *'true'* gesetzt werden.
Value: *'true'*, *'false'*
Default: *'false'*.

'image_dpi': Dieser Parameter legt fest, welche DPI-Auflösung in Bilddateien, die mit write_image geschrieben werden, und die die DPI-Auflösung abspeichern, eingetragen wird.
Value: Auflösung in DPI.
Default: *300*

'width', *'tsp_width'*: Legt die interne Bildbreite des Systems fest. Mit dieser Größe werden beispielsweise Regionen geclippt oder Speicherannahmen getroffen, wenn einem Operator keine weitere Bildinformationen zu Verfügung stehen. Diese Bildbreite wird als maximale Breite aller HALCON-Bildobjekte interpretiert, und somit beim Generieren neuer, größerer Bilder erhöht. Siehe auch `reset_obj_db`. Der Standardwert für die interne Bildbreite ist *512* in HDevelop (auch bei exportiertem Code), ansonsten *128*.
`Value`: Interne Bildbreite.
Default: *128* oder *512* (HDevelop)

'height', *'tsp_height'*: Legt die interne Bildhöhe des Systems fest. Mit dieser Größe werden beispielsweise Regionen geclippt oder Speicherannahmen getroffen, wenn einem Operator keine weitere Bildinformationen zu Verfügung stehen. Diese Bildhöhe wird als maximale Höhe aller HALCON-Bildobjekte interpretiert, und somit beim Generieren neuer, größerer Bilder erhöht. Siehe auch `reset_obj_db`. Der Standardwert für die interne Bildhöhe ist *512* in HDevelop (auch bei exportiertem Code), ansonsten *128*.
`Value`: Interne Bildhöhe.
Default: *128* oder *512* (HDevelop)

'current_runlength_number', *'tsp_current_runlength_number'*: Regionen werden intern in einer Lauflängenkodierung abgelegt. Mit diesem Parameter kann die maximale Anzahl der Sehnen festgelegt werden, die für die Darstellung einer Region verwendet werden können. Es ist zu beachten, dass einige Operatoren selbständig die Anzahl hochsetzen, falls dies notwendig ist. Der Wert kann sowohl vergrößert als auch verkleinert werden.
`Value`: Maximale Sehnenzahl.
Default: *50000*

- **Parallelisierung:**

'parallelize_operators' *): Gibt an, ob HALCON eine automatische Parallelisierung einsetzt, um die Abarbeitung von Operatoren auf Mehrprozessormaschinen zu beschleunigen. Durch das Setzen auf *'false'* wird die automatische Parallelisierung abgeschaltet, wobei HALCON jedoch auch weiterhin nicht nur thread-safe bleibt, sondern auch die gleichzeitige Abarbeitung mehrerer HALCON-Operatoren erlaubt. Das Setzen auf *'false'* ist zum Beispiel dann sinnvoll, wenn HALCON-Operatoren innerhalb eines parallelen Programms aufgerufen werden, das auch das Scheduling bzw. ein geeignetes Load-Balancing der Operatoren und Daten selbst festlegt. In diesem Fall kann es wünschenswert sein, dass HALCON nicht auch noch zusätzliche Parallelisierungsschritte selbst durchführt, die dem Load-Balancing-Konzept der Anwendung in die Quere kommen könnten. Um eine feinere Kontrolle über die automatische Parallelisierung zu erreichen können auch einzelne Methoden der Datenparallelisierung an- und ausgeschaltet werden. *'split_tuple'* schaltet die Möglichkeit der Tupelparallelisierung, *'split_channel'* der Bildkanalparallelisierung, *'split_domain'* der Bilddomainparallelisierung und *'split_partial'* die der teilweisen internen Operatorparallelisierung wieder an. Mit einem vorangestelltem '~' kann man die entsprechende Parallelisierungsmethode deaktivieren. Durch die Übergabe eines Tupels können auch mehrere Methoden gleichzeitig an- bzw. ausgeschaltet werden. So ist das Tupel [*'split_tuple'*,*'split_channel'*, *'split_domain'*,*'split_partial'*] gleichbedeutend mit dem Wert *'true'*.
Welche Methoden von einem Operator unterstützt werden, kann der Operator-Referenz entnommen werden oder über den Operator `get_operator_info` mit Hilfe des Parameterwertes *'parallel_method'* erfragt werden.
`Value`: *'true'*, *'false'*, *'split_tuple'*, *'split_channel'*, *'split_domain'*, *'split_partial'*, *' split_tuple'*, *' split_channel'*, *' split_domain'*, *' split_partial'*
Default: *'true'*

'reentrant' *): Gibt an, ob HALCON innerhalb einer parallel arbeitenden Programmumgebung eingesetzt wird, oder nicht. Ist der Parameter auf *'true'* gesetzt, werden interne Synchronisierungsmechanismen verwendet, um gemeinsam benutzte Datenobjekte vor parallelen Zugriffen zu schützen. So notwendig diese Maßnahme in einer echt parallel arbeitenden Anwendung sein mag, so unerwünscht ist der dadurch entstehende Overhead, falls die Anwendung alle HALCON-Operatoren rein sequentiell aufruft. Für den letzteren Fall kann man dem System die sequentielle Arbeitsweise durch das Setzen auf *'false'* signalisieren. Hierauf werden die internen Synchronisierungsmechanismen außer Kraft gesetzt, so dass sich der Overhead verringert. Daraus folgt natürlich, dass HALCON dann nicht mehr thread-safe ist. Hierdurch ergibt sich als Seiteneffekt, dass durch das Setzen von *'reentrant'* auf *'false'* auch die interne Parallelisierung außer Kraft gesetzt wird, die HALCON normalerweise einsetzt, um die Abarbeitung von Operatoren auf Mehrprozessormaschinen zu beschleunigen. Wird *'reentrant'* hingegen auf *'true'* gesetzt, so geht HALCON in den Standardbetrieb über, das heißt, es arbeitet thread-safe und es setzt die automatische Parallelisierung von Operatoren ein.

Value: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*

*'thread_num' **)*, *'tsp_thread_num'*: Setzt die Anzahl der Threads, die von HALCON für die automatische Operator Parallelisierung (AOP) verwendet werden. Die Zahl beinhaltet den Main-Thread und kann aus Effizienzgründen die Anzahl der Prozessoren nicht übersteigen. Das Herabsetzen der Threadanzahl ist interessant, wenn neben der automatischen Parallelisierung weitere Arbeitsthreads des Benutzers Prozessoren belegen. Damit kann die Anzahl von verarbeitenden Threads in einer Applikation der Prozessoranzahl angeglichen werden. Wurde für den HALCON-Prozess eine Prozessorzugehörigkeit festgelegt, kann mit *'default'* auf diese festgelegte Anzahl zurückgeschaltet werden. Andernfalls setzt *'default'* die Threadanzahl auf die Anzahl der Prozessoren. Wenn die Thread-spezifische Variante (*'tsp_thread_num'*) verwendet wird, reserviert HALCON die angegebene Anzahl an Threads exklusiv für den aufrufenden Thread. Falls die Summe der Thread-spezifisch reservierten Threads die über *'thread_num'* spezifizierte Anzahl von Threads übersteigt, so wird letztere entsprechend erhöht. Wurden für den aufrufenden Thread noch keine AOP-Threads Thread-spezifisch reserviert, gibt get_system für den Parameterwert *'tsp_thread_num'* den Wert -1 zurück.
Gibt man als Anzahl der Threads 1 an, wird die automatische Parallelisierung ausgeschaltet (Thread-spezifisch, wenn angegeben).
Value: *1* <= Value <= *'processor_num'*, *'default'*
Default: *'default'*

*'thread_pool' **)*: Gibt an, ob HALCON für die automatische Parallelisierung stets neue Threads erzeugt (*'false'*) oder auf einen bestehenden Pool von Threads zurückgreift (*'true'*). Mit der Aktivierung eines Thread-Pools arbeitet die automatische Parallelisierung effizienter. Wird die automatische Parallelisierung jedoch dauerhaft nicht benötigt, kann der Pool deaktiviert werden, um Ressourcen des Betriebssystems zu sparen.
Value: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*

- **Datei:**

'flush_file': Mit diesem Parameter wird festgelegt, ob die Ausgabezeichen des Operators fwrite_string direkt im Ausgabemedium angezeigt werden. Wenn er auf *'false'* gesetzt ist, werden die Zeichen auf dem Terminal in der Regel erst nach einem Aufruf des Operators fnew_line sichtbar.
Value: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*

'ocr_trainf_version': Dieser Parameter legt die Version des Dateiformats fest, mit dem eine OCR-Trainingsdatei geschrieben wird. So speichern die Operatoren write_ocr_trainf, write_ocr_trainf_image und concat_ocr_trainf die Trainingsdaten für Versionsnummer *1* im ASCII-Format und für Versionsnummer *2* und *3* im Binärformat ab. Versionsnummer *3* kann byte- und uint2-Bilder abspeichern. Die binäre Version schreibt und liest die Daten schneller und speichert die Datei in einem komprimierteren Format ab. Das ASCII-Format ist kompatibel zu älteren HALCON-Releases. Abhängig von der Version des Dateiformats können die OCR-Trainingsdateien von folgenden HALCON-Releases eingelesen werden:

  - *1* - Alle HALCON-Releases
  - *2* - 7.0.2 und höher
  - *3* - 7.1 und höher

Value: *1*, *2*, *3*
Default: *3*

'filename_encoding': Dieser Parameter existiert nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität und sollte nicht mehr verwendet werden. Er bestimmt wie die HALCON Bibliothek intern Zeichenketten darstellt. Der Standard ist UTF-8, welches alle Zeichen des Unicode-Standards unterstützt.
Die Zeichenkodierung der Datacode-Leser, Datei-Handles, Sockets, Tupel-Operatoren, der HALCON/C++ Schnittstelle und der HALCON/C Schnittstelle ist unabhängig von diesem Parameter. Für alle kann UTF-8 oder das lokale 8-Bit-Encoding als Zeichenkodierung verwendet werden. Siehe dazu die entsprechende Dokumentation.
Die Einstellung *'filename_encoding'* ist global und beeinflusst alle Threads. Dies bedeutet, wird dieser Wert in einem Thread geändert während andere Threads Strings bearbeiten, resultiert ein undefiniertes Verhalten, welches zu Abstürzen führen kann. Erfordert eine eine ältere Anwendung weiterhin, dass die HALCON-Bibliothek intern das lokale 8-Bit-Encoding verwendet, findet man Hinweise zum Legacy-Modus in den Technical Updates .

Value: *'utf8'* oder *'locale'*
Default: *'utf8'*

'write_halcon_files_encoding': Seit HALCON 18.05 wird in allen proprietären HALCON-Dateien sowie beim Serialisieren UTF-8 zum Kodieren von benutzerdefinierten Strings verwendet. Das betrifft vor allem das Schreiben von HALCON-Tupeln als auch die OCR- und OCV-Klassifikatoren, Trainingsdaten und Sample-Identifikatoren, da diese vom Anwender definierte Klassen- bzw. Zeichennamen enthalten können. Dadurch wird der Austausch dieser Dateien zwischen unterschiedlichen Betriebssystemen, Ländern und Spracheinstellungen deutlich vereinfacht. Soll eine Datei mit Sonderzeichen allerdings auch in einer Anwendung verwendet werden, die mit einer älteren HALCON-Version (vor HALCON 18.05) gebaut wurde und sich auf das lokale Encoding der Strings verlässt, kann mit Hilfe dieser Option das Schreiben mit dem lokalen Encoding erzwungen werden. Das ist nicht notwendig, wenn die zu schreibenden HALCON-Dateien nur reine ASCII-Strings enthalten. Außerdem gilt diese Option nur für proprietäre HALCON-Dateien, nicht jedoch für Anwender-Dateien, die z.B. mit `open_file` geöffnet werden.
Value: *'locale'* oder *'utf8'*
Default: *'utf8'*

'read_halcon_files_encoding_fallback': Ältere proprietäre HALCON-Dateien (vor HALCON 18.05) werden standardmäßig mit dem lokalen System-Encoding gelesen. Wurde stattdessen die einzulesende Datei bereits in UTF-8 geschrieben, erlaubt diese Option das Encoding für das Lesen zu ändern. Das betrifft vor allem das Lesen von HALCON-Tupeln als auch die OCR- und OCV-Klassifikatoren, Trainingsdaten und Sample-Identifikatoren, da diese vom Anwender definierte Klassen- bzw. Zeichennamen enthalten können. Dabei ist zu beachten, dass diese Option keinen Einfluss auf das Lesen von neueren HALCON-Dateien (ab HALCON 18.05) hat und auch nicht angegeben werden muss für Dateien, die nur reine ASCII-Strings enthalten. Außerdem gilt diese Option nur für proprietäre HALCON-Dateien, nicht jedoch für Anwender-Dateien, die z.B. mit `open_file` geöffnet werden.
Value: *'locale'* oder *'utf8'*
Default: *'locale'*

'tuple_string_operator_mode', *'tsp_tuple_string_operator_mode'*: Dieser Parameter bestimmt, wie UTF-8 Strings durch Tupel-String-Operatoren, wie `tuple_ord`, `tuple_strlen` oder `tuple_substr` verarbeitet werden, wenn *'filename_encoding'* auf den Wert *'utf8'* gesetzt ist, welcher dem Defaultwert entspricht. Standardmäßig werden Strings nicht byteweise, sondern zeichenweise bzw. nach Unicode-Codepoints verarbeitet. D.h. alle Zeichen, die aus einem einzelnen Unicode-Codepoint gebildet werden, haben eine Stringlänge von 1, und der Zugriff auf das n-te Element eines Strings gibt immer den Unicode-Codepoint des entsprechenden Zeichens zurück, unabhängig davon, wie viel Bytes benötigt werden, um den Codepoint oder die Codepoints davor in UTF-8 darzustellen. Dieses Verhalten kann geändert werden, indem *'tuple_string_operator_mode'* auf *'byte'* gesetzt wird. In diesem Modus werden Strings byteweise verarbeitet.
Value: *'codepoint'* oder *'byte'*
Default: *'codepoint'*

- **Verzeichnisse:**

'halcon_dir' *): Dieser Parameter liefert das Hauptverzeichnis der HALCON-Installation zurück.
Value: Name des Verzeichnisses.

'example_dir' *): HDevelop-Beispielprogramme werden im Verzeichnis *'example_dir'* gesucht, wenn sie z.B. über den Dialog `HDevelop Beispielprogramme durchsuchen` oder aus den Abschnitten `HDevelop Beispiele` der Operator-Referenz geladen werden. Es ist zu beachten, dass diese Mechanismen zum Laden von HDevelop Beispielprogrammen nur dann funktionieren, wenn *'example_dir'* auf ein Verzeichnis gesetzt ist, welches die installierten HDevelop Beispielprogramme enthält.
Value: Name des Verzeichnisses.

'calib_dir' *): Kameramodellparameter (z.B. `read_cam_par`) werden im aktuellen Verzeichnis und im *'calib_dir'* gesucht (sofern keine absoluten Pfade angegeben werden). Man kann mehrere Verzeichnisse angeben (Suchpfad), jeweils getrennt durch ein Semikolon (Windows) bzw. einen Doppelpunkt (unixartige Systeme).
Value: Name des Verzeichnisses.

'dl_dir' *): Deep Learning Modelldaten (z.B. `read_dl_model`) werden im aktuellen Verzeichnis und im *'dl_dir'* gesucht (sofern keine absoluten Pfade angegeben werden). Man kann mehrere Verzeichnisse angeben (Suchpfad), jeweils getrennt durch ein Semikolon (Windows) bzw. einen Doppelpunkt (unixartige Systeme).
Value: Name des Verzeichnisses.

'filter_dir' ***):** Filterparameter (z.B. `convol_image`) werden im aktuellen Verzeichnis und im *'filter_dir'* gesucht (sofern keine absoluten Pfade angegeben werden). Man kann mehrere Verzeichnisse angeben (Suchpfad), jeweils getrennt durch ein Semikolon (Windows) bzw. einen Doppelpunkt (unixartige Systeme).
`Value`: Name des Verzeichnisses.

'image_dir' ***):** Bilddaten (z.B. `read_image` und `read_sequence`) werden im aktuellen Verzeichnis und im *'image_dir'* gesucht (sofern keine absoluten Pfade angegeben werden). Man kann mehrere Verzeichnisse angeben (Suchpfad), jeweils getrennt durch ein Semikolon (Windows) bzw. einen Doppelpunkt (unixartige Systeme). Der Pfad kann auch mit der Umgebungsvariablen HALCONIMAGES festgelegt werden.
`Value`: Name des Verzeichnisses.

'3d_model_dir' ***):** 3D-Objektmodelle (z.B. `read_object_model_3d`) werden im aktuellen Verzeichnis und im *'3d_model_dir'* gesucht (sofern keine absoluten Pfade angegeben werden). Man kann mehrere Verzeichnisse angeben (Suchpfad), jeweils getrennt durch ein Semikolon (Windows) bzw. einen Doppelpunkt (unixartige Systeme).
`Value`: Name des Verzeichnisses.

'lut_dir' ***):** Farbtabellen (`set_lut`), die als ASCII-Datei realisiert sind, werden im aktuellen Verzeichnis und im *'lut_dir'* gesucht (sofern keine absoluten Pfade angegeben werden). Per Standardeinstellung sucht HALCON die Farbtabellen im Unterverzeichnis `'lut'`.
`Value`: Name des Verzeichnisses.

'help_dir' ***):** Die Online-Textdateien german oder english.hlp, .key, .sta, .num und .idx werden im aktuellen Verzeichnis und im *'help_dir'* gesucht. Dieser Systemparameter wird u.a. für `get_operator_info` und `get_param_info` benötigt. Dieser Parameter kann auch vor dem Aufruf von HALCON durch die Umgebungsvariable HALCONROOT gesetzt werden. Dabei muss die Variable auf das Verzeichnis oberhalb des Hilfe-Verzeichnisses zeigen (das ist das HALCON Home-Verzeichnis): z.B.: '/usr/local/halcon'
`Value`: Name des Verzeichnisses.

'ocr_dir' ***):** OCR Klassifikatoren (z.B. `read_ocr_class_knn`) werden im aktuellen Verzeichnis und im *'ocr_dir'* gesucht (sofern keine absoluten Pfade angegeben werden). Man kann mehrere Verzeichnisse angeben (Suchpfad), jeweils getrennt durch ein Semikolon (Windows) bzw. einen Doppelpunkt (unixartige Systeme).
`Value`: Name des Verzeichnisses.

- **Andere:**

*'disabled_operators'***:** Mit diesem Parameter können einzelne HALCON-Operatoren deaktiviert werden. Dies kann sinnvoll sein, wenn ein Programm Benutzer-definierte HDevelop-Skripten ausführen kann, aber aus Sicherheitsgründen verhindert werden soll, dass bestimmte Operatoren wie z.B. `system_call` ausgeführt werden können. Jeder Versuch, einen deaktivierten Operator auszuführen, liefert den Fehler H_ERR_OP_DISABLED (9055) zurück. Es ist zu beachten, dass ein einmal deaktivierter Operator während der Restlaufzeit des aktuellen Prozesses nicht wieder aktiviert werden kann.
Der Wert für diesen Parameter ist ein Tupel, das die Namen aller zu deaktivierenden Operatoren enthält.

'do_low_error' ***):** Bestimmt das Verhalten im Fall von HALCON Low-Level-Fehlern.

- Ist der Parameter *'do_low_error'* auf *'false'* gesetzt, so werden keine Low-Level-Fehler ausgegeben. Die Low-Level-Fehler werden jedoch weiterhin in der Ausgabekonsole (einem Fenster, in dem man ein Protokoll der letzten Meldungen ansehen kann) angezeigt, die über das Fenster-Menü aufgerufen werden kann.
- Ist der Parameter auf *'disabled'* gesetzt, so werden die Low-Level-Fehler ganz unterdrückt und erscheinen auch in der Ausgabekonsole nicht mehr.
- Ist der Parameter auf *'stderr'* bzw. *'message_box'* gesetzt, so wird der entsprechende Low-Level-Fehlertext in die Standard-Fehlerausgabe geschrieben, bzw. wird ein Dialog geöffnet, der den Fehlertext anzeigt (letztere Funktionalität ist nur auf Windows Systemen implementiert).
- Mithilfe des Parameterwertes *'callback'* kann eine Callback-Prozedur angegeben werden, die im Falle eines Low-Level-Fehlers aufgerufen werden soll. Die Adresse dieser Callback-Prozedur wird im zweiten Indexeintrag des Parameters `Value` angegeben.
  Die Signatur der Callback-Funktion lautet folgendermaßen:
  ```
  void LowErrorCallbackProc(const char* err_text)
  ```
  Auf Windows 32-Bit-Systemen wird die __stdcall Namenskonvention verwendet:
  ```
  void (__stdcall LowErrorCallbackProc)(const char* err_text)
  ```

Der Parameterwert *'callback'* kann in HDevelop nur verwendet werden, falls als Callback-Prozedur 0 angegeben wird. In diesem Fall erfolgt keine Fehlerausgabe. Die Zeichenkodierung der Fehlermeldung entspricht der Zeichenkodierung der HALCON-Bibliothek wie sie mit *'filename_encoding'* bestimmt ist.

- Sollen Low-Level-Fehlertexte in eine Datei geschrieben werden, so kann dies über den Parameterwert *'file'* angegeben werden. Dabei muss das Handle einer zuvor mittels `open_file` geöffneten Datei zusätzlich übergeben werden.
- Die Parameterwerte *'callback'* bzw. *'file'* können nur in Kombination mit einer entsprechenden callback-Prozedur bzw. einem File-Handle verwendet werden.
- Für *'do_low_error'* können, mit Ausnahme von *'false'*, auch mehrere Parameterwerte in einem Tupel übergeben werden. Die entsprechenden Aktionen werden im Fall eines Low-Level-Fehlers in der Reihenfolge der im Parameterwertetupel angegebenen Werte ausgeführt. Beinhaltet das Tupel mehrmals den gleichen Parameterwert, so wird lediglich das erste Vorkommnis berücksichtigt, d.h. es ist nicht möglich, im Fehlerfall die gleiche Aktion öfters ausführen zu lassen. Falls für *'do_low_error'* mehrere Parameterwerte oder einer der Werte *'file'* oder *'callback'* angegeben werden, so kann *'do_low_error'* nicht zusammen mit anderen Systemparametern in einem Aufruf von `set_system` gesetzt werden.
- Jedes Setzen von *'do_low_error'* mittels `set_system` überschreibt die vorherigen Einstellungen dieses Systemparameters.
- Wird *'do_low_error'* ausschließlich auf den Wert *'true'* gesetzt, so entspricht dies auf Windows-Systemen dem Parameterwert *'message_box'* und auf unixartigen Systemen dem Parameterwert *'stderr'*.

`Value`: *'true'*, *'false'*, *'disabled'*, *'stderr'*, *'message_box'*, *'callback'*, *'file'*
Default: *'false'*

'cancel_draw_result', *'tsp_cancel_draw_result'*: Viele "draw_"Operatoren (wie z.B. `draw_region` oder `draw_rectangle1`) können abgebrochen werden, indem das Zeichnen mit der rechten Maustaste beendet wird, ohne zuvor neue Objekte gezeichnet oder bestehende modifiziert zu haben. "draw_"Operatoren können auch über die Stopptaste im HDevelop abgebrochen werden. Der abgebrochene Operator liefert leere Objekte bzw. leere Tupel zurück. *'cancel_draw_result'* steuert das Verhalten von "draw_"Operatoren die abgebrochen wurden.
Mögliche Werte für `Value`:

- *'true'*: Es wird kein Fehler zurückgegeben.
- *'exception'*: Eine Fehlerbehandlung wird durchgeführt.

Default: *'true'*

'seed_rand': Setzt den Seed des threadspezifischen Zufallszahlengenerators, der in Operatoren wie beispielsweise `tuple_rand` verwendet wird. Wurde kein Seed gesetzt, wird unter anderem die Systemzeit beim ersten Aufruf von einem der genannten Operatoren als Seed verwendet. Der verwendete Seed kann dann mit `get_system` abgefragt werden.
Dieser Parameter akzeptiert nur ganzzahlige Werte oder den String *'default'* um das das Defaultverhalten wiederherzustellen.

'cudnn_deterministic': Legt fest, ob die cuDNN-Bibliothek für Deep Learning deterministische Algorithmen verwendet, um die bitweise Reproduzierbarkeit bei Ausführung auf GPUs mit der gleichen Architektur und der gleichen Anzahl von SMs zu erzwingen. Der verwendete Wert kann dann mit `get_system` abgefragt werden.
Beachten Sie, dass die Reproduzierbarkeit über verschiedene cuDNN-Versionen hinweg nicht gewährleistet ist. Weiter kann die Verwendung von deterministischen Algorithmen auf manchen Architekturen zur Verlangsamung der Berechnungen führen.
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'false'*

'cudnn_tuning': Legt die Methode zur Auswahl der Faltungsalgorithmen durch die cuDNN-Bibliothek für Deep Learning fest. Anschließend kann der verwendete Wert mit `get_system` abgefragt werden.
Diese Einstellung gilt nur für Modelle, die nach dem Setzen der Einstellung für die CUDA-basierte Laufzeit initialisiert werden. Bereits initialisierte Modelle ändern daher ihre Faltungsalgorithmen nicht.
Beachten Sie, dass diese Einstellung nur gilt, wenn *'cudnn_deterministic'* auf *'false'* gesetzt ist.
Mögliche Werte für `Value`:

- *'heuristic'*: Verwendet eine statische Heuristik. Für die gleichen Faltungen auf derselben GPU werden die gleichen Algorithmen ausgewählt.

- *'deterministic'*: Verhält sich wie *'cudnn_deterministic'* auf *'true'*.
- *'fastest'*: Wählt die schnellsten verfügbaren Faltungsalgorithmen aus. Beachten Sie, dass diese Algorithmen mehr GPU-Speicher benötigen können. Siehe unten für mehr Informationen.
- *'memory'*: Wählt die Faltungsalgorithmen aus, die weniger GPU-Speicher benötigen. Beachten Sie, dass diese Algorithmen tendenziell eine geringere Leistung aufweisen. Siehe unten für mehr Informationen.

Beachten Sie, dass für *'fastest'* und *'memory'* die Algorithmenauswahl auf einer Online-Devicemessung basiert. Dadurch ist die Device Initialisierung vom Deep Learning Modell deutlich langsamer als für *'heuristic'* oder *'deterministic'*. Darüber hinaus können für *'fastest'* und *'memory'* unterschiedliche Algorithmen für die gleichen Faltungen auf derselben GPU ausgewählt werden, da die Auswahl stark von der aktuellen Systemauslastung abhängt.
Default: *'heuristic'*

'clock_mode': Legt fest, auf welche Art die Messung von Zeitintervallen in `count_seconds` erfolgt.
`Value`:

- *'performance_counter'* misst die vergangene Systemzeit mit möglichst hoher Genauigkeit. In Abhängigkeit vom verwendeten Betriebssystem werden unterschiedliche Verfahren verwendet. Sollten bestimmte Messfunktionen vom jeweiligen System nicht unterstützt werden, wird auf weniger hoch aufgelöste Verfahren zurückgegriffen. Unter Windows wird der Performance Counter benutzt. Für nähere Informationen über den Performance Counter wird auf die Windows Dokumentation im Microsoft Developer Network (MSDN) verwiesen. Der Performance Counter bietet, soweit vorhanden, die beste Genauigkeit (unter einer Millisekunde). Allerdings besteht die Möglichkeit, dass er aufgrund von Problemen mit der Energieverwaltung und/oder dem Multithreading falsche Werte liefert. Wird unter Windows kein Performance Counter unterstützt, so greift die Einstellung *'multimedia_timer'*. Auf unixartigen Systemen (z.B. Linux) ist die Genauigkeit ebenso unter einer Millisekunde und auch hier könnten Probleme durch Energieverwaltung und Multithreading auftreten. Sollten Probleme dieser Art auftreten, können Sie die Einstellung *'elapsed_time'* verwenden.
- *'elapsed_time'* misst die vergangene Systemzeit ähnlich wie bei der Einstellung *'performance_counter'*. Der Unterschied besteht darin, dass Messfunktionen verwendet werden, die eine geringere Auflösung haben, aber dafür weniger sensibel auf Energieverwaltung und Multithreading reagieren. Die Genauigkeit liegt in der Regel bei einer Millisekunde. Diese Einstellung sollte verwendet werden, wenn die Messungen im Modus *'performance_counter'* unzuverlässig sind und Ihnen die Auflösung von einer Millisekunde ausreicht.
- *'multimedia_timer'* verwendet unter Windows die Multimedia Timer. Für nähere Informationen über Multimedia Timer wird auf die Windows Dokumentation im Microsoft Developer Network (MSDN) verwiesen. Multimedia Timer stellen eine Auflösung von einer Millisekunde bereit. Sollte auf Ihrem System diese Auflösung nicht erreicht werden, können Sie versuchen diese mittels der Windows Funktionen 'timerBeginPeriod' und 'timerEndPeriod' zu erhöhen (mehr Informationen darüber finden Sie ebenso im MSDN). Unter unixartigen Betriebssystemen gibt es keine Multimedia Timer, und daher werden dort dieselben Verfahren wir im Modus *'performance_counter'* verwendet.
- *'processor_time'* misst die CPU-Rechenzeit des aktuellen Prozesses. Diese Messung ist weitgehend unabhängig von der Systemlast durch andere Prozesse. Ein großer Nachteil ist jedoch, dass auf den meisten Systemen die Auflösung gering und daher die Messung ungenau ist. Weiterhin ist zu beachten, dass die Laufzeit vieler Anwendungen nicht nur durch CPU-Rechenzeit, sondern auch durch Input/Output oder das Speicherverhalten stark beeinflusst wird. In solchen Anwendungen sollte die Einstellung *'performance_counter'* oder *'elapsed_time'* verwendet werden.

Default: *'performance_counter'*
Man beachte, dass bei den Einstellungen *'performance_counter'* und *'elapsed_time'* die tatsächlich vergangene Systemzeit gemessen wird. Die Länge eines gemessenen Intervalls hängt folglich auch von der Auslastung des Systems durch weitere Prozesse ab. Wird dieser Modus zur Messung der Verarbeitungszeit des eigenen Prozesses verwendet, muss der Benutzer dafür sorgen, dass die Zeitmessung nicht durch andere Prozesse gestört wird.

'timer_mode': Legt fest, auf welche Art die Zeitmessung bei Timeouts durchgeführt werden soll.
`Value`:

- *'elapsed_time'*: Siehe Beschreibung in Abschnitt *'clock_mode'*.
- *'multimedia_timer'*: Siehe Beschreibung in Abschnitt *'clock_mode'*.
- *'performance_counter'*: Siehe Beschreibung in Abschnitt *'clock_mode'*.

Default: *'multimedia_timer'* auf Windows-Systemen, *'elapsed_time'* auf unixartigen Systemen

'tsp_clear_extended_error': Löscht die erweiterte Fehlerinformation des aktuellen Threads.

'system_time_base': Legt fest, wie die Systemzeit ausgelesen wird. Die Systemzeit ist mittels `get_system_time` abrufbar.
`Value`: *'UTC'* (Coordinated Universal Time), *'localtime'* (systemweit eingestellte Lokalzeit)
Default: *'localtime'*

'max_connection': Legt die maximale Anzahl von Regionen fest, die von `connection` zurückgeliefert wird. Für `Value`=*0* werden alle Regionen zurückgeliefert.
`Value`: >=*0*
Default: *0*

'extern_alloc_funct' ***):** Zeiger auf externe Funktion zur Speicherallokation von Ergebnisbildern. Diese Funktion sollte die folgende Signatur haben: 'void* ExternAllocFunc(size_t)'. Wenn *0* übergeben wird, dann wird die HALCON-Allokationsfunktion verwendet.
`Value`: Funktionszeiger.
Default: *0*

'extern_free_funct' ***):** Zeiger auf externe Funktion zur Speicherfreigabe von Ergebnisbildern. Diese Funktion sollte die folgende Signatur haben: 'void ExternFreeFunct(void*)'. Wenn *0* übergeben wird, dann wird die HALCON-Freigabefunktion verwendet.
`Value`: Funktionszeiger.
Default: *0*

'image_cache_capacity' ***):** Um das Allokieren von neuen Bildern zu beschleunigen, wird bestehender Bildspeicher nicht freigegeben sondern wiederverwendet, solange die Speichergröße aller gepufferten Bilder die angegebene Grenze nicht überschreitet. Mit diesem Parameter kann man die Obergrenze für Speicher in Bytes setzen. Diese Funktionalität kann abgeschaltet werden, indem *'image_cache_capacity'* auf 0 gesetzt wird.
`Value`: Obergrenze für die Größe des HALCON-Bildspeichers.
Default: 16777216 (16MByte)

'global_mem_cache': Modus des Caches für globalen, außerhalb von Operatoren sichtbaren Speicher. Er regelt, ob unbenutzter globaler Speicher für jeden Thread separat zwischengespeichert (*'exclusive'*) oder freigegeben (*'idle'*) wird. Ist das Zwischenspeichern mit *'exclusive'* aktiviert, werden die Speicherallokation und die Rechengeschwindigkeit auf Kosten des Speicherbedarfs beschleunigt. Mit Hilfe des Aktionsparameters *'cleanup'* können der im Cache gehaltene Speicher bei Bedarf wieder physikalisch freigegeben werden. Für weitere Informationen zu HALCON's Caching-Mechanismus siehe die Technical Note `HALCON Memory Management`.
`Value`: *'idle'*, *'exclusive'*, *'cleanup'*
Default: *'exclusive'*

'temporary_mem_cache' ***),** *'tsp_temporary_mem_cache'*: Dieser Parameter steuert den Betriebsmodus des Caches für temporären Speicher, mit dessen Hilfe Anwendungen beschleunigt werden können. Für die meisten Anwendungen ist die Standardeinstellung (*'exclusive'*) die beste Wahl. Für weitere Informationen zu HALCON's Caching-Mechanismus siehe die Technical Note `HALCON Memory Management`.
Folgende Modi werden unterstützt:

- *'idle'* Der Cache ist abgeschaltet. In diesem Modus wird am wenigsten Speicher verbraucht, dafür wird die Anwendung aber langsamer laufen als in den anderen Modi.
- *'shared'* Alle temporären Speicherblöcke werden im globalen Reservoir für temporäre Speicherblöcke gecached. Dieser Modus benötigt weniger Speicher als der *'exclusive'*-Modus, allerdings wird die Anwendung im Normalfall etwas langsamer laufen.
- *'exclusive'* Alle temporären Speicherblöcke werden lokal von jedem Thread gecached. Dieser Modus verwendet am meisten Speicher, dafür wird aber normalerweise die Anwendung am schnellsten laufen.
- *'aggregate'* Temporäre Speicher-Superblöcke, die größer als der mit dem Parameter *'alloctmp_max_blocksize'* eingestellte Schwellenwert sind, werden im globalen Reservoir gecached, während alle kleineren Superblöcke zu einem einzigen Speicher-Superblock zusammengefasst werden, den jeder Thread lokal cached. Falls das globale Reservoir deaktiviert wird werden die größeren Superblöcke stattdessen freigegeben. Die Größe des zusammengefassten Superblocks bestimmt sich aus dem maximalen Bedarf an temporärem Speicher, den ein Thread bisher festgestellt hat, wird aber nicht größer sein als *'alloctmp_max_blocksize'*, bzw. kleiner als *'alloctmp_min_blocksize'* (sofern der entsprechende Parameter gesetzt ist).

Das Setzen des Cachemodus auf *'idle'* (oder *'false'*) geschieht exklusiv, siehe den obigen Abschnitt „Parallelisierungsinformation“. Im Gegensatz dazu geschieht das Setzen des Cachemodus auf einen anderen Modus im reentrant Modus, also ohne Blockieren anderer HALCON Operatoren.
Aus Kompatibilitätsgründen akzeptiert der Parameter auch die Werte *'false'* und *'true'*; dies entspricht *'idle'* bzw. *'exclusive'*.
`Value`: *'idle'*, *'shared'*, *'exclusive'*, oder *'aggregate'*
Default: *'exclusive'*

'temporary_mem_reservoir', *'tsp_temporary_mem_reservoir'* Wird dieser Parameter auf *'true'* gesetzt, ist das globale Reservoir für temporäre Speicherblöcke aktiviert. Ist er auf *'false'* gesetzt, ist das Reservoir deaktiviert und alle Speicher-Superblöcke, die sonst im Reservoir gecached würden, werden statt dessen freigegeben.
Jeder Thread, der neuen temporären Speicher benötigt, prüft zuerst, ob im Reservoir ein entsprechender Superblock verfügbar ist, bevor er vom System neuen Speicher anfordert. Speicher-Superblöcke werden von Threads belegt, deren Caches für temporären Speicher im Modus *'shared'* oder *'aggregate'* betrieben werden.
Die globale Einstellung dieses Parameters hat Vorrang vor der thread-spezifischen Einstellung, d.h. wenn *'temporary_mem_reservoir'* auf *'true'* gesetzt ist, wird die Einstellung für *'tsp_temporary_mem_reservoir'* ignoriert.
`Value`: *'false'* oder *'true'*
Default: *'true'*

'temporary_mem_reservoir_size': Die Anzahl von Bytes, die maximal im globalen Reservoir für temporäre Speicherblöcke gecached werden. Wird dieser Parameter auf *-1* gesetzt, ist das Reservoir nur von der insgesamt verfügbaren Speichermenge begrenzt.
`Value`: *-1* oder >= *0*
Default: *-1*

'alloctmp_min_blocksize', *'tsp_alloctmp_min_blocksize'* Minimale Größe der Speicher-Superblöcke (in Bytes), die von der temporären Speicherverwaltung gecached werden. (Ohne Effekt, falls *'temporary_mem_cache'* == *'false'*). Mit der Standardeinstellung *-1* verwendet HALCON eine auf der Bildgröße basierende Heuristik, um eine vernünftige Superblockgröße zu bestimmen. Für die meisten Anwendungen ist dies die beste Einstellung. Wird dieser Parameter auf einen Wert größer gleich Null gesetzt, verwendet HALCON an Stelle der Heuristik diesen Wert. Die minimale Größe wird ignoriert, sofern ein HALCON Operator ein Speicherobjekt benötigt, das nicht in einen Block dieser Größe hineinpasst.
`Value`: *-1* oder >= *0*
Default: *-1*

'alloctmp_max_blocksize', *'tsp_alloctmp_max_blocksize'* Wird ein Wert größer oder gleich 0 gesetzt, so wird die Größe temporärer Speicher-Superblocks einer Heuristik folgend limitiert wenn *'alloctmp_min_blocksize'* auf *-1* gesetzt ist (keine Auswirkung falls *'temporary_mem_cache'* == *'idle'*). HALCON kann, falls nötig, weiterhin Superblöcke allokieren, die größer als das Limit sind. Mit dem Standardwert *-1* wird die durch die Heuristik bestimmte Größe des Superblocks nicht durch HALCON limitiert. Dies ist für die meisten Anwendungen die beste Wahl. Im *'aggregate'*-Modus begrenzt dieser Parameter zusätzlich die maximale Größe des kombinierten Speicher-Superblocks und bestimmt, ab welcher Größe temporäre Speicher-Superblöcke im globalen Reservoir gecached werden. In allen Modi wird dieser Parameter ignoriert, wenn ein HALCON Operator ein temporäres Speicherobjekt benötigt, das größer als die aktuelle maximale Blockgröße ist.
`Value`: *-1* oder >= *0*
Default: *-1*

'database' *: Legt fest, ob die in HALCON instanziierten Bilddatenobjekte in den fünf Relationen (Grauwertdaten, Regionendaten, XLDs, Bildobjekte und Objekttupel) der HALCON-Datenbank gelistet werden. Die Relationen können dann beispielsweise zur Fehlerbeseitigung genutzt werden. Beachte, dass das Sammeln von Informationen für die Datenbank nicht thread-safe ist, wenn ikonisch Objekte zwischen den Threads ausgetauscht werden, d.h. wenn Objekte in einem anderen Thread zerstört werden als in dem sie erzeugt wurden.
Siehe auch `count_relation`,`reset_obj_db`.
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'false'*

'reset_used_modules' *: Das Setzen dieses Parameters auf einen beliebigen Wert setzt die verwendeten Module zurück, die von `get_modules` gemeldet werden.

'mmx_enable': Bestimmt, ob MMX-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-

Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'mmx_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU MMX unterstützt, sonst *'false'*

'sse_enable': Bestimmt, ob SSE-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'sse_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU SSE unterstützt, sonst *'false'*

'sse2_enable': Bestimmt, ob SSE2-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'sse2_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU SSE2 unterstützt, sonst *'false'*

'sse3_enable': Bestimmt, ob SSE3-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'sse3_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU SSE3 unterstützt, sonst *'false'*

'ssse3_enable': Bestimmt, ob SSSE3-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'ssse3_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU SSSE3 unterstützt, sonst *'false'*

'sse41_enable': Bestimmt, ob SSE41-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'sse41_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU SSE41 unterstützt, sonst *'false'*

'sse42_enable': Bestimmt, ob SSE42-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'sse42_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU SSE42 unterstützt, sonst *'false'*

'avx_enable': Bestimmt, ob AVX-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'avx_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU AVX unterstützt, sonst *'false'*

'avx2_enable': Bestimmt, ob AVX2-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'avx2_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU AVX2 unterstützt, sonst *'false'*

'avx2_gather_enable': Bestimmt, ob AVX2-Gather-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'avx2_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: entspricht *'avx2_gather_recommended'*

'avx512f_enable': Bestimmt, ob AVX512F-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'avx512f_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU AVX512F unterstützt, sonst *'false'*

'avx512dq_enable': Bestimmt, ob AVX512DQ-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'avx512dq_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*

Default: *'true'*, falls die CPU AVX512DQ unterstützt, sonst *'false'*

'avx512bw_enable': Bestimmt, ob AVX512BW-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'avx512bw_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU AVX512BW unterstützt, sonst *'false'*

'avx512cd_enable': Bestimmt, ob AVX512CD-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'avx512cd_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU AVX512CD unterstützt, sonst *'false'*

'avx512vl_enable': Bestimmt, ob AVX512VL-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'avx512vl_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU AVX512VL unterstützt, sonst *'false'*

'avx512vbmi_enable': Bestimmt, ob AVX512VBMI-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'avx512vbmi_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU AVX512VBMI unterstützt, sonst *'false'*

'avx512ifma_enable': Bestimmt, ob AVX512IFMA-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'avx512ifma_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU AVX512IFMA unterstützt, sonst *'false'*

'avx512vbmi2_enable': Bestimmt, ob AVX512VBMI2-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'avx512vbmi2_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU AVX512VBMI2 unterstützt, sonst *'false'*

'avx512vpopcntdq_enable': Bestimmt, ob AVX512VPOPCNTDQ-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'avx512vpopcntdq_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU AVX512VPOPCNTDQ unterstützt, sonst *'false'*

'avx512bitalg_enable': Bestimmt, ob AVX512BITALG-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'avx512bitalg_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU AVX512BITALG unterstützt, sonst *'false'*

'avx512vnni_enable': Bestimmt, ob AVX512VNNI-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'avx512vnni_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU AVX512VNNI unterstützt, sonst *'false'*

'neon_enable': Bestimmt, ob NEON-Operationen zur Beschleunigung ausgewählter Bildverarbeitungs-Operatoren verwendet werden sollen (*'true'*) oder nicht (*'false'*). (Ohne Effekt, falls *'neon_supported'* == *'false'*, siehe hierzu Operator `get_system`)
`Value`: *'true'*, *'false'*
Default: *'true'*, falls die CPU NEON unterstützt, sonst *'false'*

'language' *): Sprache, in der die Fehlermeldungen ausgegeben werden.
`Value`: *'english'*, *'german'*
Default: *'english'*

'add_progress_callback', *'remove_progress_callback'*: Setzt bzw. entfernt eine Callback-Funktion zum Anzeigen von Operatorfortschritt und -nachrichten. Die Callback-Funktion wird von Operatoren, die dies unterstützten, in unregelmäßigen Abständen aufgerufen um den Fortschritt oder eine Nachricht anzuzeigen.

Die Signatur der Callback-Funktion ist

```
void HProgressBarCallback(Hlong id, const char *operator_name,
double progress, const char *message)
```

Auf Windows 32-Bit-Systemen wird die __stdcall Namenskonvention verwendet:

```
void (__stdcall HProgressBarCallback)(Hlong id, const char
*operator_name, double progress, const char *message)
```

Ein entsprechender Delegate HalconAPI.HProgressBarCallback ist für HALCON/.NET definiert und kann via Marshal.GetFunctionPointerForDelegate an `set_system` übergeben werden. Die Instanz muss dann am Leben gehalten werden solange der Zeiger in Benutzung bleibt.

```
public delegate void HProgressBarCallback(IntPtr id, string
operatorName, double progress, string message)
```

Die Parameter sind:

- *'id'*: Thread-ID, aus der der Operator ursprünglich aufgerufen wurde. Wenn die automatische Operatorparallelisierung aktiviert ist, kann der Callback auch aus einem anderem als dem ursprünglichen Thread erfolgen. Applikationen, die den Fortschritt in der GUI anzeigen wollen, müssen dies evtl. beachten.
- *'operator_name'*: Name des gerade ausgeführten Operators.
- *'progress'*: Die Interpretation hängt vom Wert des Parameters ab. Zwischen 0 und 1: Der ungefähre derzeitige Fortschritt des Operators. -1: Der Operator zeigt lediglich eine Nachricht an und setzt keinen Fortschritt, der Parameter sollte ignoriert werden. -2: Die Ausführung des Operators wurde abgeschlossen. Dies ist der letzte Callback-Aufruf für den Operator und eine Möglichkeit für den aufgerufenen, Aufräumaktionen durchzuführen. Dieser Aufruf wird nur für Operatoren durchgeführt, die den Callback mindestens einmal aufgerufen haben.
- *'message'*: Optionale Nachricht auf Englisch, die üblicherweise den Fortschritt des Operators beschreibt, beispielsweise den aktuellen Fehler beim Trainieren von Klassifikatoren. Wenn der Operator keine Nachricht anzeigen möchte, kann dieser Parameter auf NULL gesetzt sein.

'gs1_syntax_dictionary' Ersetzt die Liste der von

Halcon akzeptierten GS1 Application Identifier mit denen einer Datei, die das GS1 Application Identifier Syntax Dictionary enthält. Die letzte Version dieses Dictionarys kann von der offiziellen GS1 Webseite bezogen werden.

GS1 Application Identifier sind Präfixe, um die Bedeutung und das Format von Datenattributen zu spezifizieren.

Folgende Werte werden unterstützt:

- Dateiname der Datei, die das Dictionary enthält.
- *'default'*: Werkszustand wird wiederhergestellt.

`Value`: Dateiname, *'default'*

'memory_allocator' Stellt den Speicherallokator ein, der benutzt wird, um den Heap von HALCON zu verwalten. Mit dem Operator `get_system` können die verfügbaren Allokatoren über den Parameter *'memory_allocators_supported'* abgefragt werden. Folgende Allokatoren sind vorhanden:

- *'system'*: Es wird der Standard-Systemallokator verwendet. Unter Windows ist das die Win32-Funktion HeapAlloc. Auf anderen Betriebssystemen wird die malloc Funktion der C-Standardbibliothek verwendet.
- *'mimalloc'*: Es wird der mimalloc Allokator verwendet (siehe auch die offizielle mimalloc Dokumentation).

Default: *'mimalloc'* auf Windows-Systemen, sonst *'system'*

Es ist zu beachten, dass diese Einstellung den normalen Systemallokator weder ersetzt noch umleitet - es wird nur geändert, welche Funktion HALCON intern aufruft um Speicher vom System anzufordern. Es hat auch keinen Einfluss auf die Third-Party-Bibliotheken, die HALCON verwendet. Daher erhöht die Verwendung einer anderen Einstellung als *'system'* den Gesamtspeicherverbrauch, da der HALCON-Prozess nun mehrere Heap-Allokatoren gleichzeitig verwendet. Abhängig vom verwendeten Betriebssystem und der konkreten Anwendung kann dies die Verarbeitungsgeschwindigkeit erhöhen.

Achtung

Es ist zu beachten, dass trotz der Information unter 'Parallelisierung' bezüglich des Multithreading-Typs nicht alle Parameter 'reentrant' sind. Parameter, auf die ein *) folgt, werden exklusiv ausgeführt.

Parameter

▷ **SystemParameter** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Name des zu verändernden Systemparameters.
Default: 'init_new_image'
Werteliste: `SystemParameter` ∈ {'3d_model_dir', 'add_progress_callback', 'alloctmp_min_blocksize', 'alloctmp_max_blocksize', 'avx_enable', 'avx2_enable', 'avx2_gather_enable', 'avx512f_enable', 'avx512dq_enable', 'avx512bw_enable', 'avx512cd_enable', 'avx512vl_enable', 'avx512vbmi_enable', 'avx512ifma_enable', 'avx512vbmi2_enable', 'avx512vpopcntdq_enable', 'avx512bitalg_enable', 'avx512vnni_enable', 'neon_enable', 'backing_store', 'border_shape_models', 'calib_dir', 'cancel_draw_result', 'clip_region', 'clock_mode', 'cudnn_deterministic', 'cudnn_tuning', 'current_runlength_number', 'database', 'default_font', 'disabled_operators', 'dl_dir', 'do_low_error', 'empty_region_result', 'example_dir', 'extern_alloc_funct', 'extern_free_funct', 'filename_encoding', 'filter_dir', 'flush_file', 'flush_graphic', 'global_mem_cache', 'gs1_syntax_dictionary', 'height', 'help_dir', 'icon_name', 'image_cache_capacity', 'image_dir', 'image_dpi', 'init_new_image', 'int2_bits', 'int_zooming', 'language', 'lut_dir', 'max_connection', 'memory_allocator', 'mmx_enable', 'neighborhood', 'no_object_result', 'opengl_hidden_surface_removal_enable', 'opengl_compatibility_mode_enable', 'opengl_context_cache_enable', 'ocr_dir', 'ocr_trainf_version', 'parallelize_operators', 'pregenerate_shape_models', 'read_halcon_files_encoding_fallback', 'reentrant', 'remove_progress_callback', 'reset_used_modules', 'seed_rand', 'sse_enable', 'sse2_enable', 'sse3_enable', 'ssse3_enable', 'sse41_enable', 'sse42_enable', 'store_empty_region', 'system_time_base', 'temporary_mem_cache', 'temporary_mem_reservoir', 'temporary_mem_reservoir_size', 'thread_num', 'thread_pool', 'timer_mode', 'tuple_string_operator_mode', 'tsp_cancel_draw_result', 'tsp_clear_extended_error', 'tsp_alloctmp_max_blocksize', 'tsp_alloctmp_min_blocksize', 'tsp_clip_region', 'tsp_current_runlength_number', 'tsp_empty_region_result', 'tsp_height', 'tsp_init_new_image', 'tsp_neighborhood', 'tsp_no_object_result', 'tsp_store_empty_region', 'tsp_temporary_mem_cache', 'tsp_temporary_mem_reservoir', 'tsp_thread_num', 'tsp_tuple_string_operator_mode', 'tsp_width', 'update_lut', 'use_window_thread', 'width', 'write_halcon_files_encoding', 'x_package'}

▷ **Value** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Neuer Wert des Systemparameters.
Default: 'true'
Wertevorschläge: `Value` ∈ {'true', 'false', 0, 4, 8}

Ergebnis

`set_system` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Ausnahme ausgelöst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`reset_obj_db`, `get_system`, `set_check`

Siehe auch

`get_system`, `set_check`, `count_seconds`

Modul

Foundation

26.10 Serialisiertes Element

clear_serialized_item (: : SerializedItemHandle :)

Löschen eines serialisierten Elements.

`clear_serialized_item` löscht ein serialisiertes Element, welches in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben wird (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung

in die Grundlagen der Serialisierung). Nicht gelöscht wird ein serialisiertes Element, welches nur mittels eines Datenzeigers angelegt wurde. Erzeugt wird ein solcher Datenzeiger, der auf den Anfang eines serialisierten Elements zeigt, mit dem Operator `get_serialized_item_ptr`. Nach dem Aufruf ist das Handle des serialisierte Elements ungültig.

Parameter

▷ **`SerializedItemHandle`** (input_control) . . . . . serialized_item(-array) ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `clear_serialized_item` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SerializedItemHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`fwrite_serialized_item`, `receive_serialized_item`

Modul

Foundation

`create_serialized_item_ptr` `( : : Pointer, Size, Copy : SerializedItemHandle )`

Anlegen eines serialisierten Elements.

Es wird nicht empfohlen, den Operator `create_serialized_item_ptr` in HDevelop zu verwenden.

`create_serialized_item_ptr` legt ein serialisiertes Element an, und gibt dessen Handle `SerializedItemHandle` zurück (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Mit dem Parameter `Pointer` wird der Datenzeiger, d.h. der Anfang des serialisierten Elements, übergeben. Mit dem Parameter `Size` wird die Größe des serialisierten Elements in Byte übergeben. Mit dem Parameter `Copy` wird das Verhalten des Operators gesteuert. Falls `Copy` auf den Wert *'true'* gesetzt ist, wird ein neues serialisiertes Element erzeugt und die Werte des vorhandenen serialisierten Elements kopiert. Falls `Copy` auf den Wert *'false'* gesetzt ist, wird nur der Datenzeiger des übergebenen serialisierten Elements gespeichert ohne die Daten in ein neues serialisiertes Element zu kopieren. In diesem Fall erhöht sich die Geschwindigkeit des Operators.

Achtung

Falls der Parameter `Copy` auf den Wert *'false'* gesetzt ist, darf der zum Datenzeiger des serialisierten Elements gehörende Speicher während der Nutzung des neuen serialisierten Elements nicht gelöscht werden.

Parameter

▷ **`Pointer`** (input_control) . . . . . pointer ⇝ *integer*
Datenzeiger auf ein serialisiertes Element.

▷ **`Size`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Größe des serialisierten Elements.

▷ **`Copy`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Kopiermodus des serialisierten Elements.
Default: 'true'
Werteliste: `Copy` ∈ {'true', 'false'}

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `create_serialized_item_ptr` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`get_serialized_item_ptr`

Modul

Foundation

decrypt_serialized_item (: : EncryptedItemHandle, DecryptionParam : SerializedItemHandle)

Entschlüsseln eines verschlüsselten Elements.

Der Operator `decrypt_serialized_item` entschlüsselt das verschlüsselte Element `EncryptedItemHandle` mittels des Geheimnisses in dem Dictionary `DecryptionParam` und gibt das Ergebnis in `SerializedItemHandle` zurück. Das Geheimnis muss als Passwort-String im Dictionary-Schlüssel 'password' vorliegen.

Parameter

▷ **EncryptedItemHandle** (input_control) . . . . . encrypted_item ⇝ *handle*
Handle des verschlüsselten Elements.

▷ **DecryptionParam** (input_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Parameter für die Entschlüsselung.
Default: []

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, gibt `decrypt_serialized_item` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Anderenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`encrypt_serialized_item`, `read_encrypted_item`

Nachfolger

`deserialize_handle`

Modul

Foundation

encrypt_serialized_item (: : SerializedItemHandle, EncryptionParam : EncryptedItemHandle)

Verschlüsseln eines serialisierten Elements.

Der Operator encrypt_serialized_item verschlüsselt das serialisierte Element SerializedItemHandle mittels des Geheimnisses in dem Dictionary EncryptionParam und gibt das Ergebnis in EncryptedItemHandle zurück. Das Geheimnis muss als Passwort-String im Dictionary-Schlüssel 'password' vorliegen.

Parameter

- ▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.
- ▷ **EncryptionParam** (input_control) ..... dict ⇝ *handle*
  Parameter für die Verschlüsselung.
  Default: []
- ▷ **EncryptedItemHandle** (output_control) ..... encrypted_item ⇝ *handle*
  Handle des verschlüsselten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, gibt encrypt_serialized_item den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Anderenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

serialize_handle

Nachfolger

write_encrypted_item, decrypt_serialized_item

Modul

Foundation

fread_serialized_item (: : FileHandle : SerializedItemHandle)

Einlesen eines serialisierten Elements aus einer Datei.

fread_serialized_item liest ein serialisiertes Element, welches mit fwrite_serialized_item geschrieben wurde, aus der aktuellen Eingabedatei mit dem Datei-Handle FileHandle ein (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Hierzu wird ein serialisiertes Element erzeugt und die aus der Datei gelesenen Werte darin gespeichert. Der Operator gibt das Handle des serialisierten Elements in dem Parameter SerializedItemHandle zurück. Mit dem Operator open_file kann die Datei geöffnet werden. Zu beachten ist, dass die Datei im Binärformat geöffnet werden muss. Um mehrere serialisierte Elemente aus einer einzigen Eingabedatei zu lesen, muss fread_serialized_item mehrmals aufgerufen werden.

Parameter

- ▷ **FileHandle** (input_control) ..... file ⇝ *handle*
  Datei-Handle.
- ▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `fread_serialized_item` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Der Fehlercode 9581 bedeutet hierbei, dass das Dateiende erreicht wird, bevor ein serialisiertes Element gelesen werden kann.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`open_file`, `fwrite_serialized_item`

Nachfolger

`close_file`, `get_serialized_item_ptr`, `deserialize_shape_model`, `deserialize_ncc_model`

Modul

Foundation

`fwrite_serialized_item` (: : FileHandle, SerializedItemHandle :)

Schreiben eines serialisierten Elements in eine Datei.

`fwrite_serialized_item` schreibt ein serialisiertes Element in die Ausgabedatei mit dem Datei-Handle `FileHandle`. Das serialisierte Element wird durch das Handle `SerializedItemHandle` übergeben. Mit dem Operator `open_file` kann die Datei geöffnet werden. Zu beachten ist, dass sie im Binärdateiformat geöffnet werden muss. Um mehrere serialisierte Elemente in eine einzige Ausgabedatei zu schreiben, muss `fwrite_serialized_item` mehrmals aufgerufen werden. Ein serialisiertes Element kann mit `fread_serialized_item` wieder aus der Datei eingelesen werden.

Grundlagen der Serialisierung und Deserialisierung

Um ikonische Objekte, Daten oder Modelle in einer Datei abspeichern zu können oder zu einem anderen HALCON-Prozess über die Socket-Verbindung schicken zu können müssen die ikonischen Objekte, Daten oder Modelle zunächst in serialisierte Elemente überführt werden. Zu diesem Zweck stehen eine Vielzahl Operatoren zur Verfügung. Beispielsweise gibt es für ein Formmodell den Operator `serialize_shape_model`, der die Serialisierung durchführt. Ein serialisiertes Element kann dann mit `fwrite_serialized_item` in eine Datei geschrieben oder mit `send_serialized_item` zu einem anderen HALCON-Prozess über die Socket-Verbindung übertragen werden.

Um ein serialisiertes Element zu deserialisieren wird zunächst ein serialisiertes Element aus einer Datei (siehe `fread_serialized_item`) eingelesen oder über die Socket-Verbindung von einem anderen HALCON-Prozess empfangen (siehe `receive_serialized_item`). Um ein serialisiertes Element wieder in seine ursprüngliche Form, d.h. in das ikonische Objekt, die Daten oder das Modell zu überführen, gibt es ebenfalls Operatoren. Diese nehmen die Deserialisierung vor und erzeugen automatisch das jeweilige ikonische Objekt, die Daten oder das Modell. Beispielsweise gibt es für ein serialisiertes Formmodell den Operator `deserialize_shape_model`, der die Deserialisierung durchführt.

Parameter

▷ **`FileHandle`** (input_control) ..... file ⇝ *handle*
Datei-Handle.

▷ **`SerializedItemHandle`** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `fwrite_serialized_item` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_file`, `serialize_shape_model`, `serialize_ncc_model`

Nachfolger

`close_file`, `fread_serialized_item`

Modul

Foundation

`get_serialized_item_ptr` (: : `SerializedItemHandle` : `Pointer`, `Size`)

Zugreifen auf den Datenzeiger eines serialisierten Elements.

Es wird nicht empfohlen, den Operator `get_serialized_item_ptr` in HDevelop zu verwenden.

`get_serialized_item_ptr` gibt den Datenzeiger auf das serialisierte Element zurück, welches in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben wird (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Der Datenzeiger, d.h. der Anfang des serialisierten Elements, wird im Parameter `Pointer` zurückgegeben. Der Parameter `Size` gibt die Größe des serialisierten Elements in Byte zurück.

Parameter

- ▷ **`SerializedItemHandle`** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.
- ▷ **`Pointer`** (output_control) ..... pointer ⇝ *integer*
  Datenzeiger auf das serialisierte Element.
- ▷ **`Size`** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Größe des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_serialized_item_ptr` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_serialized_item_ptr`

Modul

Foundation

26.11 Seriell

`clear_serial` (: : `SerialHandle`, `Channel` :)

Löschen des Puffers einer seriellen Verbindung.

`clear_serial` löscht Daten, die an das serielle Gerät, das durch `SerialHandle` bezeichnet wird, geschickt, aber noch nicht übertragen worden sind (`Channel` = *'output'*), oder löscht Daten, die bereits empfangen, aber

noch nicht gelesen worden sind (`Channel` = *'input'*), oder führt beide Operationen gleichzeitig aus (`Channel` = *'in_out'*).

Parameter

▷ **`SerialHandle`** (input_control) . . . . . serial ⇝ *handle*
Handle der seriellen Schnittstelle.

▷ **`Channel`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Zu löschender Puffer.
Default: 'input'
Werteliste: `Channel` ∈ {'input', 'output', 'in_out'}

Ergebnis

Wenn die Parameter korrekt sind und die Puffer des seriellen Geräts gelöscht werden konnten, liefert `clear_serial` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SerialHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`open_serial`

Nachfolger

`read_serial`, `write_serial`

Siehe auch

`read_serial`

Modul

Foundation

`close_serial` (: : SerialHandle :)

Schließen eines seriellen Gerätes.

`close_serial` schließt ein serielles Gerät, das mit `open_serial` geöffnet wurde.

Parameter

▷ **`SerialHandle`** (input_control) . . . . . serial ⇝ *handle*
Handle der seriellen Schnittstelle.

Ergebnis

Wenn die Parameter korrekt sind und das angegebene Gerät geschlossen werden konnte, liefert `close_serial` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SerialHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`open_serial`

Siehe auch

`open_serial`, `close_file`

Modul

Foundation

get_serial_param (: : SerialHandle : BaudRate, DataBits, FlowControl, Parity, StopBits, TotalTimeOut, InterCharTimeOut)

Auslesen der Parameter eines seriellen Geräts.

`get_serial_param` liefert die aktuellen Parameter des seriellen Geräts, das in `SerialHandle` übergeben wird, zurück. Für eine Beschreibung der Parameter der seriellen Schnittstelle siehe `set_serial_param`.

Parameter

- ▷ **SerialHandle** (input_control) . . . . . serial ⇝ *handle*
  Handle der seriellen Schnittstelle.
- ▷ **BaudRate** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Übertragungsgeschwindigkeit der seriellen Schnittstelle.
- ▷ **DataBits** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Anzahl Datenbits der seriellen Schnittstelle.
- ▷ **FlowControl** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Datenflusskontrolle der seriellen Schnittstelle.
- ▷ **Parity** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Parität der seriellen Schnittstelle.
- ▷ **StopBits** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Anzahl Stopbits der seriellen Schnittstelle.
- ▷ **TotalTimeOut** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Gesamt-Timeout der seriellen Schnittstelle in ms.
- ▷ **InterCharTimeOut** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Inter-character Timeout der seriellen Schnittstelle in ms.

Ergebnis

Wenn die Parameter korrekt sind und die Parameter des Gerätes gelesen werden konnten, liefert `get_serial_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SerialHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`open_serial`

Nachfolger

`read_serial`, `write_serial`

Siehe auch

`set_serial_param`

Modul

Foundation

open_serial (: : PortName : SerialHandle)

Öffnen eines seriellen Gerätes.

open_serial öffnet ein serielles Gerät. Der Name des Geräts wird in PortName. Er ist Betriebssystem-abhängig: auf Windows-Rechnern wird typischerweise *'COM1'-'COM4'* verwendet, während die seriellen Schnittstellen unter unixartigen Systemen normalerweise *'/dev/tty*'* heißen. Die Parameter der seriellen Schnittstelle, wie die Übertragungsgeschwindigkeit oder die Anzahl der Datenbits, sind nach dem Öffnen auf die Standardwerte des jeweiligen Gerätes gesetzt. Sie können mit set_serial_param gesetzt oder verändert werden.

Parameter

- ▷ **PortName** (input_control) ..... filename ⇝ *string*
  Name der seriellen Schnittstelle.
  Default: 'COM1'
  Wertevorschläge: PortName ∈ {'COM1', 'COM2', 'COM3', 'COM4', '/dev/ttya', '/dev/ttyb', '/dev/tty00', '/dev/tty01', '/dev/ttyd1', '/dev/ttyd2', '/dev/cua0', '/dev/cua1'}
- ▷ **SerialHandle** (output_control) ..... serial ⇝ *handle*
  Handle der seriellen Schnittstelle.

Ergebnis

Wenn die Parameter korrekt sind und das angegebene Gerät geöffnet werden konnte, liefert open_serial den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

set_serial_param, read_serial, write_serial, close_serial

Siehe auch

set_serial_param, get_serial_param, open_file

Modul

Foundation

read_serial (: : SerialHandle, NumCharacters : Data)

Lesen von einem seriellen Gerät.

read_serial versucht, NumCharacters von dem seriellen Gerät, das durch SerialHandle angegeben wird, zu lesen. Die gelesenen Daten werden in Data als Tupel von Integer-Werten zurückgegeben. Dies erlaubt das Lesen von NUL-Zeichen, die sonst als String-Ende interpretiert würden. Falls der Timeout des Gerätes mit set_serial_param auf einen Wert größer als 0 gesetzt wurde, wird so lange auf die Ankunft des ersten Zeichens gewartet, wie durch den Timeout angegeben ist, ansonsten kehrt die Funktion sofort zurück. In jedem Fall werden die zur Zeit der Rückkehr verfügbaren Zeichen zurückgeliefert. D.h., es können weniger Zeichen als angefordert zurückgeliefert werden. Dies kann über die Länge des Tupels Data überprüft werden.

Parameter

▷ **SerialHandle** (input_control) . . . . . serial ⇝ *handle*
Handle der seriellen Schnittstelle.

▷ **NumCharacters** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der zu lesenden Zeichen.
Default: 1
Wertevorschläge: NumCharacters ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 40, 100}

▷ **Data** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Gelesene Zeichen (als Integer-Tupel).

Ergebnis

Wenn die Parameter korrekt sind und das Lesen vom seriellen Gerät erfolgreich war, liefert read_serial den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_serial

Siehe auch

write_serial

Modul

Foundation

set_serial_param (: : SerialHandle, BaudRate, DataBits, FlowControl, Parity, StopBits, TotalTimeOut, InterCharTimeOut :)

Setzen der Parameter eines seriellen Gerätes.

Mit set_serial_param können die Parameter eines seriellen Gerätes gesetzt werden. Der Parameter BaudRate gibt die Ein- und Ausgabegeschwindigkeit des Gerätes an. Es ist zu beachten, dass nicht jedes Gerät alle Geschwindigkeiten unterstützt. Die Anzahl der übertragenen Datenbits wird mit DataBits festgelegt. Der Parameter FlowControl legt fest, ob und welche Art von Datenflusskontrolle verwendet werden. Software-Kontrolle (*'xon_xoff'*) und Hardware-Kontrolle (*'cts_rts'*, *'dtr_dsr'* können gewählt werden. Mehrere Werte können hierfür innerhalb einer Zeichenkette gesetzt werden, durch Leerzeichen getrennt (z.B. *'cts_rts dtr_dsr'*). Ob und welche Art von Paritätskontrolle der übertragenen Daten verwendet wird, lässt sich mit Parity festlegen. Die Anzahl der übertragenen Stopp-Bits kann mit StopBits gesetzt werden. Schließlich können noch zwei Timeouts für das Lesen von dem seriellen Gerät gesetzt werden. Der Parameter TotalTimeOut bezieht sich auf die Zeit, die bei read_serial bis zum Eintreffen des ersten Zeichens, unabhängig von der Anzahl der insgesamt zu lesenden Zeichen, höchstens vergehen darf. Der Parameter InterCharTimeOut gibt die Zeit an, die zwischen dem Lesen einzelner Zeichen verstreichen darf, falls mehrere Zeichen mit read_serial gelesen werden sollen. Falls einer der beiden Timeouts auf *-1* gesetzt wird, so wird beliebig lange auf das Eintreffen eines Zeichens gewartet. Werden beide Timeouts auf *0* gesetzt, wartet das System nicht, sondern liest die vorhandenen oder keine Zeichen. Auf Windows-Systemen ergibt sich so ein maximaler Timeout von TotalTimeOut $+ n$InterCharTimeOut, wenn n Zeichen gelesen werden sollen. Auf unixartigen Systemen kann systembedingt nur einer der beiden Timeouts gesetzt werden. Wenn beide Timeouts größer als -1 übergeben werden, wird nur der Total-Timeout beachtet. Die Einheit der beiden Timeouts ist Millisekunden. Es ist jedoch zu beachten, dass der Timeout unter unixartigen Systemen nur in Zehntelsekundenschritten spezifizieren lässt, d.h. der minimale wirksame Timeout ist *100*. Für jeden dieser Parameter kann die aktuelle Einstellung beibehalten werden, indem *'unchanged'* übergeben wird.

Parameter

▷ **SerialHandle** (input_control) . . . . . serial ⇝ *handle*
Handle der seriellen Schnittstelle.

▷ **BaudRate** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Übertragungsgeschwindigkeit der seriellen Schnittstelle.
Default: 'unchanged'
Werteliste: `BaudRate` ∈ {50, 75, 110, 134, 150, 200, 300, 600, 1200, 1800, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 76800, 115200, 153600, 230400, 307200, 460800, 'unchanged'}

▷ **DataBits** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Anzahl Datenbits der seriellen Schnittstelle.
Default: 'unchanged'
Werteliste: `DataBits` ∈ {5, 6, 7, 8, 'unchanged'}

▷ **FlowControl** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Datenflusskontrolle der seriellen Schnittstelle.
Default: 'unchanged'
Werteliste: `FlowControl` ∈ {'none', 'cts_rts', 'dtr_dsr', 'xon_xoff', 'dtr_dsr xon_xoff', 'cts_rts xon_xoff', 'cts_rts dtr_dsr', 'cts_rts dtr_dsr xon_xoff', 'unchanged'}

▷ **Parity** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Parität der seriellen Schnittstelle.
Default: 'unchanged'
Werteliste: `Parity` ∈ {'none', 'odd', 'even', 'unchanged'}

▷ **StopBits** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Anzahl Stopbits der seriellen Schnittstelle.
Default: 'unchanged'
Werteliste: `StopBits` ∈ {1, 2, 'unchanged'}

▷ **TotalTimeOut** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Gesamt-Timeout der seriellen Schnittstelle in ms.
Default: 'unchanged'
Wertevorschläge: `TotalTimeOut` ∈ {-1, 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 'unchanged'}

▷ **InterCharTimeOut** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / string
Inter-character Timeout der seriellen Schnittstelle in ms.
Default: 'unchanged'
Wertevorschläge: `InterCharTimeOut` ∈ {-1, 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 'unchanged'}

Ergebnis

Wenn die Parameter korrekt sind und die Parameter des Gerätes gesetzt werden konnten, liefert `set_serial_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- SerialHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`open_serial`, `get_serial_param`

Nachfolger

`read_serial`, `write_serial`

Siehe auch

`get_serial_param`

Modul

Foundation

write_serial (: : SerialHandle, Data :)

Schreiben in eine seriellen Verbindung.

write_serial schreibt die Zeichen, die in Data übergeben werden, auf das serielle Gerät, das durch SerialHandle angegeben wird. Die zu schreibenden Daten werden als Tupel von Integer-Werten übergeben. Dies erlaubt das Schreiben von NUL-Zeichen, die sonst als String-Ende interpretiert würden. Beim Schreiben wird immer gewartet, bis die Übertragung erfolgt ist, d.h., es kann kein Timeout gesetzt werden.

Parameter

▷ **SerialHandle** (input_control) . . . . . serial ⇝ *handle*
Handle der seriellen Schnittstelle.

▷ **Data** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Zu schreibende Zeichen (als Integer-Tupel).

Ergebnis

Wenn die Parameter korrekt sind und das Schreiben zum seriellen Gerät erfolgreich war, liefert write_serial den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_serial

Siehe auch

read_serial

Modul

Foundation

26.12 Sockets

close_socket (: : Socket :)

Schließen einer Socket-Verbindung.

close_socket schließt eine Socket-Verbindung, die zuvor mit open_socket_accept, open_socket_connect oder socket_accept_connect geöffnet worden ist. Für ein ausführliches Beispiel siehe open_socket_accept.

Parameter

▷ **Socket** (input_control) . . . . . socket ⇝ *handle*
Nummer des Sockets.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- Socket

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`open_socket_accept`, `open_socket_connect`, `socket_accept_connect`

Modul

Foundation

get_next_socket_data_type (: : Socket : DataType)

Abfragen des nächsten an einem Socket anliegenden HALCON-Datentyps.

`get_next_socket_data_type` liefert den Datentyp der nächsten am Socket `Socket` anliegenden Daten in `DataType` zurück. Die möglichen Werte für `DataType` sind:

'no_data': Es liegen keine Daten an.
'no_halcon_data': Es liegen Daten an, sie sind aber keine HALCON-Daten.
'tuple': Die nächsten Daten sind ein Tupel.
'region': Die nächsten Daten sind ein Regionenobjekt.
'image': Die nächsten Daten sind ein Bildobjekt.
'xld_cont': Die nächsten Daten sind XLD-Konturen.
'xld_poly': Die nächsten Daten sind XLD-Polygone.
'xld_para': Die nächsten Daten sind XLD-Parallelen.
'xld_mod_para': Die nächsten Daten sind modifizierte XLD-Parallelen.
'xld_ext_para': Die nächsten Daten sind erweiterte XLD-Parallelen.
'serialized_item': Die nächsten Daten sind ein serialisiertes Element.

Parameter

▷ **Socket** (input_control) ..... socket ⇝ *handle*
Nummer des Sockets.
▷ **DataType** (output_control) ..... string ⇝ *string*
Anliegender HALCON-Datentyp.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

`send_image`, `receive_image`, `send_region`, `receive_region`, `send_tuple`, `receive_tuple`, `send_serialized_item`, `receive_serialized_item`

Modul

Foundation

get_socket_descriptor (: : Socket : SocketDescriptor)

Rückgabe des Socket-Deskriptors einer Socket-Verbindung.

`get_socket_descriptor` liefert den Socket-Deskriptor, der vom Betriebssystem verwendet wird, für die Socket-Verbindung, die in `Socket` übergeben wird, zurück. Der Socket-Deskriptor kann in Betriebssystemaufrufen wie `select`, `read`, `write`, `recv` oder `send` verwendet werden.

Parameter

▷ **Socket** (input_control) . . . . . socket ⇝ *handle*
Nummer des Sockets.

▷ **SocketDescriptor** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Socket-Deskriptor des Betriebssystems.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_socket_accept`, `open_socket_connect`, `socket_accept_connect`

Siehe auch

`set_socket_param`

Modul

Foundation

get_socket_param (: : Socket, GenParamName : GenParamValue)

Auslesen von Socket-Einstellungen.

`get_socket_param` liest den Wert `GenParamValue` der mit `GenParamName` bezeichneten Einstellung für die angegebene Socket-Verbindung aus. Verfügbare Parameter sind *'timeout'*, *'address_info'*, *'SO_SNDBUF'*, *'SO_RCVBUF'*, *'SO_BROADCAST'* und *'TCP_NODELAY'*.

Mittels *'address_info'* erhält man die IP Adresse und den Netzwerkport der lokalen und entfernten Verbindungsendpunkte des angegebenen Sockets.

Die Beschreibung der restlichen Parameter finden Sie in der Dokumentation des Operators `set_socket_param`.

Parameter

▷ **Socket** (input_control) . . . . . socket ⇝ *handle*
Nummer des Sockets.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Name der Socket-Einstellung.
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'timeout', 'address_info', 'SO_SNDBUF', 'SO_RCVBUF', 'SO_BROADCAST', 'TCP_NODELAY'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . string ⇝ *string* / real / integer
Wert der Socket-Einstellung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_socket_connect`, `socket_accept_connect`

Nachfolger

`set_socket_param`

Siehe auch

`set_socket_param`

Modul

Foundation

open_socket_accept (: : Port, GenParamName, GenParamValue : AcceptingSocket)

Öffnen eines Sockets, der Verbindungsanfragen zulässt.

open_socket_accept öffnet einen Socket, der ankommende Verbindungsanfragen akzeptiert. Dieser Operator ist der notwendige erste Schritt, um einen Kommunikationskanal zwischen zwei HALCON-Prozessen aufzubauen. Der Socket horcht nach ankommenden Verbindungsanfragen auf dem durch Port bestimmten Port.

Als Port kann auch der Wert 0 angegeben werden. Die genauen Auswirkungen sind implementierungsspezifisch. Bei den meisten Betriebssystemen bedeutet eine 0, dass das Betriebssystem eine freie Portnummer selber per Zufall bestimmen soll.

Die folgenden Parameter können für GenParamName gesetzt werden.

'protocol': Spezifiziert das zu verwendende Kommunikationsprotokoll. Das *'HALCON'* Protokoll ohne festgelegte Adressfamilie, verwendet entsprechend den aktuellen Netzwerkeinstellungen des Rechners entweder IPv4 oder IPv6 automatisch. Um eine bestimmte Adressfamilie auszuwählen, muss eine '4' für IPv4 bzw. eine '6' für IPv6 an den Namen des Protokolls angehängt werden. Z.B. bezeichnet *'HALCON4'* eine HALCON Verbindung über IPv4. Mögliche Werte für eine generische Socketkommunikation sind *'UDP'* und *'TCP'*. Auch hier kann eine '4' oder '6' angehängt werden. Beide Kommunikationspartner müssen dasselbe Protokoll verwenden. Der Datenaustausch über generische Sockets erfolgt ausschließlich mit send_data und receive_data.

Default: *'HALCON'*

'address': Weist das Socket an, nur Verbindungen zu akzeptieren, die an eine bestimme Adresse gerichtet sind. So würde der Wert *'localhost'* das Socket anweisen, nur Verbindungen zu akzeptieren, die an die Netzwerkadresse *'localhost'* gerichtet sind, welche normalerweise der lokalen Loopback-Schnittstelle *'127.0.0.1'* entspricht.

'timeout': Setzt ein Timeout für diesen Socket. Er wird in der Einheit Sekunden oder als Zeichenkette *'infinite'* angegeben und ist im Besonderen dazu bestimmt, den Timeout und Wartemodus für einen folgenden socket_accept_connect Operatoraufruf, bei dem der Parameter Wait auf *'auto'* gesetzt ist, zu setzen.

'string_encoding': Setzt die Kodierung für das Senden und Empfangen von Zeichenketten. Die Kodierung wird für send_tuple, receive_tuple, send_data und receive_data verwendet. Wenn das Kommunikationsprotokoll *'HALCON'* verwendet wird, hat diese Einstellung nur Auswirkungen auf Verbindungen mit HALCON Versionen vor 18.11. Wenn der Kommunikationspartner eine HALCON Version 18.11 oder neuer verwendet, wird UTF-8 bei der Kodierung von Tupeln verwendet.

'reuseaddr': Kontrolliert die Einstellung der Socket Option SO_REUSEADDR. Hat *'reuseaddr'* den Wert *'false'*, so wird SO_REUSEADDR nicht gesetzt. Auf Windows Systemen werden konkurrierende Zugriffe auf einem einzelnen Anschluss nur detektiert, wenn *'reuseaddr'* auf den Wert *'false'* gesetzt ist.

Default: *'true'*

'tls_enable': Kontrolliert die Nutzung der Transport Layer Security (TLS) für den Socket. Hat *'tls_enable'* den Wert *'true'*, so wird ein Socket für die Annahme TLS-Verschlüsselter Verbindungen erzeugt. Bei eingeschalteter TLS-Option müssen weiterhin die generischen Parameter *'tls_private_key'* und *'tls_certificate'* gesetzt sein. Mit *'tls_private_key'* wird der Pfad zur Datei mit dem privaten Zertifikats-Schlüssel gesetzt, in *'tls_certificate'* wird der Pfad zum öffentlichen Server-Zertifikat angegeben. TLS-Zertifikat und privater Schlüssel müssen im PEM-Format vorliegen.

Default: *'false'*

Der akzeptierende Socket wird in AcceptingSocket zurückgegeben. open_socket_accept kehrt sofort zurück, ohne auf eine Verbindungsanfrage eines anderen Prozesses zu warten, die durch den Aufruf von open_socket_connect eingeleitet wird. Dies ermöglicht es mehreren Prozessen mit dem Prozess, der open_socket_accept aufruft, eine Verbindung herzustellen. Um eine ankommende *'HALCON'* oder *'TCP'* Verbindungsanfrage zu akzeptieren, muss socket_accept_connect aufgerufen werden, so dass ein Socket für die eigentliche Kommunikation zur Verfügung steht.

Parameter

▷ **Port** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Nummer des Ports.
Default: 3000
Wertevorschläge: Port ∈ {3000, 4570}
Wertebereich: 1024 ≤ Port ≤ 65535
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die für die Socket-Verbindung eingestellt werden sollen.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'address', 'protocol', 'timeout', 'string_encoding', 'tls_enable', 'tls_private_key', 'tls_certificate'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / real / integer
Werte der generischen Parameter, die für die Socket-Verbindung eingestellt werden sollen.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {0, 3.0, 'infinite', 'HALCON', 'UDP', 'TCP', 'HALCON4', 'UDP4', 'TCP4', 'HALCON6', 'UDP6', 'TCP6', 'utf8', 'locale', 'ignore', 'true', 'false'}

▷ **AcceptingSocket** (output_control) . . . . . socket ⇝ *handle*
Nummer des Sockets.

Beispiel

```
* Process 1
dev_set_colored (12)
open_socket_accept (3000, [], [], AcceptingSocket)
* Busy wait for an incoming connection
dev_error_var (Error, 1)
dev_set_check ('~give_error')
OpenStatus := 5
while (OpenStatus != 2)
    socket_accept_connect (AcceptingSocket, 'false', Socket)
    OpenStatus := Error
    wait_seconds (0.2)
endwhile
dev_set_check ('give_error')
* Connection established
receive_image (Image, Socket)
threshold (Image, Region, 0, 63)
send_region (Region, Socket)
receive_region (ConnectedRegions, Socket)
area_center (ConnectedRegions, Area, Row, Column)
send_tuple (Socket, Area)
send_tuple (Socket, Row)
send_tuple (Socket, Column)
close_socket (Socket)
close_socket (AcceptingSocket)

* Process 2
dev_set_colored (12)
open_socket_connect ('localhost', 3000, [], [], Socket)
read_image (Image, 'fabrik')
send_image (Image, Socket)
receive_region (Region, Socket)
connection (Region, ConnectedRegions)
send_region (ConnectedRegions, Socket)
receive_tuple (Socket, Area)
receive_tuple (Socket, Row)
receive_tuple (Socket, Column)
```

close_socket (Socket)

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

socket_accept_connect

Siehe auch

open_socket_connect, close_socket, get_socket_param, set_socket_param, send_image, receive_image, send_region, receive_region, send_tuple, receive_tuple, send_data, receive_data

Modul

Foundation

open_socket_connect (: : HostName, Port, GenParamName, GenParamValue : Socket)

Öffnen einer Socket-Verbindung zu einem bestehenden Socket.

open_socket_connect öffnet eine Socket-Verbindung zu einem akzeptierenden Socket auf dem Rechner mit dem Namen HostName, der auf dem Port Port nach Verbindungsanfragen horcht.

Die folgenden Parameter können für GenParamName gesetzt werden.

'protocol': Spezifiziert das verwendete Kommunikationsprotokoll. Das *'HALCON'* Protokoll ohne festgelegte Adressfamilie verwendet entsprechend den aktuellen Netzwerkeinstellungen des Rechners entweder IPv4 oder IPv6 automatisch. Um eine bestimmte Adressfamilie auszuwählen, muss eine '4' für IPv4 bzw. eine '6' für IPv6 an den Namen des Protokolls angehängt werden. Z.B. bezeichnet *'HALCON4'* eine HALCON Verbindung über IPv4. Mögliche Werte für eine generische Socketkommunikation sind *'UDP'* und *'TCP'*. Auch hier kann eine '4' oder '6' angehängt werden. Auch die Verwendung von IPv4 (z.B. *'127.0.0.1'*) bzw. IPv6 (z.B. *'::1'*) Adressen für 'HostName' legt die verwendete Adressfamilie fest. Beide Kommunikationspartner müssen dasselbe Protokoll verwenden. Der Datenaustausch über generische Sockets erfolgt ausschließlich mit send_data und receive_data.

Default: *'HALCON'*

'timeout': Setzt ein Timeout für diesen Socket. Er wird in der Einheit Sekunden oder als Zeichenkette *'infinite'* angegeben.

'tls_enable': Kontrolliert die Nutzung der Transport Layer Security (TLS) für die neue Socket-Verbindung. Hat *'tls_enable'* den Wert *'true'*, so wird der Aufbau einer TLS-abgesicherten Verbindung unternommen. Die Serverseite muss in diesem Fall ebenfalls TLS unterstützen. Das Zertifikat, anhand dessen die Authentizität des Servers überprüft werden kann, wird optional mit dem generischen Parameter *'tls_certificate'* angegeben. Ohne TLS-Zertifikat ist die Verbindung zwar verschlüsselt, die Authentizität des Servers kann allerdings nicht überprüft werden.

Default: *'false'*

'tls_certificate': Gibt den Pfad des Zertifikats an, mit dem die Authentizität des Servers einer TLS-Verbindung überprüft werden kann. Das TLS-Zertifikat muss im PEM-Format vorliegen. Dieser Parameter wird ignoriert, wenn *'tls_enable'* nicht auf *'true'* gesetzt ist.

'tsl_sni': Setzt die „Server Name Indication“, die für die TLS-Verbindung verwendet werden soll. Dies teilt dem Server mit, für welche Domain das Zertifikat gültig sein soll. Dies ist wichtig, wenn ein Server mehrere Domains hostet. Dieser Parameter wird ignoriert, wenn *'tls_enable'* nicht auf *'true'* gesetzt ist.

'string_encoding': Setzt die Kodierung für das Senden und Empfangen von Zeichenketten. Die Kodierung wird für send_tuple, receive_tuple, send_data und receive_data verwendet. Wenn das Kommunikationsprotokoll *'HALCON'* verwendet wird, hat diese Einstellung nur Auswirkungen auf Verbindungen mit HALCON Versionen vor 18.11. Wenn der Kommunikationspartner eine HALCON Version 18.11 oder neuer verwendet, wird UTF-8 bei der Kodierung von Tupeln verwendet.

Für das *'HALCON'* Protokoll muss der akzeptierende Socket zuvor in einem anderen HALCON-Prozess mit open_socket_accept erzeugt worden sein. Um eine Verbindung herzustellen, muss der HALCON-Prozess, in dem der akzeptierende Socket läuft, socket_accept_connect aufrufen. Für ein ausführliches Beispiel siehe open_socket_accept.

Bei der Verwendung generischer Sockets kann der Socket, mit dem man sich verbindet, ein beliebiger Socket vom gleichen Protokolltyp sein.

Parameter

▷ **HostName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Rechners, zu dem die Verbindung aufgebaut werden soll.
Default: 'localhost'

▷ **Port** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Nummer des Ports.
Wertevorschläge: Port ∈ {3000, 4570}
Wertebereich: 1024 ≤ Port ≤ 65535
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die für die Socket-Verbindung eingestellt werden sollen.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'timeout', 'protocol', 'string_encoding', 'tls_enable', 'tls_certificate', 'tls_sni'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / real / integer
Werte der generischen Parameter, die für die Socket-Verbindung eingestellt werden sollen.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {0, 3.0, 'infinite', 'HALCON', 'UDP', 'TCP', 'HALCON4', 'UDP4', 'TCP4', 'HALCON6', 'UDP6', 'TCP6', 'utf8', 'locale', 'ignore', 'true', 'false'}

▷ **Socket** (output_control) . . . . . socket ⇝ *handle*
Nummer des Sockets.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

send_image, receive_image, send_region, receive_region, send_tuple, receive_tuple, send_data, receive_data

Siehe auch

open_socket_accept, socket_accept_connect, get_socket_param, set_socket_param, close_socket

Modul

Foundation

receive_data (: : Socket, Format : Data, From)

Empfangen von Daten über eine generische Socket-Verbindung auch von externen Geräten oder Anwendungen.

receive_data liest Daten über die durch Socket bestimmte generische Socket-Verbindung. Die Daten werden anhand des Parameters Format aus einem binären Netzwerkpaket in einen Wert oder ein Tupel von Werten umgewandelt und sind gut zur Kommunikation mit externen Geräten oder Anwendungen geeignet. Dieser Operator unterstützt nicht das Standard *'HALCON'* Protokoll, sondern ist zum Empfang beliebiger Daten gedacht. Mit dem Operator send_data können entsprechende Daten mit einem HALCON Prozess gesendet werden.

Die empfangenen Daten werden mittels des Parameters Format in Werte oder Tupel von Werten konvertiert. Es können mehrere Formate angeben werden, in diesem Fall enthält der From Parameter einen dritten Wert, welcher den Index des verwendeten Formats angibt. Um ein passendes Format zu finden, wird die Größe des notwendigen Buffers initial berechnet. Beim Empfang von Daten wird das erste Format verwendet, welches eine passende Größe spezifiziert, um die binären Daten in Werte zu verwandeln.

Der Parameter From enthält die IP Adresse oder den Netzwerknamen und den Netzwerkport des Kommunikationspartners. Bei UDP Verbindungen können diese Werte für eine Antwort mittels send_data benutzt werden.

Eine detaillierte Beschreibung des Formats finden Sie in der Dokumentation des Operators send_data.

Parameter

- ▷ **Socket** (input_control) . . . . . socket ⇝ *handle*
  Nummer des Sockets.
- ▷ **Format** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Vorschrift zur Konvertierung der Daten.
  Default: 'z'
- ▷ **Data** (output_control) . . . . . string ⇝ *string* / real / integer / handle
  Wert (oder Tupel von Werten) mit den empfangenen und konvertierten Daten.
- ▷ **From** (output_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer
  IP-Adresse oder Netzwerkname und Netzwerkport der Gegenstelle.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_socket_connect, socket_accept_connect, get_socket_param, set_socket_param

Nachfolger

close_socket

Siehe auch

send_data

Modul

Foundation

receive_image (: Image : Socket :)

Empfangen von Bildern über eine Socket-Verbindung.

receive_image liest ein Bildobjekt, das von einem anderen HALCON-Prozess über die Socket-Verbindung Socket mit dem Operator send_image geschickt worden ist. Wenn noch kein Bild verschickt worden sind, wird der Prozess, der receive_image aufgerufen hat, blockiert, bis genug Daten eingetroffen sind. Für ein ausführliches Beispiel siehe open_socket_accept.

Achtung

'int8' Bilder können nur von 64-Bit-Systemen empfangen werden!

Parameter

▷ **Image** (output_object) ..... image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field
Empfangenes Bild.

▷ **Socket** (input_control) ..... socket ⇝ *handle*
Nummer des Sockets.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_socket_connect`, `socket_accept_connect`, `get_socket_param`, `set_socket_param`

Siehe auch

`send_image`, `send_region`, `receive_region`, `send_tuple`, `receive_tuple`, `get_next_socket_data_type`

Modul

Foundation

receive_region (: Region : Socket :)

Empfangen von Regionen über eine Socket-Verbindung.

`receive_region` liest ein Regionenobjekt, das von einem anderen HALCON-Prozess über die Socket-Verbindung `Socket` mit dem Operator `send_region` geschickt worden ist. Wenn noch keine Regionen verschickt worden sind, wird der Prozess, der `receive_region` aufgerufen hat, blockiert, bis genug Daten eingetroffen sind. Für ein ausführliches Beispiel siehe `open_socket_accept`.

Parameter

▷ **Region** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Empfangene Regionen.

▷ **Socket** (input_control) ..... socket ⇝ *handle*
Nummer des Sockets.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_socket_connect`, `socket_accept_connect`, `get_socket_param`, `set_socket_param`

Siehe auch

`send_region`, `send_image`, `receive_image`, `send_tuple`, `receive_tuple`, `get_next_socket_data_type`

Modul

Foundation

receive_serialized_item (: : Socket : SerializedItemHandle)

Empfangen eines serialisierten Elements über eine Socket-Verbindung.

receive_serialized_item liest ein serialisiertes Element, welches von einem anderen HALCON-Prozess über die Socket-Verbindung Socket mit dem Operator send_serialized_item geschickt worden ist (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Wenn noch kein serialisiertes Element verschickt worden ist, wird der Prozess, der receive_serialized_item aufgerufen hat, blockiert, bis genug Daten eingetroffen sind. Um die Daten zu speichern wird eine neues serialisiertes Element erzeugt und die Daten in diesem gespeichert. Der Operator gibt das Handle des serialisierten Elementes in dem Parameter SerializedItemHandle zurück. Für ein ausführliches Beispiel über die Nutzung einer Socket-Verbindung siehe open_socket_accept.

Parameter

▷ **Socket** (input_control) ..... socket ⇝ *handle*
Nummer des Sockets.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert receive_serialized_item den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

send_serialized_item

Nachfolger

get_serialized_item_ptr, deserialize_matrix, deserialize_metrology_model

Modul

Foundation

receive_tuple (: : Socket : Tuple)

Empfangen eines Tupels über eine Socket-Verbindung.

receive_tuple liest das in Tuple gegebene Tupel, welches von einem anderen HALCON-Prozess über die Socket-Verbindung Socket mit dem Operator send_tuple geschickt worden ist. Wenn noch kein Tupel verschickt worden ist, wird der Prozess, der receive_tuple aufgerufen hat, blockiert, bis genug Daten eingetroffen sind. Für ein ausführliches Beispiel siehe open_socket_accept.

Achtung

receive_tuple verbietet das Einlesen von Tupeln mit HALCON Handles.

Parameter

▷ **Socket** (input_control) ..... socket ⇝ *handle*
Nummer des Sockets.

▷ **Tuple** (output_control) ..... string ⇝ *string* / real / integer
Empfangenes Tupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_socket_connect, socket_accept_connect, get_socket_param, set_socket_param

Siehe auch

send_tuple, send_image, receive_image, send_region, receive_region, get_next_socket_data_type

Modul

Foundation

receive_xld (: XLD : Socket :)

Empfangen von XLD-Objekten über eine Socket-Verbindung.

receive_xld liest ein XLD-Objekt, das von einem anderen HALCON-Prozess über die Socket-Verbindung Socket mit dem Operator send_xld geschickt worden ist. Wenn noch kein XLD-Objekt verschickt worden sind, wird der Prozess, der receive_xld aufgerufen hat, blockiert, bis genug Daten eingetroffen sind. Für ein ausführliches Beispiel siehe send_xld.

Parameter

▷ **XLD** (output_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
Empfangenes XLD-Objekt.

▷ **Socket** (input_control) ..... socket ⇝ *handle*
Nummer des Sockets.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_socket_connect, socket_accept_connect, get_socket_param, set_socket_param

Siehe auch

send_xld, send_image, receive_image, send_region, receive_region, send_tuple, receive_tuple, get_next_socket_data_type

Modul

Foundation

send_data (: : Socket, Format, Data, To :)

Senden von Daten über eine generische Socket-Verbindung auch an externe Geräte oder Anwendungen.

send_data verschickt Daten über die durch Socket bestimmte generische Socket-Verbindung. Die Daten werden anhand des Parameters Format aus einem Wert oder einem Tupel von Werten in ein binäres Netzwerkpaket umgewandelt und sind gut zur Kommunikation mit externen Geräten oder Anwendungen geeignet. Dieser Operator unterstützt das Standard *'HALCON'* Protokoll nicht, sondern ist zum Transfer beliebiger Daten gedacht. Mit dem Operator receive_data können entsprechende Daten mit einem HALCON Prozess empfangen werden.

Der Parameter Format gibt an, wie Tupel in ein binäres Paket umgewandelt werden. Das Format besteht aus einem oder mehreren Bezeichnern, wobei jedem ein optionaler Modifikator und eine Wiederholungszahl folgen kann. Die meisten Bezeichner erfordern einen einzelnen Wert im Parameter Data der entsprechend konvertiert wird.

Die Zeichenkette in Format kann die folgenden Zeichen enthalten:

Ganzzahlwerte:

'c': Ein Byte = 8 bit.

'C': Wie 'c', aber vorzeichenlos.

's': Zwei Bytes = 16 bit, vorzeichenbehaftet.

'S': Wie 's', aber vorzeichenlos.

'i': Vier Bytes = 32 bit, vorzeichenbehaftet.

'I': Wie 'i', aber vorzeichenlos.

'q': Acht Bytes = 64 bit, vorzeichenbehaftet (nur für 64bit HALCON verfügbar).

'Q': Wie 'q', aber vorzeichenlos.

Fließkommawerte:

'f': Float, vier Bytes = 32 bit.

'd': Double, acht Bytes = 64 bit.

Stringwerte:

'A': Zeichenkette (Standardlänge 1024 Bytes), aufgefüllt mit Leerzeichen.

'a': Binärdaten-Zeichenkette. Beim Versand von Daten wird der gesamte Speicherblock verschickt, die Größe wird automatisch bestimmt. Beim Datenempfang muss die Länge stets explizit angegeben werden.

'Z': Zeichenkette (Standardlänge 1024 Bytes), aufgefüllt mit NULL-Bytes, wird beim Senden auf jeden Fall mit einem NULL-Byte abgeschlossen.

'z': Zeichenkette variabler Länge, angegeben wird die maximale Länge (Standard 1024 Bytes).

Spezielle Zeichen, die keinen zugehörigen Wert im `Data` Parameter erfordern:

'-': Beim Schreiben wird ein einzelnes Byte als binäre NULL übertragen, beim Lesen ein solches NULL-Byte übersprungen.

'_': Beim Schreiben wird ein einzelnes Byte als Leerzeichen (binär 0x20) übertragen, beim Lesen wird ein Leerzeichen übersprungen.

' ': Dieses Zeichen wird in der `Format` Zeichenkette ignoriert und kann somit zur Erhöhung der Lesbarkeit der `Format` Zeichenkette benutzt werden.

Mögliche Modifikationszeichen, die nach einem der oben stehenden Zeichen benutzt werden können:

'n': Konvertiere den Ganzzahl- oder Fließkommawert beim Schreiben in die und beim Lesen von der Netzwerk Byte Reihenfolge (big endian) in die lokal benutzte Byte Reihenfolge.

'N': Konvertiere den Ganzzahl- oder Fließkommawert beim Schreiben in die und beim Lesen von der Intel Byte Reihenfolge (little endian) in die lokal benutzte Byte Reihenfolge.

'0-n': Angabe der Wiederholung des vorher stehenden Formatzeichens. Dabei steht z.B. 'c5' für 'ccccc' (benötigt also ein Tupel aus 5 Werten), aber 'A10' bezeichnet eine Zeichenkette mit 10 Zeichen und benötigt nur einen Wert.

Die Modifikationszeichen 'n' und 'N' können auch als erstes Zeichen im `Format` Zeichenkette angegeben werden und setzen den Standardwert für die Byte Reihenfolge. Wird nichts anderes angeben, so wird 'n', also die Netzwerk Byte Reihenfolge (big endian) benutzt.

Bei UDP Verbindungen müssen die binären Daten in einem Netzwerkpaket übertragen werden. Daher dürfen diese nicht mehr Platz benötigen, als in einem Netzwerkpaket verfügbar ist. Üblicherweise bedeutet dies, dass die Größe kleiner als die MTU (Maximum Transfer Unit) der Netzwerkschnittstelle sein muss, welche normalerweise etwa 1500 Byte beträgt. Garantiert sind aber nur 576 Byte (1280 Byte für IPv6).

Der Parameter `To` sollte für Socketverbindungen, welche bereits gebunden sind (alle TCP Verbindungen und gebundene UDP Verbindungen), leer gelassen werden. Er ist aber für eine ungebundene UDP Verbindung unbedingt nötig, um die IP Adresse oder den Netzwerknamen und den Netzwerkport der Gegenstelle anzugeben.

Parameter

▷ **Socket** (input_control) . . . . . socket ⇝ *handle*
Nummer des Sockets.

▷ **Format** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Vorschrift zur Konvertierung der Daten.
Default: 'z'

▷ **Data** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / real / integer / handle
Wert (oder Tupel von Werten) mit den zu sendenden Daten.

▷ **To** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer
IP-Adresse oder Netzwerkname und Netzwerkport der Gegenstelle.
Default: []
Werteliste: `To` ∈ {[], ['localhost',3000]}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_socket_connect`, `socket_accept_connect`, `get_socket_param`, `set_socket_param`

Nachfolger

`close_socket`

Siehe auch

`receive_data`

Modul

Foundation

send_image (Image : : Socket :)

Senden von Bildern über eine Socket-Verbindung.

`send_image` verschickt ein Bildobjekt über die durch `Socket` bestimmte Socket-Verbindung. Der empfangende HALCON-Prozess muss `receive_image` aufrufen, um das Bild vom Socket auszulesen. Für ein ausführliches Beispiel siehe `open_socket_accept`.

Parameter

▷ **Image** (input_object) . . . . . (multichannel-)image(-array) ⇝ *object :* byte / direction / cyclic / int1 / int2 / uint2 / int4 / int8 / real / complex / vector_field
Zu schickendes Bild.

▷ **Socket** (input_control) . . . . . socket ⇝ *handle*
Nummer des Sockets.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_socket_connect`, `socket_accept_connect`

Siehe auch

`receive_image`, `send_region`, `receive_region`, `send_tuple`, `receive_tuple`, `get_next_socket_data_type`

Modul

Foundation

send_region (Region : : Socket :)

Senden von Regionen über eine Socket-Verbindung.

send_region verschickt ein Regionenobjekt über die durch Socket bestimmte Socket-Verbindung. Der empfangende HALCON-Prozess muss receive_region aufrufen, um die Regionen vom Socket auszulesen. Für ein ausführliches Beispiel siehe open_socket_accept.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Zu schickende Regionen.

▷ **Socket** (input_control) ..... socket ⇝ *handle*
Nummer des Sockets.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_socket_connect, socket_accept_connect

Siehe auch

receive_region, send_image, receive_image, send_tuple, receive_tuple, get_next_socket_data_type

Modul

Foundation

send_serialized_item (: : Socket, SerializedItemHandle :)

Senden eines serialisierten Elements über eine Socket-Verbindung.

send_serialized_item verschickt ein serialisiertes Element über die durch Socket bestimmte Socket-Verbindung (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Der empfangende HALCON-Prozess muss receive_serialized_item aufrufen, um das serialisierte Element vom Socket auszulesen. Das serialisierte Element wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben. Für ein ausführliches Beispiel über die Nutzung einer Socket-Verbindung siehe open_socket_accept.

Parameter

▷ **Socket** (input_control) ..... socket ⇝ *handle*
Nummer des Sockets.

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert send_serialized_item den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_serialized_item_ptr, serialize_matrix, serialize_metrology_model

Nachfolger

`receive_serialized_item`

Modul

Foundation

send_tuple (: : Socket, Tuple :)

Senden eines Tupels über eine Socket-Verbindung.

`send_tuple` verschickt das `Tuple` über die durch `Socket` bestimmte Socket-Verbindung. Der empfangende HALCON-Prozess muss `receive_tuple` aufrufen, um das Tupel vom Socket auszulesen. Für ein ausführliches Beispiel siehe `open_socket_accept`.

Achtung

`send_tuple` verbietet das Senden von Tupeln mit HALCON Handles.

Parameter

▷ **Socket** (input_control) . . . . . socket ⇝ *handle*
Nummer des Sockets.

▷ **Tuple** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / real / integer
Zu sendendes Tupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`open_socket_connect`, `socket_accept_connect`

Siehe auch

`receive_tuple`, `send_image`, `receive_image`, `send_region`, `receive_region`, `get_next_socket_data_type`

Modul

Foundation

send_xld (XLD : : Socket :)

Senden von XLD-Objekten über eine Socket-Verbindung.

`send_xld` verschickt ein XLD-Objekt über die durch `Socket` bestimmte Socket-Verbindung. Der empfangende HALCON-Prozess muss `receive_xld` aufrufen, um das XLD-Objekt vom Socket auszulesen.

Parameter

▷ **XLD** (input_object) . . . . . xld(-array) ⇝ *object*
Zu schickendes XLD-Objekt.

▷ **Socket** (input_control) . . . . . socket ⇝ *handle*
Nummer des Sockets.

Beispiel

```
* Process 1
dev_set_colored (12)
open_socket_accept (3000, [], [], AcceptingSocket)
socket_accept_connect (AcceptingSocket, 'true', Socket)
receive_image (Image, Socket)
```

```
edges_sub_pix (Image, Edges, 'canny', 1.5, 20, 40)
send_xld (Edges, Socket)
receive_xld (Polygons, Socket)
split_contours_xld (Polygons, Contours, 'polygon', 1, 5)
gen_parallels_xld (Polygons, Parallels, 10, 30, 0.15, 'true')
send_xld (Parallels, Socket)
receive_xld (ModParallels, Socket)
receive_xld (ExtParallels, Socket)
stop ()
close_socket (Socket)
close_socket (AcceptingSocket)

* Process 2
dev_set_colored (12)
open_socket_connect ('localhost', 3000, [], [], Socket)
read_image (Image, 'mreut')
send_image (Image, Socket)
receive_xld (Edges, Socket)
gen_polygons_xld (Edges, Polygons, 'ramer', 2)
send_xld (Polygons, Socket)
split_contours_xld (Polygons, Contours, 'polygon', 1, 5)
receive_xld (Parallels, Socket)
mod_parallels_xld (Parallels, Image, ModParallels, ExtParallels, \
                   0.4, 160, 220, 10)
send_xld (ModParallels, Socket)
send_xld (ExtParallels, Socket)
stop ()
close_socket (Socket)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_socket_connect, socket_accept_connect

Siehe auch

receive_xld, send_image, receive_image, send_region, receive_region, send_tuple, receive_tuple, get_next_socket_data_type

Modul

Foundation

set_socket_param (: : Socket, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen einer Socket-Einstellung.

set_socket_param stellt für die angegebene Socket-Verbindung die mit GenParamName bezeichnete Einstellung auf den entsprechenden Wert GenParamValue. Verfügbare Parameter sind *'timeout'*, *'SO_SNDBUF'*, *'SO_RCVBUF'*, *'SO_BROADCAST'* und *'TCP_NODELAY'*.

Mit dem Parameter *'timeout'* wird ein Timeout für diesen Socket gesetzt. Er wird als Fließkommazahl in der Einheit Sekunden oder als Zeichenkette *'infinite'* (endlos) angegeben.

Die mit 'SO_' oder 'TCP_' beginnenden Parameter setzen die entsprechenden Socketoptionen. *'SO_SNDBUF'* beziehungsweise *'SO_RCVBUF'* geben die Größe des Sende- und Empfangsbuffers des Betriebssystems für diesen Socket an. Dies ist nicht die Größe eines Netzwerkpakets, sondern die Größe des temporären Speichers für Netzwerkpakete, den das Betriebssystem benutzt. *'SO_BROADCAST'* kann nur mit UDP Verbindungen benutzt werden

und ermöglicht die gleichzeitige Übertragung von Netzwerkpaketen an mehrere Empfänger. *'TCP_NODELAY'* kontrolliert den Nagle Algorithmus, mit dem der Fluss kleiner TCP Pakete optimiert wird, und kann nur mit TCP Verbindungen benutzt werden.

Parameter

- ▷ **Socket** (input_control) . . . . . socket ⇝ *handle*
  Nummer des Sockets.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Name der Socket-Einstellung.
  Werteliste: GenParamName ∈ {'timeout', 'SO_SNDBUF', 'SO_RCVBUF', 'SO_BROADCAST', 'TCP_NODELAY'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / real / integer
  Wert der Socket-Einstellung.
  Default: 'on'
  Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'on', 'off', 0, 1, 3.0, 'infinite', 530, 1460}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_socket_connect, socket_accept_connect

Nachfolger

send_data, receive_data

Siehe auch

get_socket_param

Modul

Foundation

socket_accept_connect (: : AcceptingSocket, Wait : Socket)

Annehmen einer Verbindungsanfrage auf einem akzeptierenden Socket vom Protokolltyp 'HALCON' oder 'TCP'/'TCP4'/'TCP6'.

socket_accept_connect nimmt eine ankommende Verbindungsanfrage, die mit open_socket_connect von einem anderen HALCON-Prozess oder einer externen Applikation erzeugt worden ist, auf dem akzeptierenden Socket AcceptingSocket an. Der akzeptierende Socket muss zuvor mit open_socket_accept erzeugt worden sein. Sein Timeout bestimmt die Wartezeit für den socket_accept_connect Aufruf. Falls Wait=*'true'*, wartet socket_accept_connect, bis eine Verbindung zustande kommt. Falls Wait=*'false'*, kehrt socket_accept_connect mit der Fehlermeldung 5 (H_MSG_FAIL) zurück, falls derzeit keine Verbindungsanfrage eines anderen Prozesses vorliegt. Mit dem Wert *'auto'* für Wait wartet socket_accept_connect automatisch wenn der akzeptierende Socket einen Timeout ungleich 0 hat. Das Ergebnis von socket_accept_connect ist ein weiterer Socket Socket, der für eine bidirektionale Kommunikation mit einem anderen Prozess verwendet werden kann. Nachdem die Verbindung hergestellt ist, können Daten zwischen den zwei Prozessen durch Aufruf der entsprechenden Sende- und Empfangsoperatoren ausgetauscht werden. Für ein ausführliches Beispiel siehe open_socket_accept.

Der Datenaustausch über generische Sockets erfolgt ausschließlich mit send_data und receive_data.

Parameter

- ▷ **AcceptingSocket** (input_control) . . . . . socket ⇝ *handle*
  Nummer des akzeptierenden Sockets.
- ▷ **Wait** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Soll auf eine Verbindungsanfrage gewartet werden?
  Default: 'auto'
  Werteliste: Wait ∈ {'auto', 'true', 'false'}

▷ **Socket** (output_control) . . . . . socket ⇝ *handle*
Nummer des Sockets.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

open_socket_accept

Nachfolger

send_image, receive_image, send_region, receive_region, send_tuple, receive_tuple, send_data, receive_data

Siehe auch

open_socket_connect, close_socket, get_socket_param, set_socket_param

Modul

Foundation

26.13 Speicherblock

compare_memory_block (: : MemoryBlocks1, MemoryBlocks2 : IsEqual)

Vergleichen von Speicherblöcken hinsichtlich ihrer Gleichheit.

Der Operator compare_memory_block vergleicht Tupel von Speicherblöcken und gibt das Ergebnis des Vergleichs in IsEqual zurück. Dazu wird jeder Speicherblock im Tupel MemoryBlocks1 mit dem Speicherblock mit demselben Index im Tupel MemoryBlocks2 verglichen. IsEqual wird auf TRUE gesetzt, wenn die Anzahl der Elemente der beiden Tupel gleich groß ist und die Länge und der Byte-Inhalt pro Speicherblockpaar übereinstimmt, ansonsten auf FALSE.

Achtung

compare_memory_block vergleicht den tatsächlichen Byte-Inhalt der Speicherblöcke, nicht deren Speicherort.

Parameter

▷ **MemoryBlocks1** (input_control) . . . . . memory_block(-array) ⇝ *handle*
Tupel der Referenz-Speicherblöcke.

▷ **MemoryBlocks2** (input_control) . . . . . memory_block(-array) ⇝ *handle*
Tupel der Vergleichs-Speicherblöcke.

▷ **IsEqual** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Boolescher Ergebniswert.

Ergebnis

Sind die übergebenen Handles gültig, liefert compare_memory_block den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_memory_block_extern, create_memory_block_extern_copy, image_to_memory_block, read_memory_block

Modul

Foundation

create_memory_block_extern (: : Pointer, Size, FreeFunction : MemoryBlockHandle)

Anlegen eines Speicherblocks aus einem externen Pointer.

Es wird nicht empfohlen, den Operator create_memory_block_extern in HDevelop zu verwenden.

create_memory_block_extern legt einen Speicherblock an und gibt dessen Handle MemoryBlockHandle zurück. Pointer ist ein Datenzeiger auf den Anfang des anzulegenden Speicherblocks. Size bestimmt die Größe des anzulegenden Speicherblocks in Byte. FreeFunction ist eine optionale Callback Funktion, die den Speicher auf den Pointer zeigt, freigibt. Diese Funktion muss folgende Signatur haben

```
void FreeFunction(void* ptr);
```

und wird beim Löschen von MemoryBlockHandle mit der __cdecl Aufrufkonvention aufgerufen. In diesem Fall erlangt HALCON Besitz über den Speicher und gibt ihn mittels der Callback Funktion frei. Falls der Speicher nicht freigegeben werden soll, also HALCON den Speicher nicht besitzen soll, kann der NULL-Pointer übergeben werden.

Parameter

- ▷ **Pointer** (input_control) . . . . . pointer ⇝ *integer*
  Datenzeiger auf einen Speicherblock.
- ▷ **Size** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Größe des Speicherblocks.
- ▷ **FreeFunction** (input_control) . . . . . pointer ⇝ *integer*
  Funktion um den Speicherblock freizugeben.
  Default: 0
- ▷ **MemoryBlockHandle** (output_control) . . . . . memory_block ⇝ *handle*
  Handle des Speicherblocks.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, gibt create_memory_block_extern den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

get_memory_block_ptr, compare_memory_block, memory_block_to_image, write_memory_block

Alternativen

create_memory_block_extern_copy

Modul

Foundation

create_memory_block_extern_copy (: : Pointer, Size : MemoryBlockHandle)

Anlegen eines Speicherblocks aus einem externen Pointer durch Kopieren.

create_memory_block_extern_copy legt einen Speicherblock durch Kopieren von Bytes an und gibt dessen Handle MemoryBlockHandle zurück. Pointer ist ein Datenzeiger auf den Anfang des zu kopierenden Speichers. Size bestimmt die Anzahl der zu kopierenden Bytes und dadurch die Größe des anzulegenden Speicherblocks in Byte. Der von diesem Operator kopierte Speicher wird beim Löschen von MemoryBlockHandle freigegeben, der Speicher in Pointer jedoch nicht.

Parameter

- ▷ **Pointer** (input_control) . . . . . pointer ⇝ *integer*
  Datenzeiger auf einen Speicherblock.
- ▷ **Size** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Größe des Speicherblocks.
- ▷ **MemoryBlockHandle** (output_control) . . . . . memory_block ⇝ *handle*
  Handle des Speicherblocks.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, gibt create_memory_block_extern_copy den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

get_memory_block_ptr, compare_memory_block, memory_block_to_image, write_memory_block

Alternativen

create_memory_block_extern

Modul

Foundation

get_memory_block_ptr (: : MemoryBlockHandle : Pointer, Size)

Zurückgeben des Datenzeigers und der Größe eines Speicherblocks.

Es wird nicht empfohlen, den Operator get_memory_block_ptr in HDevelop zu verwenden.

get_memory_block_ptr gibt den Datenzeiger auf den Anfang eines Speicherblocks in Pointer und seine Größe in Bytes in Size zurück. MemoryBlockHandle ist das Handle des Speicherblocks.

Parameter

- ▷ **MemoryBlockHandle** (input_control) . . . . . memory_block ⇝ *handle*
  Handle des Speicherblocks.
- ▷ **Pointer** (output_control) . . . . . pointer ⇝ *integer*
  Datenzeiger auf den Anfang des Speicherblock.
- ▷ **Size** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Größe des Speicherblocks.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert get_memory_block_ptr den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_memory_block_extern`, `create_memory_block_extern_copy`, `image_to_memory_block`, `read_memory_block`

Modul

Foundation

read_memory_block (: : FileName : MemoryBlockHandle)

Lesen eines Speicherblocks aus einer Datei.

Der Operator `read_memory_block` liest die Datei `FileName` und legt in `MemoryBlockHandle` einen neuen Speicherblock an, der eine exakte Kopie der Bytes in der Datei ist.

Die HALCON Standard-Dateiendung eines Speicherblocks ist '.bin'.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
Name der Datei.
Default: 'memory_block.bin'
Dateiendung: `.bin`

▷ **MemoryBlockHandle** (output_control) ..... memory_block ⇝ *handle*
Handle des Speicherblocks.

Ergebnis

`read_memory_block` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls eine Datei mit dem angegebenen Namen gefunden wurde und korrekt eingelesen werden konnte. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`get_memory_block_ptr`, `compare_memory_block`, `memory_block_to_image`

Siehe auch

`write_memory_block`

Modul

Foundation

write_memory_block (: : MemoryBlockHandle, FileName :)

Abspeichern eines Speicherblocks in eine Datei.

Der Operator `write_memory_block` schreibt den Byte-Inhalt des Speicherblocks `MemoryBlockHandle` in die Datei `FileName`. Der Speicherblock kann mittels `read_memory_block` wieder gelesen werden.

Die HALCON Standard-Dateiendung eines Speicherblocks ist '.bin'. Es kann aber eine beliebige Dateiendung ausgewählt werden, auch gar keine.

Achtung

Das Auswählen einer Dateiendung, die nicht zum Byte-Inhalt des Speicherblocks `MemoryBlockHandle` passt, ändert nur den Namen der Datei, nicht die geschriebenen Bytes.

Parameter

- ▷ **`MemoryBlockHandle`** (input_control) . . . . . memory_block ⇝ *handle*
  Handle des Speicherblocks.
- ▷ **`FileName`** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
  Name der Datei.
  Default: 'memory_block.bin'
  Dateiendung: `.bin`

Ergebnis

`write_memory_block` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das übergebene Handle gültig ist und der Speicherblock erfolgreich in die Datei mit dem angegebenen Namen geschrieben werden konnte. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_memory_block_extern`, `create_memory_block_extern_copy`, `image_to_memory_block`

Siehe auch

`read_memory_block`

Modul

Foundation

26.14 Verschlüsseltes Element

`read_encrypted_item` (: : `FileName` : `EncryptedItemHandle`)

Lesen eines verschlüsselten Elements aus einer Datei.

Der Operator `read_encrypted_item` liest die Datei `FileName` und legt in `EncryptedItemHandle` ein neues verschlüsseltes Element an, das eine exakte Kopie des gesicherten Elements in der Datei ist. Die Datei `FileName` muss mit dem Operator `write_encrypted_item` erzeugt worden sein.

Die HALCON Dateiendung für das verschlüsselte Element ist '.henc'.

Parameter

- ▷ **`FileName`** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
  Name der Datei.
  Default: 'encrypted_item.henc'
  Dateiendung: `.bin`
- ▷ **`EncryptedItemHandle`** (output_control) . . . . . encrypted_item ⇝ *handle*
  Handle des verschlüsselten Elements.

Ergebnis

`read_encrypted_item` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls eine Datei mit dem angegebenen Namen gefunden wurde und korrekt eingelesen werden konnte. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`decrypt_serialized_item`

Siehe auch

`write_encrypted_item`, `encrypt_serialized_item`

Modul

Foundation

`write_encrypted_item` (: : `EncryptedItemHandle`, `FileName` :)

Schreiben eines verschlüsselten Elements in eine Datei.

Der Operator `write_encrypted_item` schreibt ein verschlüsseltes Element in eine Datei mit dem Namen `FileName`. Das so gesicherte Element kann mit `read_encrypted_item` später wieder gelesen werden.

Die HALCON Dateiendung für das verschlüsselte Element ist '.henc'.

Parameter

▷ **`EncryptedItemHandle`** (input_control) ..... encrypted_item ⇝ *handle*
Handle des verschlüsselten Elements.

▷ **`FileName`** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.
Default: 'encrypted_item.henc'
Dateiendung: `.bin`

Ergebnis

`write_encrypted_item` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls das übergebene Handle gültig ist und das verschlüsselte Element erfolgreich in die Datei mit dem angegebenen Namen geschrieben werden konnte. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`encrypt_serialized_item`

Siehe auch

`read_encrypted_item`, `decrypt_serialized_item`

Modul

Foundation

Kapitel 27

Tools

27.1 Funktion

abs_funct_1d (: : Function : FunctionAbsolute)

Absolutbetrag der y-Werte.

abs_funct_1d berechnet die Absolutbeträge der y-Werte der Funktion Function.

Parameter

▷ **Function** (input_control) ..... function_1d ⇝ *real* / integer
Eingabefunktion.

▷ **FunctionAbsolute** (output_control) ..... function_1d ⇝ *real* / integer
Funktion mit den Absolutbeträgen der y-Werte.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_funct_1d_pairs, create_funct_1d_array

Modul

Foundation

compose_funct_1d (: : Function1, Function2,
Border : ComposedFunction)

Zusammensetzung zweier Funktionen.

compose_funct_1d berechnet die Zusammensetzung zweier Funktionen, d.h.

$$\texttt{ComposedFunction}(x) = \texttt{Function2}(\texttt{Function1}(x)) \ .$$

ComposedFunction hat denselben Definitionsbereich (x-Bereich) wie Function1. Falls der Wertebereich von Function1 größer ist als der Definitionsbereich von Function2, gibt Border die Randbehandlung für Function2 an. Für Border='*zero*' wird Function2 mit 0 fortgesetzt, für Border='*constant*' mit dem jeweiligen Randwert, für Border='*mirror*' werden die Funktionswerte am Rand gespiegelt und für Border='*cyclic*' zyklisch fortgesetzt. Für die Berechnung der Funktionswerte wird Function2 linear interpoliert.

Parameter

▷ **Function1** (input_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
Eingabefunktion 1.

▷ **Function2** (input_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
Eingabefunktion 2.

▷ **Border** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Randbehandlung für die Eingabefunktionen.
Default: 'constant'
Werteliste: `Border` ∈ {'zero', 'constant', 'mirror', 'cyclic'}

▷ **ComposedFunction** (output_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
Zusammengesetzte Funktion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_funct_1d_pairs`, `create_funct_1d_array`

Modul

Foundation

create_funct_1d_array (: : YValues : Function)

Erzeugen einer Funktion aus einer Folge von y-Werten.

`create_funct_1d_array` erzeugt aus einer Folge von y-Werten eine eindimensionale Funktion. Diese Funktion kann dann mit den Operatoren für Funktionen verarbeitet und analysiert werden. Die eingegebenen Werte werden in der folgenden Weise interpretiert: Der erste Wert von `YValues` ist der y-Wert an der Stelle Null, der zweite Wert an der Stelle Eins usw. Die Werte erzeugen also eine Funktion aufgebaut aus äquidistanten Stützstellen (mit Abstand $\Delta x = 1$), die bei dem x-Wert $x_1 = 0$ beginnt.

Die erzeugte Funktion ist folgendermaßen zusammengesetzt:

`Function` $= [0, \Delta x, x_1, y_1, y_2, ..., y_n]$

wobei

`Function`$[0] = 0$ die Funktion als Funktion mit äquidistanten Stützstellen kennzeichnet,

Δx die Äquidistanz der x-Werte ist,

x_1 der Anfangswert für x ist (stets als 0 angenommen), und

y_i die y-Werte, die in `YValues` übergeben werden sind (mit $i \in [1, n]$).

Alternativ kann eine Funktion auch mit dem Operator `create_funct_1d_pairs` erzeugt werden, der durch die explizite Angabe der x-Werte prinzipiell auch nicht-äquidistante Stützstellen ermöglicht. Um dieselbe Spezifikation zu erhalten, wie sie bei `create_funct_1d_array` definiert wird, müssten die x-Werte bei `create_funct_1d_pairs` daher als ein Tupel übergeben werden, das beginnend bei Null um 1 aufsteigende Werte enthält. Es ist aber zu beachten, dass die Verwendung von `create_funct_1d_pairs` zu einer anderen internen Darstellung der Funktion führt, die mehr Speicher bedarf (da alle Paare gespeichert werden) und die in der Verarbeitung etwas langsamer sein kann.

Um aus einer mittels `create_funct_1d_array` erzeugten Funktion mit äquidistanten Stützstellen des Abstandes 1 eine neue zu generieren, die einen anderen Abstand bei den äquidistanten Stützstellen aufweist, kann der Operator `transform_funct_1d` verwendet werden.

Parameter

▷ **YValues** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
X-Werte der Stützstellen.

▷ **Function** (output_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
Erzeugte Funktion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`write_funct_1d`, `y_range_funct_1d`, `get_pair_funct_1d`, `transform_funct_1d`

Alternativen

`create_funct_1d_pairs`, `read_funct_1d`

Siehe auch

`funct_1d_to_pairs`

Modul

Foundation

create_funct_1d_pairs (: : XValues, YValues : Function)

Erzeugen einer Funktion aus Paaren von (x,y)-Werten.

`create_funct_1d_pairs` erzeugt aus Paaren von (x,y)-Werten eine eindimensionale Funktion. Die x-Werte `XValues` der Funktion müssen aufsteigend sortiert sein. Die resultierende Funktion kann dann mit den Operatoren für Funktionen verarbeitet und analysiert werden.

Die erzeugte Funktion ist folgendermaßen zusammengesetzt:

`Function` $= [1, x_1, y_1, x_2, y_2, ..., x_n, y_n]$

wobei

`Function`$[0] = 1$ die Funktion als eindimensionale Funktion aus Paaren von (x,y)-Werten kennzeichnet und

$[x_i, y_i]$ mit $i \in [1, n]$ die in `XValues` und `YValues` übergebenen Wertepaare sind.

Alternativ kann eine Funktion mit dem Operator `create_funct_1d_array` erzeugt werden. Im Gegensatz zu diesem Operator können hier die Stützpunkte jedoch beliebige Abstände haben. `create_funct_1d_pairs` ist also der allgemeinere Operator. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Verarbeitung einer mit `create_funct_1d_pairs` erzeugten Funktion aufgrund dieser Allgemeinheit oftmals nicht so effizient ausgeführt werden kann. Insbesondere sind nicht alle Verarbeitungen implementiert. Gegebenenfalls kann die Funktion mit dem Operator `sample_funct_1d` in eine äquidistante Darstellung umgewandelt werden.

Achtung

`create_funct_1d_pairs` prüft, ob die x-Werte vom Datentyp 'double' aufsteigend sind. Manche Operatoren prüfen dies ebenfalls, benutzen dafür aber den Datentyp 'float'. Wird solch ein Operator nach `create_funct_1d_pairs` aufgerufen, kann es passieren, dass zwei benachbarte Werte in der 'float' Variante gleich erscheinen, die in der 'double' Variante aufsteigend waren. Dies führt zu einer Fehlermeldung.

Parameter

▷ **XValues** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
X-Werte der Stützstellen.

▷ **YValues** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
Y-Werte der Stützstellen.

▷ **Function** (output_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
Erzeugte Funktion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`write_funct_1d`, `y_range_funct_1d`, `get_pair_funct_1d`

Alternativen

`create_funct_1d_array`, `read_funct_1d`

Siehe auch

`funct_1d_to_pairs`

Modul

Foundation

derivate_funct_1d (: : Function, Mode : Derivative)

Berechnung der Ableitungen einer Funktion.

`derivate_funct_1d` bestimmt die Ableitungen der Funktion `Function` bis zum Grad 2. Dabei wird ein Differenzenverfahren mit Ordnung $O(h^2)$ verwendet. Die Ableitung `Derivative` ist ebenfalls eine Funktion mit denselben Stützstellen wie `Function`. Mit dem Parameter `Mode` kann zwischen der ersten (*'first'*) und der zweiten (*'second'*) Ableitung gewählt werden.

Parameter

▷ **Function** (input_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
Eingabefunktion

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Grad der Ableitung
Default: 'first'
Werteliste: `Mode` ∈ {'first', 'second'}

▷ **Derivative** (output_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
Ableitung der Funktion

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_funct_1d_pairs`, `create_funct_1d_array`, `smooth_funct_1d_gauss`, `smooth_funct_1d_mean`

Modul

Foundation

funct_1d_to_pairs (: : Function : XValues, YValues)

Zugriff auf die x/y-Werte einer Funktion.

`funct_1d_to_pairs` zerlegt die Eingabefunktion `Function` in Tupel von x- und y- Werten.

Parameter

- ▷ **Function** (input_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
  Eingabefunktion.
- ▷ **XValues** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  X-Werte der Funktion.
- ▷ **YValues** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Y-Werte der Funktion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_funct_1d_pairs`, `create_funct_1d_array`

Modul

Foundation

get_pair_funct_1d (: : Function, Index : X, Y)

Zugriff auf Funktionswerte über den Index der Stützstelle.

`get_pair_funct_1d` greift auf einen Funktionswert der Funktion `Function` zu. Hierzu wird der Index einer oder mehrerer Stützstellen angegeben.

Parameter

- ▷ **Function** (input_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
  Eingabefunktion.
- ▷ **Index** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Index der Stützstelle(n).
- ▷ **X** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  X-Wert an der vorgegebenen Stützstelle.
- ▷ **Y** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Y-Wert an der vorgegebenen Stützstelle.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_funct_1d_pairs`, `create_funct_1d_array`

Modul

Foundation

get_y_value_funct_1d (: : Function, X, Border : Y)

Berechnung des Funktionswertes an einer beliebigen Position.

`get_y_value_funct_1d` liefert einen Funktionswert der Funktion `Function` an den durch `X` gegebenen Koordinaten zurück. Für die Berechnung der Funktionswerte wird die Eingabefunktion linear interpoliert. Der Parameter `Border` entscheidet, welchen Wert die Funktion `Function` außerhalb des gültigen Bereichs hat.

Für Border='zero' wird der Wert auf 0 gesetzt, für Border='constant' auf den jeweiligen Randwert, für Border='mirror' werden die Funktionswerte am Rand gespiegelt, für Border='cyclic' werden sie zyklisch fortgesetzt und für Border='error' wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Parameter

- ▷ **Function** (input_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
  Eingabefunktion.
- ▷ **X** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  X-Koordinate, an der der Funktionswert berechnet werden soll.
- ▷ **Border** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Randbehandlung für die Eingabefunktion.
  Default: 'constant'
  Werteliste: Border ∈ {'zero', 'constant', 'mirror', 'cyclic', 'error'}
- ▷ **Y** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Y-Wert des vorgegebenen x-Wertes.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_funct_1d_pairs, create_funct_1d_array

Modul

Foundation

integrate_funct_1d (: : Function : Positive, Negative)

Berechnung der positiven und negativen Flächen unter einer Funktion.

integrate_funct_1d integriert die FunktionFunction (siehe create_funct_1d_array und create_funct_1d_pairs) und gibt das Integral der positiven und negativen Teile der Funktion in Positive bzw. Negative zurück. Das Integral der Funktion ist also die Differenz Positive - Negative. Die Integration wird über das Intervall, auf dem die Funktion definiert ist, ausgeführt. Zur Integration wird die Funktion linear interpoliert.

Parameter

- ▷ **Function** (input_control) . . . . . function_1d ⇝ *real*
  Eingabefunktion.
- ▷ **Positive** (output_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Fläche unter dem positiven Teil der Funktion.
- ▷ **Negative** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
  Fläche unter dem negativen Teil der Funktion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_funct_1d_pairs, create_funct_1d_array

Siehe auch

create_funct_1d_array, create_funct_1d_pairs

Modul

Foundation

invert_funct_1d (: : Function : InverseFunction)

Berechnung der Inversen einer Funktion.

invert_funct_1d berechnet die Inverse der Eingabefunktion Function und liefert sie in InverseFunction. Die Funktion Function muss monoton sein. Falls das nicht der Fall ist, wird eine Fehlermeldung zurückgeliefert.

Parameter

▷ **Function** (input_control) ..... function_1d ⇝ *real / integer*
Eingabefunktion.

▷ **InverseFunction** (output_control) ..... function_1d ⇝ *real / integer*
Inverse der Funktion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_funct_1d_pairs, create_funct_1d_array

Modul

Foundation

local_min_max_funct_1d (: : Function, Mode, Interpolation : Min, Max)

Berechnung der lokalen Minima und Maxima einer Funktion.

local_min_max_funct_1d bestimmt die lokalen Minima Min und Maxima Max der Funktion Function.

Da die Werte der Funktion nur an diskreten Punkten bekannt sind wird zwischen diesen Punkten quadratisch interpoliert, falls der Parameter Interpolation den Wert *'true'* hat. Wird Interpolation auf *'false'* gesetzt, so werden Extrema nur an den Stützstellen angenommen.

Wird Mode auf *'strict_min_max'* gesetzt, so werden Extrema nur in der Umgebung von solchen Punkten gesucht, deren Funktionswert echt größer bzw. echt kleiner ist als die Werte der benachbarten Punkte.

Ist Mode auf *'plateaus_center'* eingestellt, so werden auch Bereiche betrachtet, in denen der Funktionswert über mehrere Stützstellen hinweg konstant bleibt. Wird solch ein Bereich als abgeflachtes Extremum identifiziert, so wird sein Mittelpunkt zurückgeliefert.

Parameter

▷ **Function** (input_control) ..... function_1d ⇝ *real / integer*
Eingabefunktion

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Plateaubehandlung
Default: 'strict_min_max'
Werteliste: Mode ∈ {'strict_min_max', 'plateaus_center'}

▷ **Interpolation** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Interpolation der Funktion
Default: 'true'
Werteliste: Interpolation ∈ {'true', 'false'}

▷ **Min** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Minima der Funktion

▷ **Max** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Maxima der Funktion

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_funct_1d_pairs`, `create_funct_1d_array`, `smooth_funct_1d_gauss`, `smooth_funct_1d_mean`

Modul

Foundation

match_funct_1d_trans (: : Function1, Function2, Border, ParamsConst, UseParams : Params, ChiSquare, Covar)

Berechnung der Transformationsparameter zwischen zwei Funktionen.

`match_funct_1d_trans` berechnet die Transformationsparameter zwischen zwei Funktionen, die als die Tupel `Function1` und `Function2` übergeben werden (siehe `create_funct_1d_array` und `create_funct_1d_pairs`). Es wird folgendes Modell der Transformation zwischen den zwei Funktionen verwendet:

$$y_1(x) = a_1 y_2(a_3 x + a_4) + a_2 \ .$$

Die Transformationsparameter werden durch eine Ausgleichsrechnung berechnet, indem die folgende Funktion minimiert wird:

$$\sum_{i=0}^{n-1} \left(y_1(x_i) - a_1 y_2(a_3 x_i + a_4) + a_2\right)^2 \ .$$

Dabei werden die Funktionswerte von y_2 linear interpoliert. Der Parameter `Border` entscheidet, welchen Wert die Funktion `Function2` außerhalb des gültigen Bereichs hat. Für `Border`=*'zero'* wird der Wert auf 0 gesetzt, für `Border`=*'constant'* auf den jeweiligen Randwert, für `Border`=*'mirror'* werden die Funktionswerte am Rand gespiegelt und für `Border`=*'cyclic'* werden sie zyklisch fortgesetzt. Die berechneten Transformationsparameter werden als Tupel $[a_1, a_2, a_3, a_4]$ in `Params` zurückgeliefert. Falls einige der Parameter bekannte Werte besitzen, so kann der jeweilige Parameter von der Ausgleichsrechnung ausgeschlossen werden, indem an der entsprechenden Stelle im Tupel `UseParams` der Wert *'false'* eingetragen wird. In diesem Fall muss im Tupel `ParamsConst` der bekannte Wert des Parameters eingetragen werden. Wenn der Parameter für die Ausgleichung verwendet wird (`UseParams` = *'true'*), wird der entsprechende Parameter in `ParamsConst` ignoriert. Als Ausgabe liefert `match_funct_1d_trans` weiterhin die Summe der quadratischen Fehler `ChiSquare` der Ergebnisfunktion, also der mit den Transformationsparametern transformierten Funktion, sowie die Kovarianzmatrix `Covar` der Transformationsparameter `Params` zurück. Diese Werte können verwendet werden, um festzustellen, ob ein erfolgreiches Matching der Funktionen möglich war.

Für den Fall, dass es keine eindeutige Lösung für die Transformationsparameter gibt, liefert `match_funct_1d_trans` entweder eine einzelne ausgewählte Lösung oder den Fehler 9205 (Matrix ist singulär) zurück.

Parameter

▷ **Function1** (input_control) ..... function_1d ⇝ *real* / integer
Funktion 1.

▷ **Function2** (input_control) ..... function_1d ⇝ *real* / integer
Funktion 2.

▷ **Border** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Randbehandlung für Funktion 2.
Default: 'constant'
Werteliste: `Border` ∈ {'zero', 'constant', 'mirror', 'cyclic'}

▷ **ParamsConst** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Werte der Parameter, die konstant gehalten werden.
Parameteranzahl: 4
Default: [1.0,0.0,1.0,0.0]

▷ **UseParams** (input_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Soll ein Parameter angepasst werden?
Parameteranzahl: 4
Default: ['true','true','true','true']
Werteliste: `UseParams` ∈ {'true', 'false'}

▷ **Params** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Transformationsparameter zwischen den Funktionen.
Parameteranzahl: 4

▷ **ChiSquare** (output_control) . . . . . number ⇝ *real*
Quadratischer Fehler der Ausgabefunktion.

▷ **Covar** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Kovarianzmatrix der Transformationsparameter
Parameteranzahl: 16

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_funct_1d_array`, `create_funct_1d_pairs`

Siehe auch

`gray_projections`

Modul

Foundation

negate_funct_1d (: : Function : FunctionInverted)

Negation aller y-Werte.

`negate_funct_1d` negiert alle y-Werte der Funktion `Function`.

Parameter

▷ **Function** (input_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
Eingabefunktion.

▷ **FunctionInverted** (output_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
Funktion mit den negierten y-Werten.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_funct_1d_pairs`, `create_funct_1d_array`

Modul

Foundation

num_points_funct_1d (: : Function : Length)

Anzahl der Stützstellen der Funktion.

num_points_funct_1d bestimmt die Anzahl von Stützstellen der Funktion Function.

Parameter

- ▷ **Function** (input_control) ..... function_1d ⇝ *real* / integer
  Eingabefunktion.
- ▷ **Length** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Stützstellen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_funct_1d_pairs, create_funct_1d_array

Modul

Foundation

read_funct_1d (: : FileName : Function)

Eine Funktion von Datei lesen.

read_funct_1d liest den Inhalt der Datei FileName und wandelt diesen in die Funktion Function, dargestellt als Tupel, um. Die Datei muss mit write_funct_1d erzeugt worden sein.

Parameter

- ▷ **FileName** (input_control) ..... filename.read ⇝ *string*
  Name der zu lesenden Datei.
- ▷ **Function** (output_control) ..... function_1d ⇝ *real* / integer
  Eingelesene Funktion.

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert read_funct_1d den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

fread_string, read_tuple

Siehe auch

write_funct_1d, write_image, write_region, open_file

Modul

Foundation

sample_funct_1d (: : Function, XMin, XMax, XDist,
Border : SampledFunction)

Taste eine Funktion in einem Intervall äquidistant ab.

sample_funct_1d tastet die Eingabefunktion Function im Intervall [XMin,XMax] an äquidistanten Stützstellen mit dem Abstand XDist ab. Die letzte Stützstelle liegt im Intervall, falls XMax-XMin kein ganzzahliges Vielfaches von XDist ist. Bei der Abtastung wird die Eingabefunktion linear interpoliert. Der Parameter Border entscheidet, welchen Wert die Funktion Function außerhalb des gültigen Bereichs hat. Für Border='zero' wird der Wert auf 0 gesetzt, für Border='constant' auf den jeweiligen Randwert, für Border='mirror' werden die Funktionswerte am Rand gespiegelt und für Border='cyclic' werden sie zyklisch fortgesetzt.

Parameter

- ▷ **Function** (input_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
  Eingabefunktion.
- ▷ **XMin** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Minimaler x-Wert der Ausgabefunktion.
- ▷ **XMax** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Maximaler x-Wert der Ausgabefunktion.
  Restriktion: XMax > XMin
- ▷ **XDist** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Abstand der Abtastwerte.
  Restriktion: XDist > 0
- ▷ **Border** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Randbehandlung für die Eingabefunktion.
  Default: 'constant'
  Werteliste: Border ∈ {'zero', 'constant', 'mirror', 'cyclic'}
- ▷ **SampledFunction** (output_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
  Abgetastete Funktion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

transform_funct_1d, create_funct_1d_array, create_funct_1d_pairs

Modul

Foundation

scale_y_funct_1d (: : Function, Mult, Add : FunctionScaled)

Multiplizieren und Addieren der y-Werte der Funktion.

scale_y_funct_1d multipliziert und addiert die y-Werte der Funktion Function mit den Parametern Mult und Add.

Parameter

- ▷ **Function** (input_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
  Eingabefunktion.
- ▷ **Mult** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Faktor für Skalierung der y-Werte.
  Default: 2.0
  Wertevorschläge: Mult ∈ {0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0}
- ▷ **Add** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Konstante, die auf die y-Werte addiert wird.
  Default: 0.0
  Wertevorschläge: Add ∈ {-10.0, -5.0, 1.0, 0.0, 5.0, 10.0}
- ▷ **FunctionScaled** (output_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
  Transformierte Funktion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_funct_1d_pairs`, `create_funct_1d_array`

Modul

Foundation

`smooth_funct_1d_gauss` (: : `Function`, `Sigma` : `SmoothedFunction`)

Glättung einer äquidistanten 1D Funktion mit einer Gaußfunktion.

`smooth_funct_1d_gauss` führt die Glättung einer eindimensionalen Funktion durch die Anwendung einer Gaußfunktion durch. Die Funktion muss äquidistant sein, d.h. mit `create_funct_1d_array`, `sample_funct_1d` o.ä. erzeugt worden sein. An den Rändern der Funktion werden die Funktionswerte gespiegelt.

Der Glättungsparameter `Sigma` darf nicht größer sein als (`Length`-2) / 7.8 * `Function`[1], wobei `Length`-2 die Anzahl der Stützstellen der Funktion `Function` und `Function`[1] die Äquidistanz der Stützstellen ist. `Length` kann mit `num_points_funct_1d` bestimmt werden.

Parameter

▷ **`Function`** (input_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
Zu glättende Funktion.

▷ **`Sigma`** (input_control) . . . . . number ⇝ *real*
Sigma der Gaußfunktion für die Glättung.
Default: 2.0
Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0}
Wertebereich: 0.1 ≤ `Sigma` ≤ 50.0 (lin)
Minimale Schrittweite: 0.01
Empfohlene Schrittweite: 0.2

▷ **`SmoothedFunction`** (output_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
Geglättete Funktion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_funct_1d_array`, `sample_funct_1d`

Nachfolger

`match_funct_1d_trans`, `distance_funct_1d`

Alternativen

`smooth_funct_1d_mean`

Modul

Foundation

`smooth_funct_1d_mean` (: : `Function`, `SmoothSize`, `Iterations` : `SmoothedFunction`)

Glättung einer äquidistanten 1D Funktion durch Mittelung.

smooth_funct_1d_mean führt die Glättung einer 1-dimensionalen Funktion mit Hilfe der mehrmaligen Anwendung eines Mittelwertfilters durch. Die Funktion muss äquidistant sein, d.h. mit create_funct_1d_array, sample_funct_1d o.ä. erzeugt worden sein. An den Rändern der Funktion werden die Funktionswerte gespiegelt.

Achtung

Wird für SmoothSize ein gerader statt einem ungerade Wert übergeben, verwendet die Routine an ihrer Stelle den nächstgrößeren ungeraden Wert (damit ist der Schwerpunkt der Filtermaske immer eindeutig bestimmt).

Parameter

- ▷ **Function** (input_control) . . . . . function_1d ⇝ *integer* / real
  1D Funktion.
- ▷ **SmoothSize** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Größe der Glättungsmaske.
  Default: 9
  Wertevorschläge: SmoothSize ∈ {1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 21, 31, 51}
  Wertebereich: 0 ≤ SmoothSize ≤ 1001 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 2
- ▷ **Iterations** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Iterationen der Glättung.
  Default: 3
  Wertevorschläge: Iterations ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}
  Wertebereich: 1 ≤ Iterations ≤ 100 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1
- ▷ **SmoothedFunction** (output_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
  Geglättete Funktion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_funct_1d_array, sample_funct_1d

Alternativen

smooth_funct_1d_gauss

Modul

Foundation

transform_funct_1d (: : Function, Params : TransformedFunction)

Transformiere eine Funktion mit gegebenen Transformationsparametern.

transform_funct_1d transformiert die Eingabefunktion Function mit den Transformationsparametern, die in Params übergeben werden. Die Funktion Function wird dabei als Tupel übergeben (siehe create_funct_1d_array und create_funct_1d_pairs). Es wird folgendes Modell der Transformation zwischen den zwei Funktionen verwendet (siehe match_funct_1d_trans):

$$y_t(x) = a_1 y(a_3 x + a_4) + a_2 \quad .$$

Die Ausgabefunktion TransformedFunction entsteht dadurch, dass die x- und y-Werte der Eingabefunktion getrennt nach obiger Formel transformiert werden, d.h. die Ausgabefunktion wird nicht neu abgetastet. Daher muss $a_3 \neq 0.0$ gelten. Um eine Funktion neu abzutasten steht der Operator sample_funct_1d zur Verfügung.

Parameter

▷ **Function** (input_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
Eingabefunktion.

▷ **Params** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Transformationsparameter zwischen den Funktionen.
Parameteranzahl: 4

▷ **TransformedFunction** (output_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
Transformierte Funktion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_funct_1d_pairs`, `create_funct_1d_array`, `match_funct_1d_trans`

Modul

Foundation

write_funct_1d (: : Function, FileName :)

Eine Funktion auf Datei schreiben.

`write_funct_1d` schreibt den Inhalt von `Function` auf Datei. Es handelt sich hierbei um ein ASCII-Format, d.h. die Daten sind (siehe auch Tupel / String-Operationen) zwischen unterschiedlichen Rechnertypen austauschbar. Die Daten können mit dem Operator `read_funct_1d` wieder eingelesen werden. Für den Dateiname ist keine Extension festgelegt.

Parameter

▷ **Function** (input_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
Funktion die geschrieben werden soll.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der zu schreibenden Datei.

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert `write_funct_1d` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_funct_1d_pairs`, `create_funct_1d_array`

Alternativen

`write_tuple`, `fwrite_string`

Siehe auch

`read_funct_1d`, `write_image`, `write_region`, `open_file`

Modul

Foundation

x_range_funct_1d (: : Function : XMin, XMax)

Kleinster und größter x-Wert der Funktion.

x_range_funct_1d bestimmt den kleinsten und den größten x-Wert der Funktion Function.

Parameter

- ▷ **Function** (input_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
  Eingabefunktion.
- ▷ **XMin** (output_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Kleinster x-Wert.
- ▷ **XMax** (output_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Größter x-Wert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_funct_1d_pairs, create_funct_1d_array

Modul

Foundation

y_range_funct_1d (: : Function : YMin, YMax)

Kleinster und größter y-Wert der Funktion.

y_range_funct_1d bestimmt den kleinsten und den größten y-Wert der Funktion Function.

Parameter

- ▷ **Function** (input_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
  Eingabefunktion.
- ▷ **YMin** (output_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Kleinster y-Wert.
- ▷ **YMax** (output_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Größter y-Wert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_funct_1d_pairs, create_funct_1d_array

Modul

Foundation

zero_crossings_funct_1d (: : Function : ZeroCrossings)

Berechnung der Nullstellen einer Funktion.

zero_crossings_funct_1d bestimmt die Nullstellen ZeroCrossings der Funktion Function. Dabei werden die Werte der Funktion zwischen ihren Stützstellen linear interpoliert und so die Koordinate des Nulldurchgangs genau bestimmt. Besitzt die gesamte Gerade zwischen zwei Stützstellen den Wert *0*, so werden nur der Anfangs- und Endpunkt dieses Intervalls zurückgeliefert.

Parameter

▷ **Function** (input_control) . . . . . function_1d ⇝ *real* / integer
Eingabefunktion

▷ **ZeroCrossings** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Nullstellen der Funktion

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_funct_1d_pairs, create_funct_1d_array, smooth_funct_1d_gauss, smooth_funct_1d_mean

Modul

Foundation

27.2 Geometrie

```
angle_ll ( : : RowA1, ColumnA1, RowA2, ColumnA2, RowB1, ColumnB1,
    RowB2, ColumnB2 : Angle )
```

Berechnen des Winkels zwischen zwei Geraden.

angle_ll berechnet den Winkel zwischen zwei Geraden. Als Eingabe werden die Koordinaten von zwei Punkten der ersten Geraden (RowA1,ColumnA1, RowA2,ColumnA2) und der zweiten Geraden (RowB1,ColumnB1, RowB2,ColumnB2) erwartet. Die Berechnung des Winkels geschieht wie folgt: Man interpretiert die beiden Geraden als Vektoren, wobei RowA1,ColumnA1 bzw. RowB1,ColumnB1 die Startpunkte und RowA2,ColumnA2 bzw. RowB2,ColumnB2 die Endpunkte sind. Dreht man nun den Vektor A gegen den Uhrzeigersinn auf den Vektor B (der Drehpunkt ist der Schnittpunkt der Geraden), so ist der benötigte Rotationswinkel der gesuchte Wert. Der Winkel ist also abhängig von der Reihenfolge der Koordinaten und der Reihenfolge der beiden Geraden. Das Ergebnis, d.h. der Winkel in Bogenmaß, wird im Parameter Angle übergeben. Die Winkel liegen im Bereich von $-\pi \leq \texttt{Angle} \leq \pi$.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Winkel berechnet und zurückgegeben werden.

Parameter

▷ **RowA1** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des ersten Punktes der ersten Geraden.

▷ **ColumnA1** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des ersten Punktes der ersten Geraden.

▷ **RowA2** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der ersten Geraden.

▷ **ColumnA2** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der ersten Geraden.

▷ **RowB1** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des ersten Punktes der zweiten Geraden.

▷ **ColumnB1** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des ersten Punktes der zweiten Geraden.

▷ **RowB2** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der zweiten Geraden.

▷ **ColumnB2** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der zweiten Geraden.

▷ **Angle** (output_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
Winkel zwischen den Geraden [rad].

Beispiel

```
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle)
RowA1 := 255
ColumnA1 := 10
RowA2 := 255
ColumnA2 := 501
gen_contour_polygon_xld (Contour, [RowA1,RowA2], [ColumnA1,ColumnA2])
RowB1 := 255
ColumnB1 := 255
for I := 5 to 360 by 5
  RowB2 := 255 - sin(rad(I)) * 200
  ColumnB2 := 255 + cos(rad(I)) * 200
  gen_contour_polygon_xld (Contour, [RowB1,RowB2], [ColumnB1,ColumnB2])
  angle_ll (RowA1, ColumnA1, RowA2, ColumnA2,\
            RowB1, ColumnB1, RowB2, ColumnB2, Angle)
  AngleDeg := deg(Angle)
endfor
```

Ergebnis

`angle_ll` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

`angle_lx`

Modul

Foundation

angle_lx (: : Row1, Column1, Row2, Column2 : Angle)

Berechnen des Winkels zwischen einer Geraden und der horizontalen Achse.

`angle_lx` berechnet den Winkel zwischen einer Geraden und der Horizontalen. Als Eingabe werden die Koordinaten von zwei Punkten auf der Geraden (`Row1`,`Column1`, `Row2`,`Column2`) erwartet. Die Berechnung des Winkels geschieht wie folgt: Man interpretiert die Gerade als einen Vektor, wobei `Row1`,`Column1` der Startpunkt und `Row2`,`Column2` der Endpunkt sind. Der Startpunkt liegt dabei auf der Horizontalen und dient in der folgenden Überlegung als Drehpunkt. Liegt der Endpunkt des Vektors oberhalb der Horizontalen, ergibt sich der gesuchte Winkel (mit positivem Vorzeichen) aus der Rotation dieser Horizontalen gegen den Uhrzeigersinn auf den Vektor. Liegt der Endpunkt des Vektors unterhalb der Horizontalen, ergibt sich der gesuchte Winkel (mit negativem Vorzeichen) aus der Rotation dieser Horizontalen im Uhrzeigersinn auf den Vektor. Der Winkel ist also abhängig von der Reihenfolge der Koordinaten. Das Ergebnis, d.h. der Winkel in Bogenmaß, wird im Parameter `Angle` übergeben. Der Winkel liegt im Bereich von $-\pi \leq$ `Angle` $< \pi$.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Winkel berechnet und zurückgegeben werden.

Parameter

▷ **Row1** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des ersten Punktes der Geraden.

▷ **Column1** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des ersten Punktes der Geraden.

▷ **Row2** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der Geraden.

▷ **Column2** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der Geraden.

▷ **Angle** (output_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
Winkel zwischen der Geraden und der Horizontalen [rad].

Beispiel

```
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle)
RowA1 := 255
ColumnA1 := 10
RowA2 := 255
ColumnA2 := 501
gen_contour_polygon_xld (Contour, [RowA1,RowA2], [ColumnA1,ColumnA2])
Row1 := 255
Column1 := 255
for I := 5 to 360 by 5
  Row2 := 255 - sin(rad(I)) * 200
  Column2 := 255 + cos(rad(I)) * 200
  gen_contour_polygon_xld (Contour, [Row1,Row2], [Column1,Column2])
  angle_lx (Row1, Column1, Row2, Column2, Angle)
  AngleDeg := deg(Angle)
endfor
```

Ergebnis

`angle_lx` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

`angle_ll`

Modul

Foundation

apply_distance_transform_xld

```
apply_distance_transform_xld ( Contour : ContourOut : DistanceTransformID : )
```

Berechnen des punktweisen Abstands von Konturen mittels einer XLD-Distanztransformation.

Der Operator `apply_distance_transform_xld` berechnet für jeden Punkt in `Contour` den minimalen Abstand zur Referenzkontur mithilfe ihrer XLD-Distanztransformation `DistanceTransformID`. Die zurückgelieferte Kontur `ContourOut` enthält die Kontur `Contour` mit dem Attribut *'distance'*, in dem die berechneten Abstände gespeichert sind. Diese können anschließend durch die Abfrage des Attributs *'distance'* mit dem Operator `get_contour_attrib_xld` abgerufen werden. Weitere Informationen zu Konturattributen können der Referenz von `get_contour_attrib_xld` entnommen werden.

Die berechneten Abstände werden von den Parametern des Operators `create_distance_transform_xld` beeinflusst: Die Abstände werden bei der maximalen Distanz abgeschnitten, die im Parameter MaxDistance festgelegt ist. Der Parameter Mode legt fest, ob die Abstände *'point_to_point'* oder

'point_to_segment' berechnet werden. Weitere Informationen finden sich auch in der Dokumentation von `create_distance_transform_xld`.

Parameter

▷ **`Contour`** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
Kontur(en) für deren Punkte die Abstände berechnet werden.

▷ **`ContourOut`** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
Kopie von `Contour` mit den Abständen als Attribut.

▷ **`DistanceTransformID`** (input_control) ..... xld_dist_trans ⇝ *handle*
Handle der XLD-Distanztransformation der Referenzkontur.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert der Operator den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), sonst eine Fehlermeldung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_distance_transform_xld`, `read_distance_transform_xld`, `deserialize_distance_transform_xld`, `set_distance_transform_xld_param`

Nachfolger

`get_contour_attrib_xld`, `segment_contour_attrib_xld`

Alternativen

`distance_contours_xld`

Siehe auch

`get_contour_attrib_xld`, `set_distance_transform_xld_param`, `write_distance_transform_xld`, `serialize_distance_transform_xld`, `clear_distance_transform_xld`

Modul

Foundation

area_intersection_rectangle2

```
area_intersection_rectangle2 ( : : Rect1Row, Rect1Column,
    Rect1Phi, Rect1Length1, Rect1Length2, Rect2Row, Rect2Column,
    Rect2Phi, Rect2Length1, Rect2Length2 : AreaIntersection )
```

Berechnen der Schnittfläche von zwei orientierten Rechtecken.

`area_intersection_rectangle2` berechnet die Schnittfläche von zwei orientierten Rechtecken (d.h. vom Typ Rectangle2), welche jeweils durch ihre Parameter (Schwerpunkt (`Rect1Row`, `Rect1Column`), Orientierung `Rect1Phi` sowie die halben Kantenlängen `Rect1Length1` und `Rect1Length2`), respektive (Schwerpunkt (`Rect2Row`, `Rect2Column`), Orientierung `Rect2Phi`, sowie die halben Kantenlängen `Rect2Length1` und `Rect2Length2`), definiert sind. Die Schnittfläche wird in `AreaIntersection` zurückgegeben.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Distanzen berechnet und zurückgegeben werden.

Parameter

▷ **`Rect1Row`** (input_control) ..... rectangle2.center.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des Mittelpunkts des ersten Rechtecks.

▷ **`Rect1Column`** (input_control) ..... rectangle2.center.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des Mittelpunkts des ersten Rechtecks.

▷ **`Rect1Phi`** (input_control) ..... rectangle2.angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
Winkel zwischen der positiven horizontalen Achse und der ersten Kante des ersten Rechtecks (im Bogenmaß).

▷ **Rect1Length1** (input_control) . . . . . rectangle2.hwidth(-array) ⇝ *real* / integer
Halbe Länge der ersten Kante des ersten Rechtecks.

▷ **Rect1Length2** (input_control) . . . . . rectangle2.hheight(-array) ⇝ *real* / integer
Halbe Länge der zweiten Achse des ersten Rechtecks.

▷ **Rect2Row** (input_control) . . . . . rectangle2.center.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des Mittelpunkts des zweiten Rechtecks.

▷ **Rect2Column** (input_control) . . . . . rectangle2.center.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des Mittelpunkts des zweiten Rechtecks.

▷ **Rect2Phi** (input_control) . . . . . rectangle2.angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
Winkel zwischen der positiven horizontalen Achse und der ersten Kante des zweiten Rechtecks (im Bogenmaß).

▷ **Rect2Length1** (input_control) . . . . . rectangle2.hwidth(-array) ⇝ *real* / integer
Halbe Länge der ersten Kante des zweiten Rechtecks.

▷ **Rect2Length2** (input_control) . . . . . rectangle2.hheight(-array) ⇝ *real* / integer
Halbe Länge der zweiten Kante des zweiten Rechtecks.

▷ **AreaIntersection** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Schnittfläche zwischen dem ersten und dem zweiten Rechteck.

Ergebnis

`area_intersection_rectangle2` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

`gen_rectangle2`, `intersection_segments`, `intersection_segment_line`, `intersection_segment_contour_xld`, `intersection_line_contour_xld`, `intersection_contours_xld`

Modul

Foundation

clear_distance_transform_xld (: : DistanceTransformID :)

Löschen einer XLD-Distanztransformation.

`clear_distance_transform_xld` löscht die XLD-Distanztransformation `DistanceTransformID`, die zuvor mit `create_distance_transform_xld` erzeugt wurde.

Parameter

▷ **DistanceTransformID** (input_control) . . . . . xld_dist_trans ⇝ *handle*
Handle der XLD-Distanztransformation.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert der Operator den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), sonst eine Fehlermeldung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DistanceTransformID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_distance_transform_xld`, `write_distance_transform_xld`, `serialize_distance_transform_xld`

Siehe auch

`apply_distance_transform_xld`, `get_distance_transform_xld_contour`, `get_distance_transform_xld_param`, `set_distance_transform_xld_param`, `read_distance_transform_xld`, `deserialize_distance_transform_xld`

Modul

Foundation

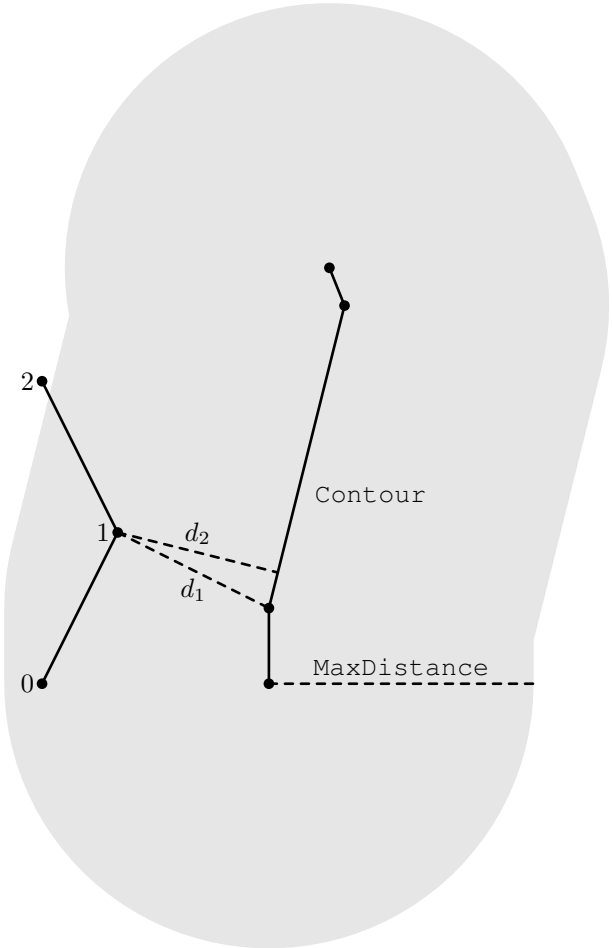
`create_distance_transform_xld` (`Contour` : : `Mode`, `MaxDistance` : `DistanceTransformID`)

Erzeugen einer XLD-Distanztransformation.

`create_distance_transform_xld` erzeugt die XLD-Distanztransformation der Referenzkontur `Contour` und liefert das entstandene Handle in `DistanceTransformID` zurück.

Ist die XLD-Distanztransformation erzeugt, so berechnet der Operator `apply_distance_transform_xld` punktweise Abstände von Testkonturen zur Referenzkontur `Contour`. Genauer: Für jeden Punkt einer Testkontur wird sein minimaler Abstand zu den in `Contour` übergebenen Konturen berechnet.

Der Parameter `Mode` legt fest, welche Abstände in `apply_distance_transform_xld` berechnet werden: *'point_to_point'* berechnet den minimalen Abstand zu den Stützpunkten von `Contour`. Dagegen berechnet *'point_to_segment'* den minimalen Abstand zu den Kontursegmenten von `Contour` (siehe auch nachstehende Abbildung).



Die gestrichelten Linien stellen dar, welcher Abstand ausgehend von Punkt 1 der Testkontur links berechnet wird. Abstand d_1 entspricht dem Modus *'point_to_point'*, und Abstand d_2 dem Modus 'point_to_segment'. Der grau unterlegte Bereich stellt die Fläche innerhalb von MaxDistance um die Referenzkontur dar, für die Abstandswerte berechnet werden. Der Abstand von Punkt 2 der Testkontur würde auf MaxDistance gesetzt werden, da er außerhalb dieses Bereichs liegt.

Der Parameter MaxDistance legt den maximalen Abstand von der Referenzkontur Contour fest, der von Interesse ist. Falls der Abstand eines Punktes der Testkontur zur Referenzkontur MaxDistance übersteigt, so wird der Ausgabe-Abstand von apply_distance_transform_xld auf MaxDistance gesetzt.

create_distance_transform_xld und apply_distance_transform_xld stellen eine Alternative zu distance_contours_xld dar, falls die Referenzkontur wiederholt verwendet wird. create_distance_transform_xld speichert für jeden Pixel in einer relevanten Fläche um Contour seine nächsten Punkte oder Segmente (abhängig von Mode) der Referenzkontur Contour. Damit kann apply_distance_transform_xld Abstände sehr schnell berechnen, fast unabhängig von der Anzahl Punkte oder Segmente der Referenzkontur, von Mode und der Lage der Punkte der Testkontur. Allerdings kann das Erstellen der XLD-Distanztransformation einige Sekunden oder Minuten in Anspruch nehmen, abhängig von der Anzahl Punkte oder Segmente der Referenzkontur und der relevanten Fläche um Contour, die durch MaxDistance beeinflusst wird. create_distance_transform_xld ist schneller, falls Mode auf 'point_to_point' gesetzt wird.

get_distance_transform_xld_contour und get_distance_transform_xld_param können verwendet werden, um die Referenzkontur und Parameter der XLD-Distanztransformation DistanceTransformID zurückzubekommen.

Parameter

- ▷ **Contour** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Referenzkontur(en).
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Berechne die Distanz zu Punkten ('point_to_point') oder zu ganzen Segmenten ('point_to_segment').
  Default: 'point_to_point'
  Werteliste: Mode ∈ {'point_to_point', 'point_to_segment'}
- ▷ **MaxDistance** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
  Maximaler interessierender Abstand.
  Default: 20.0
- ▷ **DistanceTransformID** (output_control) ..... xld_dist_trans ⇝ *handle*
  Handle der XLD-Distanztransformation der Kontur(en).

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert der Operator den Wert 2 (H_MSG_TRUE), sonst eine Fehlermeldung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

apply_distance_transform_xld, write_distance_transform_xld, serialize_distance_transform_xld, clear_distance_transform_xld

Siehe auch

distance_contours_xld, get_distance_transform_xld_contour, read_distance_transform_xld, deserialize_distance_transform_xld, get_distance_transform_xld_param, set_distance_transform_xld_param

Modul

Foundation

deserialize_distance_transform_xld (: : SerializedItemHandle : DistanceTransformID)

Deserialisieren einer XLD-Distanztransformation.

deserialize_distance_transform_xld deserialisiert eine XLD-Distanztransformation. Die serialisierte XLD-Distanztransformation wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierte XLD-Distanztransformation wird in DistanceTransformID zurückgeliefert.

Es ist zu beachten, dass die aktuellen Werte in DistanceTransformID überschrieben werden, falls dieses Handle bereits existiert.

get_distance_transform_xld_contour kann verwendet werden, um auf die Referenzkontur zuzugreifen, die für die Erzeugung der XLD-Distanztransformation DistanceTransformID verwendet wurde.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle der serialisierten XLD-Distanztransformation.

▷ **DistanceTransformID** (output_control) ..... xld_dist_trans ⇝ *handle*
Handle der deserialisierten XLD-Distanztransformation.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert deserialize_distance_transform_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

apply_distance_transform_xld, get_distance_transform_xld_contour, get_distance_transform_xld_param

Siehe auch

serialize_distance_transform_xld, write_distance_transform_xld, read_distance_transform_xld, create_distance_transform_xld, set_distance_transform_xld_param, clear_distance_transform_xld

Modul

Foundation

distance_cc (Contour1, Contour2 : : Mode : DistanceMin, DistanceMax)

Berechnen des Abstandes zwischen zwei Konturen.

distance_cc berechnet den minimalen und maximalen Abstand zwischen den Stützpunkten zweier Konturen. Als Eingabe werden die beiden Konturen (Contour1,Contour2) erwartet. Das jeweilige Ergebnis wird in den Parametern DistanceMin und DistanceMax zurückgegeben.

Der Parameter Mode gibt an, auf welche Weise der Abstand berechnet wird. *'point_to_point'* bestimmt nur den kleinsten und größten Abstand der Stützpunkte der Konturen, was sich zwar schneller berechnen lässt, jedoch zu Ungenauigkeiten beim minimalem Abstand führen kann. *'point_to_segment'* bestimmt dagegen den tatsächlichen minimalen Abstand der Kontursegmente. In beiden Fällen hat der Suchalgorithmus quadratische Komplexität (n*n). Wird nur der minimale Abstand der Konturen benötigt, kann auch der Operator distance_cc_min verwendet werden, welcher Algorithmen mit einer Komplexität der Ordnung n*log(n) zur Verfügung stellt.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Distanzen berechnet und zurückgegeben werden.

Parameter

- ▷ **Contour1** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Erste Eingabekontur.
- ▷ **Contour2** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Zweite Eingabekontur.
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Art der Abstandsberechnung.
  Default: 'point_to_point'
  Werteliste: `Mode` ∈ {'point_to_point', 'point_to_segment'}
- ▷ **DistanceMin** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Minimaler Abstand zwischen beiden Konturen.
- ▷ **DistanceMax** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Maximaler Abstand zwischen beiden Konturen.

Beispiel

```
gen_contour_polygon_rounded_xld(Cont1, [0,100,100,0,0], [0,0,100,100,0],
                                [50,50,50,50,50], 0.5);
gen_contour_polygon_rounded_xld(Cont2, [41,91,91,41,41], [41,41,91,91,41],
                                [25,25,25,25,25], 0.5);
distance_cc(Cont1, Cont2, 'point_to_point', &distance_min, &distance_max);
```

Ergebnis

`distance_cc` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`distance_sc`, `distance_pc`, `distance_cc_min`, `distance_contours_xld`

Siehe auch

`distance_sr`, `distance_pr`

Modul

Foundation

distance_cc_min (Contour1, Contour2 : : Mode : DistanceMin)

Berechnen des minimalen Abstandes zwischen zwei Konturen.

`distance_cc_min` berechnet den minimalen Abstand zwischen zwei Konturen. Als Eingabe werden die beiden Konturen `Contour1`, `Contour2` erwartet. Das Ergebnis wird in `DistanceMin` übergeben.

Der Parameter `Mode` gibt dabei an, auf welche Weise der Abstand berechnet wird. *'point_to_point'* bestimmt nur die nächstgelegenen Konturpunkte und deren Abstand, *'fast_point_to_segment'* berechnet den Abstand der Liniensegmente in der Umgebung dieser Eckpunkte und *'point_to_segment'* bestimmt den tatsächlichen minimalen Abstand der Kontursegmente.

Während *'point_to_point'* und *'fast_point_to_segment'* effiziente Algorithmen der Komplexität n*log(n) sind, hat *'point_to_segment'* quadratische Komplexität, die sich in einer längeren Rechenzeit niederschlägt, insbesondere bei Konturen mit vielen Liniensegmenten.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Distanzen berechnet und zurückgegeben werden.

Parameter

- ▷ **Contour1** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Erste Eingabekontur.
- ▷ **Contour2** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Zweite Eingabekontur.
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Art der Abstandsberechnung.
  Default: 'fast_point_to_segment'
  Werteliste: `Mode` ∈ {'point_to_point', 'point_to_segment', 'fast_point_to_segment'}
- ▷ **DistanceMin** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
  Minimaler Abstand zwischen beiden Konturen.

Beispiel

```
gen_contour_polygon_rounded_xld(Cont1, [0,100,100,0,0], [0,0,100,100,0],
                                [50,50,50,50,50], 0.5);
gen_contour_polygon_rounded_xld(Cont2, [41,91,91,41,41], [41,41,91,91,41],
                                [25,25,25,25,25], 0.5);
distance_cc_min(Cont1, Cont2, "fast_point_to_segment", &distance_min);
```

Ergebnis

`distance_cc_min` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

`distance_sc`, `distance_pc`, `distance_cc`, `distance_contours_xld`

Siehe auch

`distance_sr`, `distance_pr`

Modul

Foundation

distance_cc_min_points (Contour1, Contour2 : : Mode : DistanceMin, Row1, Column1, Row2, Column2)

Berechnen des minimalen Abstandes zwischen zwei Konturen und Zurückgeben der Punkte, die für die Berechnung benutzt wurden.

`distance_cc_min` berechnet den minimalen Abstand zwischen zwei Konturen. Als Eingabe werden die beiden Konturen `Contour1`, `Contour2` erwartet. Das Ergebnis wird in `DistanceMin` zurückgegeben. Im Vergleich zu `distance_cc_min` werden auch die Punkte auf den Eingabekonturen zurückgegeben, zwischen denen der minimale Abstand gemessen wurde. Der Punkt auf `Contour1` wird in `Row1` und `Column1` zurückgegeben; der Punkt auf `Contour2` wird in `Row2` und `Column2` zurückgegeben.

Der Parameter `Mode` gibt dabei an, auf welche Weise der Abstand berechnet wird. *'fast_point_to_segment'* berechnet den Abstand der Liniensegmente in der Umgebung der nächstgelegenen Konturpunkte. *'point_to_segment'* bestimmt den tatsächlichen minimalen Abstand der Kontursegmente.

Während *'fast_point_to_segment'* ein effizienter Algorithmen der Komplexität n*log(n) ist, hat *'point_to_segment'* quadratische Komplexität, die sich in einer längeren Rechenzeit niederschlägt, insbesondere bei Konturen mit vielen Liniensegmenten.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Distanzen berechnet und zurückgegeben werden.

Parameter

- ▷ **Contour1** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Erste Eingabekontur.
- ▷ **Contour2** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Zweite Eingabekontur.
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Art der Abstandsberechnung.
  Default: 'fast_point_to_segment'
  Werteliste: `Mode` ∈ {'point_to_segment', 'fast_point_to_segment'}
- ▷ **DistanceMin** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
  Minimaler Abstand zwischen beiden Konturen.
- ▷ **Row1** (output_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Punktes auf `Contour1`.
- ▷ **Column1** (output_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Punktes auf `Contour1`.
- ▷ **Row2** (output_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Punktes auf `Contour2`.
- ▷ **Column2** (output_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Punktes auf `Contour2`.

Beispiel

```
gen_contour_polygon_rounded_xld(Cont1, [0,100,100,0,0], [0,0,100,100,0],
                                [50,50,50,50,50], 0.5);
gen_contour_polygon_rounded_xld(Cont2, [41,91,91,41,41], [41,41,91,91,41],
                                [25,25,25,25,25], 0.5);
distance_cc_min_points(Cont1, Cont2, "fast_point_to_segment", &distance_min,
                       &Row1, &Column1, &Row2, &Column2);
```

Ergebnis

`distance_cc_min_points` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

`distance_sc`, `distance_pc`, `distance_cc`, `distance_contours_xld`, `distance_cc_min`

Siehe auch

`distance_sr`, `distance_pr`

Modul

Foundation

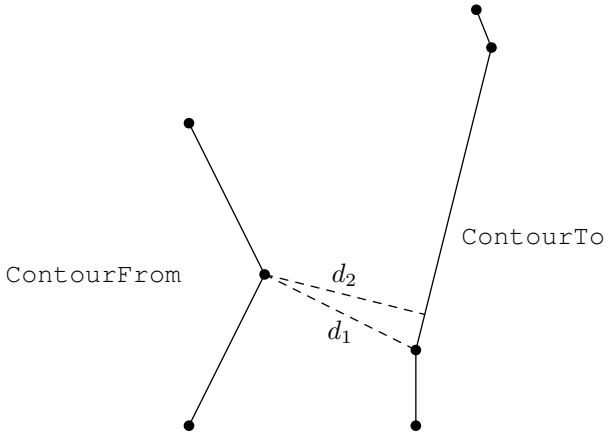
distance_contours_xld (ContourFrom,
ContourTo : ContourOut : Mode :)

Berechnen des punktweisen Abstands einer Kontur zu einer anderen.

Der Operator `distance_contours_xld` berechnet für jeden Punkt in `ContourFrom` den minimalen Abstand zu den in `ContourTo` übergebenen Konturen. Die zurückgelieferte Kontur `ContourOut` enthält

ContourFrom mit dem Attribut *'distance'*, in dem die berechneten Abstände gespeichert sind. Die Abstände können durch die Abfrage des Attributs *'distance'* mit dem Operator get_contour_attrib_xld abgerufen werden. Weitere Informationen zu Konturattributen können der Referenz von get_contour_attrib_xld entnommen werden.

Der Parameter Mode legt fest, welche Abstände für jeden Punkt in ContourFrom berechnet werden: *'point_to_point'* berechnet den minimalen Abstand zu den Stützpunkten von ContourTo. Dagegen berechnet *'point_to_segment'* den minimalen Abstand zu den Kontursegmenten von ContourTo (siehe auch nachstehende Abbildung).



Die gestrichelten Linien stellen dar, welcher Abstand ausgehend vom Punkt in ContourFrom links berechnet wird. Der Abstand d_1 entspricht dem Modus *'point_to_point'*, der Abstand d_2 dem Modus *'point_to_segment'*.

In vielen Anwendungen bietet sich *'point_to_segment'* für die eigentlich korrekte Lösung an, während *'point_to_point'* deutlich schneller ist. Bezeichnet m die Anzahl der Punkte in ContourFrom, n die Anzahl der Punkte in ContourTo, dann hat distance_contours_xld die Komplexität O(mlog(n)) für *'point_to_point'*, und O(mn) für *'point_to_segment'*. Falls die Referenzkontur wiederholt verwendet wird, können die Operatoren create_distance_transform_xld und apply_distance_transform_xld alternativ zu distance_contours_xld benutzt werden. Nähere Information hierzu finden sich in der Dokumentation zu create_distance_transform_xld.

Parameter

- ▷ **ContourFrom** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Konturen, für deren Punkte die Abstände berechnet werden.
- ▷ **ContourTo** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Konturen, zu denen die Abstände berechnet werden.
- ▷ **ContourOut** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Kopie von ContourFrom mit den Abständen als Attribut.
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Berechne die Distanz zu Punkten ('point_to_point') oder zu ganzen Segmenten ('point_to_segment').
  Default: 'point_to_point'
  Werteliste: Mode ∈ {'point_to_point', 'point_to_segment'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert der Operator den Wert 2 (H_MSG_TRUE), sonst eine Fehlermeldung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

get_contour_attrib_xld, segment_contour_attrib_xld

Alternativen

apply_distance_transform_xld, distance_cc, distance_cc_min

Modul

Foundation

distance_lc (Contour : : Row1, Column1, Row2, Column2 : DistanceMin, DistanceMax)

Berechnen des Abstandes zwischen einer Geraden und einer Kontur.

distance_lc berechnet den orthogonalen Abstand zwischen einer Geraden und einer Kontur, repräsentiert durch ihre Liniensegmente. Als Eingabe werden die Koordinaten von zwei Punkten (Row1,Column1, Row2,Column2), die eine Gerade darstellen, und eine Kontur (Contour) erwartet. Das Ergebnis wird dann in den Parametern DistanceMin und DistanceMax zurückgeliefert.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Distanzen berechnet und zurückgegeben werden.

Parameter

- ▷ **Contour** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Eingabekontur.
- ▷ **Row1** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes der Geraden.
- ▷ **Column1** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes der Geraden.
- ▷ **Row2** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der Geraden.
- ▷ **Column2** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der Geraden.
- ▷ **DistanceMin** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Minimaler Abstand zwischen der Geraden und der Kontur.
- ▷ **DistanceMax** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Maximaler Abstand zwischen der Geraden und der Kontur.

Ergebnis

distance_lc liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

distance_pc, distance_sc, distance_cc, distance_cc_min

Siehe auch

distance_lr, distance_pr, distance_sr

Modul

Foundation

distance_lr (Region : : Row1, Column1, Row2, Column2 : DistanceMin, DistanceMax)

Berechnen des Abstandes zwischen einer Geraden und einer Region.

distance_lr berechnet den orthogonalen Abstand zwischen einer Geraden und einer Region. Als Eingabe werden die Koordinaten von jeweils zwei Punkten (Row1,Column1, Row2,Column2), welche eine Gerade darstellen, und eine Region erwartet. Das Ergebnis wird dann in den Parametern DistanceMin und DistanceMax übergeben.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Distanzen berechnet und zurückgegeben werden.

Achtung

Aus Laufzeitgründen werden in distance_lr Löcher der Region nicht berücksichtigt.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Eingaberegion.
- ▷ **Row1** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes der Geraden.
- ▷ **Column1** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes der Geraden.
- ▷ **Row2** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der Geraden.
- ▷ **Column2** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der Geraden.
- ▷ **DistanceMin** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Minimaler Abstand zwischen der Geraden und der Region
- ▷ **DistanceMax** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Maximaler Abstand zwischen der Geraden und der Region

Beispiel

```
gen_circle (Circle, 200, 200, 100.5)
Column1 := 300
Column2 := 400
for Row := 50 to 350 by 50
  gen_contour_polygon_xld (Line, [Row,Row], [Column1,Column2])
  distance_lr (Circle, Row, Column1, Row, Column2, DistanceMin, DistanceMax)
endfor
```

Ergebnis

distance_lr liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

distance_lc, distance_pr, distance_sr, diameter_region

Siehe auch

hamming_distance, select_region_point, test_region_point, smallest_rectangle2

Modul

Foundation

distance_pc (Contour : : Row, Column : DistanceMin, DistanceMax)

Berechnen des Abstandes zwischen Punkten und einer Kontur.

distance_pc berechnet den Abstand zwischen Punkten und einer Kontur. Als Eingabe werden die Spalten- und Zeilenkoordinaten der Punkte (Row,Column) und eine Kontur (Contour) erwartet. Das Ergebnis wird in den Parametern DistanceMin und DistanceMax zurückgegeben. Die Abstände bezeichnen die Abstände zwischen den Punkten und den Kontursegmenten und nicht die Abstände zwischen den Punkten und den Stützpunkten der Kontur (siehe auch distance_contours_xld).

Parameter

- ▷ **Contour** (input_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
  Eingabekontur.
- ▷ **Row** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des Punktes.
- ▷ **Column** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des Punktes.
- ▷ **DistanceMin** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Minimaler Abstand zwischen dem Punkt und der Kontur.
- ▷ **DistanceMax** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Maximaler Abstand zwischen dem Punkt und der Kontur.

Ergebnis

distance_pc liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

distance_lc, distance_sc, distance_cc, distance_cc_min

Siehe auch

distance_pr, distance_lr, distance_sr, hamming_distance, select_xld_point, test_xld_point

Modul

Foundation

distance_pl (: : Row, Column, Row1, Column1, Row2, Column2 : Distance)

Berechnen des Abstandes zwischen einem Punkt und einer Geraden.

distance_pl berechnet den orthogonalen Abstand von Punkten (Row,Column) zu Geraden, gegeben durch zwei beliebige Punkte auf der Geraden. Das Ergebnis wird im Parameter Distance übergeben.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Distanzen berechnet und zurückgegeben werden.

Parameter

- ▷ **Row** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des Punktes.
- ▷ **Column** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des Punktes.
- ▷ **Row1** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes der Geraden.
- ▷ **Column1** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes der Geraden.

▷ **Row2** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der Geraden.

▷ **Column2** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der Geraden.

▷ **Distance** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Abstand zwischen den Punkten.

Beispiel

```
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle)
draw_point (WindowHandle, Row, Column)
gen_cross_contour_xld (Cross, Row, Column, 15, 0)
draw_line (WindowHandle, Row1, Column1, Row2, Column2)
gen_contour_polygon_xld (Contour, [Row1,Row2], [Column1,Column2])
distance_pl (Row, Column, Row1, Column1, Row2, Column2, Distance)
```

Ergebnis

`distance_pl` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

`distance_ps`

Siehe auch

`distance_pp`, `distance_pr`

Modul

Foundation

distance_point_line (: : PointX, PointY, PointZ, Point1X, Point1Y, Point1Z, Point2X, Point2Y, Point2Z : Distance)

Berechnung des Abstandes zwischen einem 3D-Punkt und einer 3D-Gerade, die durch zwei Punkte auf der Gerade gegeben ist.

`distance_point_line` berechnet den orthogonalen Abstand von Punkten zu Geraden. Das Ergebnis wird im Parameter `Distance` zurückgegeben. Die Eingabetupel können 1 oder n Punkte bzw. Geraden definieren. Die Punkte werden durch (`PointX`, `PointY`, `PointZ`) spezifiziert. Die Geraden werden durch zwei Punkte (`Point1X`, `Point1Y`, `Point1Z`) und (`Point2X`, `Point2Y`, `Point2Z`) auf der Geraden spezifiziert.

Seien $\mathbf{P}$ der Punkt (`PointX`, `PointY`, `PointZ`), $\mathbf{Q}$ der erste Punkt (`Point1X`, `Point1Y`, `Point1Z`) auf der Gerade und $\mathbf{R}$ der zweite Punkt (`Point2X`, `Point2Y`, `Point2Z`) auf der Gerade. Es werden zunächst die Geradenrichtung $\mathbf{V} = \mathbf{R} - \mathbf{Q}$ und ihre Länge $\|\mathbf{V}\|$ berechnet. Falls $\|\mathbf{V}\| = 0$ ist, definieren die Punkte $\mathbf{Q}$ und $\mathbf{R}$ keine Gerade und ein Fehler wird zurückgeliefert. Des Weiteren sei D die Distanz `Distance`. Dann gilt $D = \|(\mathbf{P} - \mathbf{Q}) \times \mathbf{V}\| / \|\mathbf{V}\|$. Hierbei bezeichnet $\times$ das Kreuzprodukt (Vektorprodukt) von zwei Vektoren.

Parameter

▷ **PointX** (input_control) . . . . . point3d.x(-array) ⇝ *real*
X-Koordinate der originalen Punkte.

▷ **PointY** (input_control) . . . . . point3d.y(-array) ⇝ *real*
Y-Koordinate der originalen Punkte.

▷ **PointZ** (input_control) . . . . . point3d.z(-array) ⇝ *real*
Z-Koordinate der originalen Punkte.

▷ **Point1X** (input_control) . . . . . point3d.x(-array) ⇝ *real* / integer
X-Koordinate des ersten Punkts auf der Gerade.

▷ **Point1Y** (input_control) ..... point3d.y(-array) ⇝ *real* / integer
Y-Koordinate des ersten Punkts auf der Gerade.

▷ **Point1Z** (input_control) ..... point3d.z(-array) ⇝ *real* / integer
Z-Koordinate des ersten Punkts auf der Gerade.

▷ **Point2X** (input_control) ..... point3d.x(-array) ⇝ *real* / integer
X-Koordinate des zweiten Punkts auf der Gerade.

▷ **Point2Y** (input_control) ..... point3d.y(-array) ⇝ *real* / integer
Y-Koordinate des zweiten Punkts auf der Gerade.

▷ **Point2Z** (input_control) ..... point3d.z(-array) ⇝ *real* / integer
Z-Koordinate des zweiten Punkts auf der Gerade.

▷ **Distance** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Abstand zwischen den Punkten und den Gerade.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`get_line_of_sight`

Alternativen

`distance_point_pluecker_line`

Siehe auch

`point_pluecker_line_to_hom_mat3d`

Modul

Foundation

distance_point_pluecker_line (: : PointX, PointY, PointZ, LineDirectionX, LineDirectionY, LineDirectionZ, LineMomentX, LineMomentY, LineMomentZ : Distance)

Berechnung des Abstandes zwischen einem 3D-Punkt und einer 3D-Gerade, die durch Plückerkoordinaten gegeben ist.

`distance_point_pluecker_line` berechnet den orthogonalen Abstand von Punkten zu Geraden. Das Ergebnis wird im Parameter `Distance` zurückgegeben. Die Eingabetupel können entweder 1 oder n Punkte $\mathbf{P}$ bzw. Geraden definieren. Die Punkte werden durch (`PointX`, `PointY`, `PointZ`) spezifiziert. Die Geraden werden in Plückerkoordinaten $\mathbf{L}$ (`LineDirectionX`, `LineDirectionY`, `LineDirectionZ`) und $\mathbf{M}$ (`LineMomentX`, `LineMomentY`, `LineMomentZ`) gegeben. Für die Definition von Plückerkoordinaten siehe „Solution Guide III-C - 3D Vision".

Seien $\mathbf{P}$ der Punkt (`PointX`, `PointY`, `PointZ`), $\mathbf{L}$ die Richtung (`LineDirectionX`, `LineDirectionY`, `LineDirectionZ`) und $\mathbf{M}$ das Moment (`LineMomentX`, `LineMomentY`, `LineMomentZ`) der Plückergerade. Weiterhin sei D die Distanz `Distance`. Dann gilt $D = \|\mathbf{P} \times \mathbf{L} - \mathbf{M}\|$. Hierbei bezeichnet $\times$ das Kreuzprodukt (Vektorprodukt) von zwei Vektoren.

Parameter

▷ **PointX** (input_control) ..... point3d.x(-array) ⇝ *real*
X-Koordinate der originalen Punkte.

▷ **PointY** (input_control) ..... point3d.y(-array) ⇝ *real*
Y-Koordinate der originalen Punkte.

▷ **PointZ** (input_control) ..... point3d.z(-array) ⇝ *real*
Z-Koordinate der originalen Punkte.

▷ **LineDirectionX** (input_control) ..... point3d.x(-array) ⇝ *real* / integer
X-Komponente des Richtungsvektors der korrespondierenden Gerade.

▷ **LineDirectionY** (input_control) . . . . . point3d.y(-array) ⇝ *real* / integer
Y-Komponente des Richtungsvektors der korrespondierenden Gerade.

▷ **LineDirectionZ** (input_control) . . . . . point3d.z(-array) ⇝ *real* / integer
Z-Komponente des Richtungsvektors der korrespondierenden Gerade.

▷ **LineMomentX** (input_control) . . . . . point3d.x(-array) ⇝ *real* / integer
X-Komponente des Momentenvektors der korrespondierenden Gerade.

▷ **LineMomentY** (input_control) . . . . . point3d.y(-array) ⇝ *real* / integer
Y-Komponente des Momentenvektors der korrespondierenden Gerade.

▷ **LineMomentZ** (input_control) . . . . . point3d.z(-array) ⇝ *real* / integer
Z-Komponente des Momentenvektors der korrespondierenden Gerade.

▷ **Distance** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Abstand zwischen den Punkten und den Gerade.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`points_to_pluecker_line`, `point_direction_to_pluecker_line`

Alternativen

`distance_point_line`

Siehe auch

`point_pluecker_line_to_hom_mat3d`

Modul

Foundation

distance_pp (: : Row1, Column1, Row2, Column2 : Distance)

Berechnen des Abstandes zwischen zwei Punkten.

`distance_pp` berechnet den Abstand zwischen Paaren von Punkten. Der Abstand berechnet sich wie folgt:

$$\texttt{Distance} = \sqrt{((\texttt{Row1} - \texttt{Row2})^2 + (\texttt{Column1} - \texttt{Column2})^2)}$$

Das Ergebnis wird im Parameter `Distance` übergeben.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Distanzen berechnet und zurückgegeben werden.

Parameter

▷ **Row1** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des ersten Punktes.

▷ **Column1** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des ersten Punktes.

▷ **Row2** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des zweiten Punktes.

▷ **Column2** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des zweiten Punktes.

▷ **Distance** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Abstand zwischen den Punkten.

Beispiel

```
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle)
draw_point (WindowHandle, Row1, Column1)
gen_cross_contour_xld (Cross, Row1, Column1, 15, 0)
draw_point (WindowHandle, Row2, Column2)
gen_cross_contour_xld (Cross, Row2, Column2, 15, 0)
distance_pp (Row1, Column1, Row2, Column2, Distance)
```

Ergebnis

`distance_pp` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

`distance_ps`

Siehe auch

`distance_pl`, `distance_pr`

Modul

Foundation

distance_pr (Region : : Row, Column : DistanceMin, DistanceMax)

Berechnen des Abstandes zwischen einem Punkt und einer Region.

`distance_pr` berechnet den Abstand zwischen einem Punkt und einer Region. Als Eingabe werden die Spalten- und Zeilenkoordinate der Punkte (`Row`,`Column`) und eine Region erwartet. Falls ein Punkt innerhalb der Region liegt, ist sein minimaler Abstand Null. Das Ergebnis wird in den Parametern `DistanceMin` und `DistanceMax` übergeben.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Distanzen berechnet und zurückgegeben werden.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Eingaberegion.
- ▷ **Row** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des Punktes.
- ▷ **Column** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des Punktes.
- ▷ **DistanceMin** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Minimaler Abstand zwischen dem Punkt und der Region.
- ▷ **DistanceMax** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Maximaler Abstand zwischen dem Punkt und der Region.

Beispiel

```
gen_circle (Circle, 200, 200, 100.5)
draw_point (WindowHandle, Row, Column)
gen_cross_contour_xld (Cross, Row, Column, 15, 0)
distance_pr (Circle, Row, Column, DistanceMin, DistanceMax)
```

Ergebnis

`distance_pr` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`distance_pc`, `distance_lr`, `distance_sr`, `diameter_region`

Siehe auch

`hamming_distance`, `select_region_point`, `test_region_point`, `smallest_rectangle2`

Modul

Foundation

distance_ps (: : Row, Column, Row1, Column1, Row2, Column2 : DistanceMin, DistanceMax)

Berechnen der Abstände zwischen einem Punkt und einer Strecke.

`distance_ps` berechnet den minimalen und den maximalen Abstand zwischen einem Punkt (`Row`,`Column`) und einer Strecke. Die Strecke wird durch ihre Anfangs- (`Row1`,`Column1`) und Endkoordinate (`Row2`,`Column2`) beschrieben. `DistanceMax` ist der maximale Abstand zu den beiden Endpunkten der Strecke. `DistanceMin` liefert den Abstand senkrecht zur Strecke (analog zu `distance_pl`), falls der Punkt „zwischen“ den Endpunkten liegt. Ansonsten wird der minimale Anstand zu einem der Endpunkte verwendet.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Distanzen berechnet und zurückgegeben werden.

Parameter

- ▷ **Row** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes.
- ▷ **Column** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes.
- ▷ **Row1** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes der Strecke.
- ▷ **Column1** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes der Strecke.
- ▷ **Row2** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der Strecke.
- ▷ **Column2** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der Strecke.
- ▷ **DistanceMin** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Minimaler Abstand zwischen Punkt und Strecke.
- ▷ **DistanceMax** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Maximaler Abstand zwischen Punkt und Strecke.

Beispiel

```
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle)
draw_point (WindowHandle, Row, Column)
gen_cross_contour_xld (Cross, Row, Column, 15, 0)
draw_line (WindowHandle, Row1, Column1, Row2, Column2)
gen_contour_polygon_xld (Contour, [Row1,Row2], [Column1,Column2])
distance_ps (Row, Column, Row1, Column1, Row2, Column2, \
             DistanceMin, DistanceMax)
```

Ergebnis

distance_ps liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

distance_pl

Siehe auch

distance_pp, distance_pr

Modul

Foundation

distance_rr_min (Regions1, Regions2 : : : MinDistance, Row1, Column1, Row2, Column2)

Ermitteln des minimalen Abstands zwischen den Konturpunkten von je zwei Regionen.

distance_rr_min berechnet den minimalen Abstand von Paaren von Regionen. Falls mehrere Regionen in Regions1 und Regions2 übergeben werden, wird der Abstand zwischen den Konturpunkten der jeweils i-ten Elementen berechnet. Dieser bildet dann den i-ten Eintrag im Ausgabeparameter MinDistance. Es wird der euklidische Abstand berechnet. Die Parameter (Row1,Column1) bzw. (Row2, Column2) geben die Position auf der Kontur von Regions1 bzw. Regions2 an, zwischen denen der Abstand minimal ist.

Die Berechnung erfolgt durch den Vergleich aller Konturpunkte (siehe get_region_contour). Dies bedeutet insbesondere, dass Hohlflächen innerhalb der Regionen nicht berücksichtigt werden. Weiterhin wird nicht überprüft, ob eine Region vollständig innerhalb der anderen Region liegt. In diesem Fall wird ein Abstand > 0 zurückgegeben. Es wird auch nicht überprüft, ob die beiden Regionen einen nichtleeren Schnitt besitzen. Im diesem Fall kann, je nachdem, ob die Konturen der Regionen einen gemeinsamen Punkt besitzen oder nicht, ein minimaler Abstand von 0 oder von > 0 als Ergebnis zurückgeliefert werden.

Achtung

Beide Eingabeparameter müssen die gleiche Anzahl von Regionen enthalten. Die Regionen dürfen nicht leer sein.

Parameter

- ▷ **Regions1** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **Regions2** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Regionen.
- ▷ **MinDistance** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Minimaler Abstand zwischen Konturen der Regionen.
  Zusicherung: 0 <= MinDistance
- ▷ **Row1** (output_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *integer*
  Zeilenindex auf Kontur in Regions1.
- ▷ **Column1** (output_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *integer*
  Spaltenindex auf Kontur in Regions1.
- ▷ **Row2** (output_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *integer*
  Zeilenindex auf Kontur in Regions2.
- ▷ **Column2** (output_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *integer*
  Spaltenindex auf Kontur in Regions2.

Komplexität

Seien $N1$,$N2$ die Längen der Konturen, dann beträgt die Laufzeitkomplexität $O(N1 * N2)$.

Ergebnis

distance_rr_min liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Alternativen

distance_rr_min_dil, dilation1, intersection

Modul

Foundation

distance_rr_min_dil (Regions1, Regions2 : : : MinDistance)

Ermitteln des minimalen Abstands zwischen je zwei Regionen mit Hilfe der Dilatation.

distance_rr_min_dil berechnet den minimalen Abstand von Paaren von Regionen durch iterative Dilation der Regionen bis sie sich überlappen. Falls mehrere Regionen in Regions1 und Regions2 übergeben werden, wird der Abstand zwischen den jeweils i-ten Elementen berechnet. Dieser bildet dann den i-ten Eintrag im Ausgabeparameter MinDistance. Die Berechnung erfolgt mit Hilfe der Dilatation mit dem Golay-Element *'h'* (siehe dilation_golay für weitere Informationen). Das Ergebnis ist:

$n_i * 2 - 1$ wobei n_i die Anzahl an Iterationen ist. Die Maske *'h'* bewirkt, dass gerade die Maximums-Metrik berechnet wird.

Achtung

Beide Parameter müssen die gleiche Anzahl von Regionen enthalten. Die Regionen dürfen nicht leer sein.

Parameter

▷ **Regions1** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Regionen.

▷ **Regions2** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Regionen.

▷ **MinDistance** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Minimale Abstände der Regionen.
Zusicherung: -1 <= MinDistance

Ergebnis

distance_rr_min_dil liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

threshold, regiongrowing, connection

Alternativen

distance_rr_min, dilation1, intersection

Modul

Foundation

distance_sc (Contour : : Row1, Column1, Row2, Column2 : DistanceMin, DistanceMax)

Berechnen des Abstandes zwischen einer Strecke und einer Kontur.

distance_sc berechnet den Abstand zwischen einer Strecke und den Liniensegmenten einer Kontur. Als Eingabe werden der Anfangs- und Endpunkt einer Strecke (Row1,Column1,Row2,Column2) und eine Kontur (Contour) erwartet. Das Ergebnis wird in den Parametern DistanceMin und DistanceMax übergeben.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Distanzen berechnet und zurückgegeben werden.

Parameter

- ▷ **Contour** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Eingabekontur.
- ▷ **Row1** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes der Strecke.
- ▷ **Column1** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes der Strecke.
- ▷ **Row2** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der Strecke.
- ▷ **Column2** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der Strecke.
- ▷ **DistanceMin** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Minimaler Abstand zwischen der Strecke und der Kontur.
- ▷ **DistanceMax** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Maximaler Abstand zwischen der Strecke und der Kontur.

Ergebnis

distance_sc liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

distance_lc, distance_pc, distance_cc, distance_cc_min

Siehe auch

distance_sr, distance_lr, distance_pr, select_xld_point, test_xld_point

Modul

Foundation

distance_sl (: : RowA1, ColumnA1, RowA2, ColumnA2, RowB1, ColumnB1, RowB2, ColumnB2 : DistanceMin, DistanceMax)

Berechnen der Abstände zwischen einer Strecke und einer Geraden.

distance_sl berechnet den minimalen und den maximalen orthogonalen Abstand zwischen einer Strecke und einer Geraden. Als Eingabe werden die Koordinaten der Strecke (RowA1,ColumnA1,RowA2,ColumnA2) und der Geraden (RowB1,ColumnB1,RowB2,ColumnB2) erwartet. Das Ergebnis, d.h. minimaler und maximaler Abstand, wird dann im Parameter DistanceMin und DistanceMax übergeben. Falls sich die beiden Strecken schneiden, dann ist DistanceMin gleich Null.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Distanzen berechnet und zurückgegeben werden.

Parameter

- ▷ **RowA1** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes der Strecke.
- ▷ **ColumnA1** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes der Strecke.
- ▷ **RowA2** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der Strecke.
- ▷ **ColumnA2** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der Strecke.
- ▷ **RowB1** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes der Geraden.
- ▷ **ColumnB1** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes der Geraden.
- ▷ **RowB2** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der Geraden.
- ▷ **ColumnB2** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der Geraden.
- ▷ **DistanceMin** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Minimaler Abstand zwischen Strecke und Geraden.
- ▷ **DistanceMax** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Maximaler Abstand zwischen Strecke und Geraden.

Beispiel

```
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle)
Row1 := 300
Column1 := 200
Row2 := 100
Column2 := 400
gen_contour_polygon_xld (Line1, [Row1,Row2], [Column1,Column2])
dev_display (Line1)
Column := 50
Row := 100
Offset := 0
for RowEnd := 100 to 500 by 100
  gen_contour_polygon_xld (Line2, [Row,RowEnd], \
                           [Column+Offset,Column+Offset])
  dev_display (Line1)
  distance_sl (Row, Column+Offset, RowEnd, Column+Offset, Row1, Column1, \
               Row2, Column2,DistanceMin, DistanceMax)
  Offset := Offset+40
endfor
```

Ergebnis

`distance_sl` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

`distance_pl`

Siehe auch

distance_ps, distance_pp

Modul

Foundation

distance_sr (Region : : Row1, Column1, Row2, Column2 : DistanceMin, DistanceMax)

Berechnen des Abstandes zwischen einer Strecke und einer Region.

distance_sr berechnet den Abstand zwischen einer Strecke und einer Region. Als Eingabe werden die Anfangs- und Endpunkte der jeweiligen Strecke (Row1,Column1,Row2,Column2) und eine Region erwartet. Das entsprechende Ergebnis wird in den Parametern DistanceMin und DistanceMax übergeben.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Distanzen berechnet und zurückgegeben werden.

Achtung

Aus Laufzeitgründen werden in distance_sr Löcher der Region nicht berücksichtigt.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Eingaberegion.
- ▷ **Row1** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes der Strecke.
- ▷ **Column1** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes der Strecke.
- ▷ **Row2** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der Strecke.
- ▷ **Column2** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der Strecke.
- ▷ **DistanceMin** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Minimaler Abstand zwischen der Strecke und der Region.
- ▷ **DistanceMax** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Maximaler Abstand zwischen der Strecke und der Region.

Beispiel

```
gen_circle (Circle, 200, 200, 100.5)
Column1 := 300
Column2 := 400
for Row := 50 to 350 by 50
  gen_contour_polygon_xld (Line, [Row,Row], [Column1,Column2])
  distance_sr (Circle, Row, Column1, Row, Column2, DistanceMin, DistanceMax)
endfor
```

Ergebnis

distance_sr liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

distance_sc, distance_lr, distance_pr, diameter_region

Siehe auch

hamming_distance, select_region_point, test_region_point, smallest_rectangle2

Modul

Foundation

distance_ss (: : RowA1, ColumnA1, RowA2, ColumnA2, RowB1, ColumnB1, RowB2, ColumnB2 : DistanceMin, DistanceMax)

Berechnen der Abstände zwischen zwei Strecken.

distance_ss berechnet den minimalen und den maximalen Abstand zwischen zwei Strecken. Als Eingabe werden die Koordinaten des Start- und Endpunktes der ersten Strecke (RowA1,ColumnA1, RowA2,ColumnA2) und der zweiten Strecke (RowB1,ColumnB1,RowB2,ColumnB2) erwartet. Das Ergebnis, d.h. minimaler und maximaler Abstand, wird dann im Parameter DistanceMin und DistanceMax übergeben. Falls sich die beiden Strecken schneiden, dann ist DistanceMin gleich Null.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Distanzen berechnet und zurückgegeben werden.

Parameter

- ▷ **RowA1** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes der ersten Strecke.
- ▷ **ColumnA1** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes der ersten Strecke.
- ▷ **RowA2** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der ersten Strecke.
- ▷ **ColumnA2** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der ersten Strecke.
- ▷ **RowB1** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes der zweiten Strecke.
- ▷ **ColumnB1** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes der zweiten Strecke.
- ▷ **RowB2** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der zweiten Strecke.
- ▷ **ColumnB2** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der zweiten Strecke.
- ▷ **DistanceMin** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Minimaler Abstand zwischen den Strecken.
- ▷ **DistanceMax** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Maximaler Abstand zwischen den Strecken.

Beispiel

```
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle)
Row1 := 300
Column1 := 200
Row2 := 100
Column2 := 300
gen_contour_polygon_xld (Line1, [Row1,Row2], [Column1,Column2])
Column := 100
Offset := 30
for Row := 40 to 100 by 20
  gen_contour_polygon_xld (Line2, [Row, Row+Offset], \
```

```
                              [Column, Column+Offset])
  distance_ss (Row, Column, Row+Offset, Column+Offset, Row1, Column1, \
               Row2, Column2, DistanceMin, DistanceMax)
  Offset := Offset+50
endfor
```

Ergebnis

distance_ss liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

distance_pp

Siehe auch

distance_pl, distance_ps

Modul

Foundation

get_distance_transform_xld_contour (: Contour : DistanceTransformID :)

Zugreifen auf die Referenzkontur, mit der die XLD-Distanztransformation erzeugt wurde.

get_distance_transform_xld_contour liefert die Referenzkontur Contour zurück, die für die Erzeugung der XLD-Distanztransformation DistanceTransformID verwendet wurde. Das kann zur Visualisierung beim Vergleich einer gegebenen Kontur mit der Referenzkontur mit Hilfe des Operators apply_distance_transform_xld verwendet werden.

Parameter

▷ **Contour** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
Template-Kontur(en).

▷ **DistanceTransformID** (input_control) ..... xld_dist_trans ⇝ *handle*
Handle der XLD-Distanztransformation der Kontur(en).

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert der Operator den Wert 2 (H_MSG_TRUE), sonst eine Fehlermeldung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_distance_transform_xld, deserialize_distance_transform_xld

Siehe auch

get_distance_transform_xld_param, set_distance_transform_xld_param, create_distance_transform_xld, apply_distance_transform_xld, clear_distance_transform_xld, write_distance_transform_xld, serialize_distance_transform_xld

Modul

Foundation

get_distance_transform_xld_param (: : DistanceTransformID, GenParamName : GenParamValue)

Zugreifen auf die Parameter mit denen die XLD-Distanztransformation erzeugt wurde.

get_distance_transform_xld_param greift auf die Parameter zu, die für die Erzeugung der XLD-Distanztransformation DistanceTransformID verwendet wurden. Die Parameternamen werden in GenParamName übergeben und ihre Werte in GenParamValue zurückgeliefert. GenParamName kann die Parameternamen *'mode'* und *'max_distance'* beinhalten.

Parameter

▷ **DistanceTransformID** (input_control) . . . . . xld_dist_trans ⇝ *handle*
Handle der XLD-Distanztransformation.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: 'mode'
Werteliste: GenParamName ∈ {'mode', 'max_distance'}

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / real
Werte der generischen Parameter.
Parameteranzahl: GenParamValue == 1 || GenParamValue == 2
Werteliste: GenParamValue ∈ {'point_to_point', 'point_to_segment', 5.0}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert write_distance_transform_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_distance_transform_xld, deserialize_distance_transform_xld

Nachfolger

set_distance_transform_xld_param

Siehe auch

get_distance_transform_xld_contour, create_distance_transform_xld, apply_distance_transform_xld, clear_distance_transform_xld, write_distance_transform_xld, serialize_distance_transform_xld

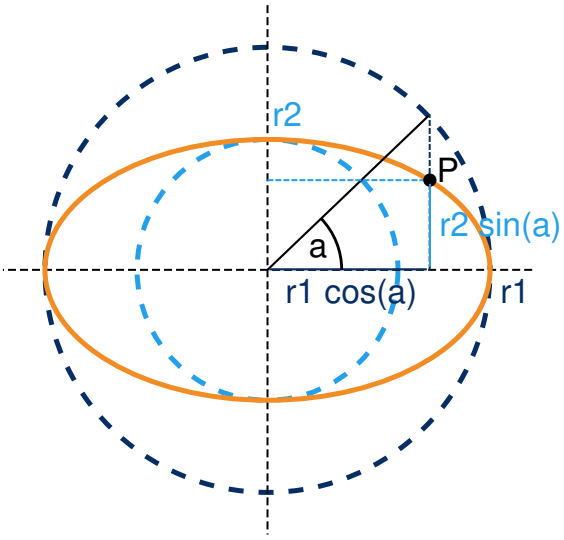
Modul

Foundation

get_points_ellipse (: : Angle, Row, Column, Phi, Radius1, Radius2 : RowPoint, ColPoint)

Berechnen eines Punktes auf dem Perimeter einer Ellipse.

get_points_ellipse liefert den Punkt (RowPoint,ColPoint) auf der übergebenen Ellipse in Abhängigkeit vom Winkel Angle. Der Parameter Angle entspricht dabei der exzentrischen Anomalie und beschreibt den Winkel in der Parameterdarstellung (siehe die Darstellung weiter unten) in Abhängigkeit von der Hauptachse der Ellipse. Die Ellipse selbst wird beschrieben durch ihren Mittelpunkt (Row, Column), die Orientierung der Hauptachse Phi relativ zur horizontalen Bildachse und die Länge der großen (Radius1) bzw. kleinen Halbachse (Radius2). Die Winkel werden in Radiant entgegen dem Uhrzeigersinn gemessen.



Der Punkt `P` mit den Koordinaten `RowPoint` und `ColPoint` gehört zur Ellipse (orange). Er wird über den Winkel `a` und die Längen der beiden Halbachsen `r1` (`Radius1`) und `r2` (`Radius2`) bestimmt. Zur Vereinfachung der Darstellung wurde ein Winkel `Phi`=*0* verwendet.

Parameter

- ▷ **`Angle`** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Winkel des gesuchten Punktes auf der Ellipse [rad].
  Default: 0
  Restriktion: Angle >= 0 && Angle <= 6.283185307
- ▷ **`Row`** (input_control) . . . . . ellipse.center.y ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Mittelpunktes der Ellipse.
- ▷ **`Column`** (input_control) . . . . . ellipse.center.x ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Mittelpunktes der Ellipse.
- ▷ **`Phi`** (input_control) . . . . . ellipse.angle.rad ⇝ *real*
  Orientierung der Hauptachse in Bogenmaß.
  Restriktion: Phi >= 0 && Phi <= 6.283185307
- ▷ **`Radius1`** (input_control) . . . . . ellipse.radius1 ⇝ *real*
  Länge der großen Halbachse.
  Restriktion: Radius1 > 0
- ▷ **`Radius2`** (input_control) . . . . . ellipse.radius2 ⇝ *real*
  Länge der kleinen Halbachse.
  Restriktion: Radius2 >= 0
- ▷ **`RowPoint`** (output_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Ellipsenpunktes.
- ▷ **`ColPoint`** (output_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Ellipsenpunktes.

Beispiel

```
draw_ellipse(WindowHandle,Row,Column,Phi,Radius1,Radius2)
get_points_ellipse([0,3.14],Row,Column,Phi,Radius1,Radius2,\
                   RowPoint,ColPoint)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_points_ellipse` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

fit_ellipse_contour_xld, draw_ellipse, gen_ellipse_contour_xld

Siehe auch

gen_ellipse_contour_xld

Modul

Foundation

intersection_circle_contour_xld (Contour : : CircleRow, CircleColumn, CircleRadius, CircleStartPhi, CircleEndPhi, CirclePointOrder : Row, Column)

Berechnet die Schnittpunkte von einem Kreis oder Kreisbogen und einer XLD-Kontur

intersection_circle_contour_xld berechnet die Schnittpunkte von einem Kreis oder Kreisbogen und einer XLD-Kontur Contour. Der Kreis wird über dessen Mittelpunkt (CircleRow,CircleColumn) und Radius CircleRadius definiert. Ein Kreisbogen wird zusätzlich durch den Anfangs- und Endwinkel CircleStartPhi und CircleEndPhi des Start- bzw. Endpunktes, sowie durch dessen Umlaufsinn CirclePointOrder charakterisiert. CirclePointOrder = *'positive'* definiert den Kreisbogen gegen den Uhrzeigersinn. CirclePointOrder = *'negative'* definiert den Kreisbogen im Uhrzeigersinn. Die Schnittpunkte, falls vorhanden, werden in (Row,Column) zurückgegeben.

Parameter

- ▷ **Contour** (input_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
  XLD-Kontur.
- ▷ **CircleRow** (input_control) ..... circle.center.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des Kreismittelpunktes.
- ▷ **CircleColumn** (input_control) ..... circle.center.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des Kreismittelpunktes.
- ▷ **CircleRadius** (input_control) ..... circle.radius ⇝ *real* / integer
  Radius des Kreises.
- ▷ **CircleStartPhi** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Winkel des Startpunktes des Kreises oder Kreisbogens [rad].
  Default: 0.0
- ▷ **CircleEndPhi** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Winkel des Endpunktes des Kreises oder Kreisbogens [rad].
  Default: 6.28318
- ▷ **CirclePointOrder** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Mathematischer Umlaufsinn des Kreises oder Kreisbogens.
  Default: 'positive'
  Werteliste: CirclePointOrder ∈ {'positive', 'negative'}
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate der Schnittpunkte.
- ▷ **Column** (output_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate der Schnittpunkte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert intersection_circle_contour_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

intersection_segment_circle

Siehe auch

intersection_line_circle

Modul

Foundation

intersection_circles (: : Circle1Row, Circle1Column, Circle1Radius, Circle1StartPhi, Circle1EndPhi, Circle1PointOrder, Circle2Row, Circle2Column, Circle2Radius, Circle2StartPhi, Circle2EndPhi, Circle2PointOrder : Row, Column, IsOverlapping)

Berechnet die Schnittpunkte von zwei Kreisen oder Kreisbögen

intersection_circles berechnet die Schnittpunkte von zwei Kreisen oder Kreisbögen, die, falls vorhanden, in (Row,Column) zurückgegeben werden. Die Kreise werden über deren Mittelpunkte (Circle1Row,Circle1Column) bzw. (Circle2Row,Circle2Column) und deren Radien Circle1Radius bzw. Circle2Radius definiert. Ein Kreisbogen wird zusätzlich durch den Anfangs- und Endwinkel Circle1StartPhi und Circle1EndPhi bzw. Circle2StartPhi und Circle2EndPhi des Start- bzw. Endpunktes, sowie durch dessen Umlaufsinn Circle1PointOrder bzw. Circle2PointOrder charakterisiert. Circle1PointOrder = *'positive'* definiert den Kreisbogen gegen den Uhrzeigersinn. Circle1PointOrder = *'negative'* definiert den Kreisbogen im Uhrzeigersinn. Das Gleiche gilt für Circle2PointOrder. Liegen Teile der Kreise oder Kreisbögen übereinander, liefert der Parameter IsOverlapping den Wert 1, ansonsten wird der Wert 0 zurückgegeben. In diesem Fall werden die Endpunkte der gemeinsamen Kreisbögen als Schnittpunkte in (Row,Column) zurückgegeben.

Parameter

- ▷ **Circle1Row** (input_control) ..... circle.center.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Kreismittelpunktes.
- ▷ **Circle1Column** (input_control) ..... circle.center.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Kreismittelpunktes.
- ▷ **Circle1Radius** (input_control) ..... circle.radius ⇝ *real* / integer
  Radius des ersten Kreises.
- ▷ **Circle1StartPhi** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Winkel des Startpunktes des ersten Kreises oder Kreisbogens [rad].
  Default: 0.0
- ▷ **Circle1EndPhi** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Winkel des Endpunktes des ersten Kreises oder Kreisbogens [rad].
  Default: 6.28318
- ▷ **Circle1PointOrder** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Mathematischer Umlaufsinn des ersten Kreises oder Kreisbogens.
  Default: 'positive'
  Werteliste: Circle1PointOrder ∈ {'positive', 'negative'}
- ▷ **Circle2Row** (input_control) ..... circle.center.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Kreismittelpunktes.
- ▷ **Circle2Column** (input_control) ..... circle.center.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Kreismittelpunktes.
- ▷ **Circle2Radius** (input_control) ..... circle.radius ⇝ *real* / integer
  Radius des ersten Kreises.
- ▷ **Circle2StartPhi** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Winkel des Startpunktes des ersten Kreises oder Kreisbogens [rad].
  Default: 0.0
- ▷ **Circle2EndPhi** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Winkel des Endpunktes des ersten Kreises oder Kreisbogens [rad].
  Default: 6.28318

▷ **Circle2PointOrder** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Mathematischer Umlaufsinn des ersten Kreises oder Kreisbogens.
Default: 'positive'
Werteliste: `Circle2PointOrder` ∈ {'positive', 'negative'}

▷ **Row** (output_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten der Schnittpunkte.

▷ **Column** (output_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten der Schnittpunkte.

▷ **IsOverlapping** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Liegen Teile der Kreise oder Kreisbogen übereinander?

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `intersection_circles` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

intersection_contours_xld (Contour1, Contour2 : : IntersectionType : Row, Column, IsOverlapping)

Berechnet die Schnittpunkte von zwei XLD-Konturen

`intersection_contours_xld` berechnet die Schnittpunkte der XLD-Konturen `Contour1` und `Contour2`, die, falls vorhanden, in (`Row`,`Column`) zurückgegeben werden. Der Parameter `IntersectionType` beschreibt die Art der Schnittpunkte, die in (`Row`,`Column`) ausgegeben werden sollen. Für `IntersectionType` = *'self'* werden nur die Selbstüberschneidungen innerhalb der Konturen ausgegeben, d.h. die Schnittpunkte innerhalb der `Contour1` und innerhalb der `Contour2`. Für `IntersectionType` = *'mutual'* werden nur die Schnittpunkte berücksichtigt, die zwischen `Contour1` und `Contour2` bestehen. Im Standardfall gilt `IntersectionType` = *'all'*. Hier werden sowohl die Selbstüberschneidungen als auch die gegenseitigen Überschneidungen als Schnittpunkte gewertet. Liegen Teile der XLD-Konturabschnitte übereinander, liefert der Parameter `IsOverlapping` den Wert 1, ansonsten wird der Wert 0 zurückgegeben. `IsOverlapping` berücksichtigt sowohl Selbstüberlappungen als auch gegenseitige Überlappungen, unabhängig von `IntersectionType`. Im Fall einer gegenseitigen Überlappung werden die Endpunkte des gemeinsamen Geradenabschnitts als Schnittpunkte in (`Row`,`Column`) zurückgegeben.

Parameter

▷ **Contour1** (input_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
Erste XLD-Kontur.

▷ **Contour2** (input_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
Zweite XLD-Kontur.

▷ **IntersectionType** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Schnittpunkte, die zurückgegeben werden sollen.
Default: 'all'
Werteliste: `IntersectionType` ∈ {'all', 'self', 'mutual'}

▷ **Row** (output_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
Zeilenkoordinate der Schnittpunkte.

▷ **Column** (output_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
Spaltenkoordinate der Schnittpunkte.

▷ **IsOverlapping** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Liegen Teile der XLD-Konturabschnitte übereinander?

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `intersection_contours_xld` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`intersection_segments`, `intersection_segment_contour_xld`

Siehe auch

`intersection_segment_line`, `intersection_lines`, `intersection_line_contour_xld`

Modul

Foundation

intersection_line_circle (: : LineRow1, LineColumn1, LineRow2, LineColumn2, CircleRow, CircleColumn, CircleRadius, CircleStartPhi, CircleEndPhi, CirclePointOrder : Row, Column)

Berechnet die Schnittpunkte von einer Geraden und einem Kreis oder Kreisbogen

`intersection_line_circle` berechnet die Schnittpunkte von einer Geraden und einem Kreis oder Kreisbogen. Die Gerade wird über die beiden Punkte (`LineRow1`,`LineColumn1`) und (`LineRow2`,`LineColumn2`), der Kreis über dessen Mittelpunkt (`CircleRow`,`CircleColumn`) und Radius `CircleRadius` definiert. Ein Kreisbogen wird zusätzlich durch den Anfangs- und Endwinkel `CircleStartPhi` und `CircleEndPhi` des Start- bzw. Endpunktes, sowie durch dessen Umlaufsinn `CirclePointOrder` charakterisiert. `CirclePointOrder` = *'positive'* definiert den Kreisbogen gegen den Uhrzeigersinn. `CirclePointOrder` = *'negative'* definiert den Kreisbogen im Uhrzeigersinn. Die Schnittpunkte, falls vorhanden, werden in (`Row`,`Column`) zurückgegeben.

Parameter

▷ **LineRow1** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des ersten Geradenpunktes.

▷ **LineColumn1** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des ersten Geradenpunktes.

▷ **LineRow2** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des zweiten Geradenpunktes.

▷ **LineColumn2** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des zweiten Geradenpunktes.

▷ **CircleRow** (input_control) . . . . . circle.center.y ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des Kreismittelpunktes.

▷ **CircleColumn** (input_control) . . . . . circle.center.x ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des Kreismittelpunktes.

▷ **CircleRadius** (input_control) . . . . . circle.radius ⇝ *real* / integer
Radius des Kreises.

▷ **CircleStartPhi** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Winkel des Startpunktes des Kreises oder Kreisbogens [rad].
Default: 0.0

▷ **CircleEndPhi** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
Winkel des Endpunktes des Kreises oder Kreisbogens [rad].
Default: 6.28318

▷ **CirclePointOrder** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Mathematischer Umlaufsinn des Kreises oder Kreisbogens.
Default: 'positive'
Werteliste: `CirclePointOrder` ∈ {'positive', 'negative'}

▷ **Row** (output_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten der Schnittpunkte.

▷ **Column** (output_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten der Schnittpunkte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `intersection_line_circle` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

`intersection_segment_circle`, `intersection_circle_contour_xld`

Modul

Foundation

intersection_line_contour_xld (Contour : : LineRow1, LineColumn1, LineRow2, LineColumn2 : Row, Column, IsOverlapping)

Berechnet die Schnittpunkte von einer Geraden und einer XLD-Kontur

`intersection_line_contour_xld` berechnet die Schnittpunkte von einer Geraden und einer XLD-Kontur `Contour`. Die Gerade wird über die beiden Punkte (`LineRow1`,`LineColumn1`) und (`LineRow2`,`LineColumn2`) definiert. Die Schnittpunkte, falls vorhanden, werden in (`Row`,`Column`) zurückgegeben. Liegt ein Teil der XLD-Kontur auf der Geraden, liefert der Parameter `IsOverlapping` den Wert 1 zurück, ansonsten wird der Wert 0 zurückgegeben. In diesem Fall werden die Endpunkte des Teilstücks der XLD-Kontur als Schnittpunkte in (`Row`,`Column`) zurückgegeben.

Parameter

▷ **Contour** (input_object) . . . . . xld_cont ⇝ *object*
XLD-Kontur.

▷ **LineRow1** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des ersten Punktes der Geraden.

▷ **LineColumn1** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des ersten Punktes der Geraden.

▷ **LineRow2** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der Geraden.

▷ **LineColumn2** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der Geraden.

▷ **Row** (output_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten der Schnittpunkte.

▷ **Column** (output_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten der Schnittpunkte.

▷ **IsOverlapping** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Liegt ein Teil der XLD-Kontur auf der Geraden?

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `intersection_line_contour_xld` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

intersection_segment_line

Siehe auch

intersection_segments, intersection_lines, intersection_segment_contour_xld, intersection_contours_xld

Modul

Foundation

intersection_lines (: : Line1Row1, Line1Column1, Line1Row2, Line1Column2, Line2Row1, Line2Column1, Line2Row2, Line2Column2 : Row, Column, IsOverlapping)

Berechnet den Schnittpunkt von zwei Geraden

intersection_lines berechnet den Schnittpunkt von zwei Geraden, die über jeweils zwei Punkte (Line1Row1,Line1Column1) und (Line1Row2,Line1Column2) beziehungsweise (Line2Row1,Line2Column1) und (Line2Row2,Line2Column2) definiert werden. Der Schnittpunkt, falls vorhanden, wird in (Row,Column) zurückgegeben. Sind die beiden Geraden identisch, liefert der Parameter IsOverlapping den Wert 1 zurück, ansonsten wird der Wert 0 zurückgegeben. In diesem Fall wird kein Schnittpunkt in (Row,Column) zurückgegeben.

Parameter

- ▷ **Line1Row1** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes der ersten Geraden.
- ▷ **Line1Column1** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes der ersten Geraden.
- ▷ **Line1Row2** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der ersten Geraden.
- ▷ **Line1Column2** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der ersten Geraden.
- ▷ **Line2Row1** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes der zweiten Geraden.
- ▷ **Line2Column1** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes der zweiten Geraden.
- ▷ **Line2Row2** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der zweiten Geraden.
- ▷ **Line2Column2** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der zweiten Geraden.
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Schnittpunktes.
- ▷ **Column** (output_control) ..... point.x ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Schnittpunktes.
- ▷ **IsOverlapping** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Sind die beiden Geraden identisch?

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert intersection_lines den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

intersection_segments, intersection_segment_line, intersection_segment_contour_xld, intersection_line_contour_xld, intersection_contours_xld

Modul

Foundation

intersection_segment_circle (: : SegmentRow1, SegmentColumn1, SegmentRow2, SegmentColumn2, CircleRow, CircleColumn, CircleRadius, CircleStartPhi, CircleEndPhi, CirclePointOrder : Row, Column)

Berechnet die Schnittpunkte von einem Geradenabschnitt und einem Kreis oder Kreisbogen

intersection_segment_circle berechnet den Schnittpunkt von einem Geradenabschnitt und einem Kreis oder Kreisbogen. Der Geradenabschnitt wird über dessen Endpunkte (SegmentRow1,SegmentColumn1) und (SegmentRow2,SegmentColumn2), der Kreis über dessen Mittelpunkt (CircleRow,CircleColumn) und Radius CircleRadius definiert. Ein Kreisbogen wird zusätzlich durch den Anfangs- und Endwinkel CircleStartPhi und CircleEndPhi des Start- bzw. Endpunktes, sowie durch dessen Umlaufsinn CirclePointOrder charakterisiert. CirclePointOrder = *'positive'* definiert den Kreisbogen gegen den Uhrzeigersinn. CirclePointOrder = *'negative'* definiert den Kreisbogen im Uhrzeigersinn. Die Schnittpunkte, falls vorhanden, werden in (Row,Column) zurückgegeben.

Parameter

- **SegmentRow1** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes des Geradenabschnitts.
- **SegmentColumn1** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes des Geradenabschnitts.
- **SegmentRow2** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes des Geradenabschnitts.
- **SegmentColumn2** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes des Geradenabschnitts.
- **CircleRow** (input_control) ..... circle.center.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des Kreismittelpunktes.
- **CircleColumn** (input_control) ..... circle.center.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des Kreismittelpunktes.
- **CircleRadius** (input_control) ..... circle.radius ⇝ *real* / integer
  Radius des Kreises.
- **CircleStartPhi** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Winkel des Startpunktes des Kreises oder Kreisbogens [rad].
  Default: 0.0
- **CircleEndPhi** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Winkel des Endpunktes des Kreises oder Kreisbogens [rad].
  Default: 6.28318
- **CirclePointOrder** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Mathematischer Umlaufsinn des Kreises oder Kreisbogens.
  Default: 'positive'
  Werteliste: CirclePointOrder ∈ {'positive', 'negative'}
- **Row** (output_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinaten der Schnittpunkte.
- **Column** (output_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinaten der Schnittpunkte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert intersection_segment_circle den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

intersection_circle_contour_xld

Siehe auch

intersection_line_circle

Modul

Foundation

intersection_segment_contour_xld (Contour : : SegmentRow1, SegmentColumn1, SegmentRow2, SegmentColumn2 : Row, Column, IsOverlapping)

Berechnet die Schnittpunkte von einem Geradenabschnitt und einer XLD-Kontur

intersection_segment_contour_xld berechnet die Schnittpunkte von einem Geradenabschnitt und einer XLD-Kontur Contour. Der Geradenabschnitt wird über dessen Endpunkte (SegmentRow1,SegmentColumn1) und (SegmentRow2,SegmentColumn2) definiert. Die Schnittpunkte, falls vorhanden, werden in (Row,Column) zurückgegeben. Liegen ein Teil des Geradenabschnitts und der XLD-Kontur übereinander, liefert der Parameter IsOverlapping den Wert 1 zurück, ansonsten wird der Wert 0 zurückgegeben. In diesem Fall werden die Endpunkte des gemeinsamen Geradenabschnitts als Schnittpunkte in (Row,Column) zurückgegeben.

Parameter

- ▷ **Contour** (input_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
  XLD-Kontur.
- ▷ **SegmentRow1** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes des Geradenabschnitts.
- ▷ **SegmentColumn1** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes des Geradenabschnitts.
- ▷ **SegmentRow2** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes des Geradenabschnitts.
- ▷ **SegmentColumn2** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes des Geradenabschnitts.
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinaten der Schnittpunkte.
- ▷ **Column** (output_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinaten der Schnittpunkte.
- ▷ **IsOverlapping** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Sind ein Teil des Geradenabschnitts und der XLD-Kontur identisch?

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert intersection_segment_contour_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

intersection_segments, intersection_contours_xld

Siehe auch

intersection_segment_line, intersection_lines, intersection_line_contour_xld

Modul

Foundation

intersection_segment_line (: : SegmentRow1, SegmentColumn1, SegmentRow2, SegmentColumn2, LineRow1, LineColumn1, LineRow2, LineColumn2 : Row, Column, IsOverlapping)

Berechnet den Schnittpunkt von einem Geradenabschnitt und einer Geraden

intersection_segment_line berechnet den Schnittpunkt von einem Geradenabschnitt und einer Geraden. Der Geradenabschnitt wird über dessen Endpunkte (SegmentRow1,SegmentColumn1) und (SegmentRow2,SegmentColumn2), die Gerade über zwei Punkte (LineRow1,LineColumn1) und (LineRow2,LineColumn2) definiert. Der Schnittpunkt, falls vorhanden, wird in (Row,Column) zurückgegeben. Liegt der Geradenabschnitt auf der Geraden, liefert der Parameter IsOverlapping den Wert 1 zurück, ansonsten wird der Wert 0 zurückgegeben. In diesem Fall werden die Endpunkte des Geradenabschnitts als Schnittpunkte in (Row,Column) zurückgegeben.

Parameter

- ▷ **SegmentRow1** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes des Geradenabschnitts.
- ▷ **SegmentColumn1** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes des Geradenabschnitts.
- ▷ **SegmentRow2** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes des Geradenabschnitts.
- ▷ **SegmentColumn2** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes des Geradenabschnitts.
- ▷ **LineRow1** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes der Geraden.
- ▷ **LineColumn1** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes der Geraden.
- ▷ **LineRow2** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes der Geraden.
- ▷ **LineColumn2** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes der Geraden.
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Schnittpunktes.
- ▷ **Column** (output_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Schnittpunktes.
- ▷ **IsOverlapping** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Überlappen sich der Geradenabschnitt und die Gerade in mehr als einem Punkt?

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert intersection_segment_line den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

intersection_line_contour_xld

Siehe auch

intersection_segments, intersection_lines, intersection_segment_contour_xld, intersection_contours_xld

Modul

Foundation

intersection_segments (: : Segment1Row1, Segment1Column1, Segment1Row2, Segment1Column2, Segment2Row1, Segment2Column1, Segment2Row2, Segment2Column2 : Row, Column, IsOverlapping)

Berechnet den Schnittpunkt von zwei Geradenabschnitten

intersection_segments berechnet den Schnittpunkt von zwei Geradenabschnitten, die über deren Endpunkte (Segment1Row1,Segment1Column1) und (Segment1Row2,Segment1Column2) beziehungsweise (Segment2Row1,Segment2Column1) und (Segment2Row2,Segment2Column2) definiert werden. Der Schnittpunkt wird, falls vorhanden, in (Row,Column) zurückgegeben. Liegen Teile der Geradenabschnitte übereinander, liefert der Parameter IsOverlapping den Wert 1 zurück, ansonsten wird der Wert 0 zurückgegeben. In diesem Fall werden die Endpunkte des gemeinsamen Geradenabschnitts als Schnittpunkte in (Row,Column) zurückgegeben.

Parameter

- ▷ **Segment1Row1** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes des ersten Geradenabschnitts.
- ▷ **Segment1Column1** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes des ersten Geradenabschnitts.
- ▷ **Segment1Row2** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes des ersten Geradenabschnitts.
- ▷ **Segment1Column2** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes des ersten Geradenabschnitts.
- ▷ **Segment2Row1** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes des zweiten Geradenabschnitts.
- ▷ **Segment2Column1** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes des zweiten Geradenabschnitts.
- ▷ **Segment2Row2** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes des zweiten Geradenabschnitts.
- ▷ **Segment2Column2** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes des zweiten Geradenabschnitts.
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Schnittpunktes.
- ▷ **Column** (output_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Schnittpunktes.
- ▷ **IsOverlapping** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Liegen Teile der Geradenabschnitte übereinander?

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert intersection_segments den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

intersection_segment_contour_xld, intersection_contours_xld

Siehe auch

intersection_segment_line, intersection_lines, intersection_line_contour_xld

Modul

Foundation

pluecker_line_to_point_direction (: : LineDirectionX, LineDirectionY, LineDirectionZ, LineMomentX, LineMomentY, LineMomentZ : PointX, PointY, PointZ, DirectionX, DirectionY, DirectionZ)

Umrechnung einer 3D-Gerade, die durch Plückerkoordinaten gegeben ist, in eine 3D-Gerade, die durch einen Punkt und eine Richtung gegeben ist.

pluecker_line_to_point_direction rechnet eine 3D-Gerade, die durch Plückerkoordinaten gegeben ist, in eine 3D-Gerade um, die durch einen Punkt auf der Gerade die Richtung der Gerade gegeben ist. Die Gerade wird in den Plückerkoordinaten $\mathbf{L}$ (LineDirectionX, LineDirectionY, LineDirectionZ) und $\mathbf{M}$ (LineMomentX, LineMomentY, LineMomentZ) gegeben. Die Richtung wird durch (DirectionX, DirectionY, DirectionZ) gegeben und der Punkt auf der Geraden durch (PointX, PointY, PointZ). Für die Definition von Plückerkoordinaten siehe „Solution Guide III-C - 3D Vision". Alle Eingabetupel müssen gleich viele Elemente enthalten.

Seien $\mathbf{L}$ die Richtung (LineDirectionX, LineDirectionY, LineDirectionZ) und $\mathbf{M}$ das Moment (LineMomentX, LineMomentY, LineMomentZ) der Geraden. Des weiteren seien $\mathbf{P}$ der Punkt (PointX, PointY, PointZ) auf der Gerade und $\mathbf{D}$ die Richtung (DirectionX, DirectionY, DirectionZ) der Gerade. Dann ist $\mathbf{P} = \mathbf{L} \times \mathbf{M}$ und $\mathbf{D} = \mathbf{L}$. Es ist zu beachten, dass $\mathbf{P}$ der Punkt auf der Gerade ist, der dem Ursprung am nächsten liegt.

Parameter

- ▷ **LineDirectionX** (input_control) . . . point3d.x(-array) ⇝ *real*
  X-Komponente des Richtungsvektors der Gerade.
- ▷ **LineDirectionY** (input_control) . . . point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Y-Komponente des Richtungsvektors der Gerade.
- ▷ **LineDirectionZ** (input_control) . . . point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Z-Komponente des Richtungsvektors der Gerade.
- ▷ **LineMomentX** (input_control) . . . point3d.x(-array) ⇝ *real*
  X-Komponente des Momentenvektors der Gerade.
- ▷ **LineMomentY** (input_control) . . . point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Y-Komponente des Momentenvektors der Gerade.
- ▷ **LineMomentZ** (input_control) . . . point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Z-Komponente des Momentenvektors der Gerade.
- ▷ **PointX** (output_control) . . . point3d.x(-array) ⇝ *real*
  X-Koordinate des Punkts auf der Gerade.
- ▷ **PointY** (output_control) . . . point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Y-Koordinate des Punkts auf der Gerade.
- ▷ **PointZ** (output_control) . . . point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Z-Koordinate des Punkts auf der Gerade.
- ▷ **DirectionX** (output_control) . . . point3d.x(-array) ⇝ *real*
  X-Koordinate der Richtung der Gerade.
- ▷ **DirectionY** (output_control) . . . point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Y-Koordinate der Richtung der Gerade.
- ▷ **DirectionZ** (output_control) . . . point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Z-Koordinate der Richtung der Gerade.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

pluecker_line_to_points

Siehe auch

point_direction_to_pluecker_line

Modul

Foundation

pluecker_line_to_points (: : LineDirectionX, LineDirectionY, LineDirectionZ, LineMomentX, LineMomentY, LineMomentZ : Point1X, Point1Y, Point1Z, Point2X, Point2Y, Point2Z)

Umrechnung einer 3D-Gerade, die durch Plückerkoordinaten gegeben ist, in eine 3D-Gerade, die durch zwei Punkte gegeben ist.

points_to_pluecker_line rechnet eine 3D-Gerade, die durch Plückerkoordinaten $\mathbf{L}$ (LineDirectionX, LineDirectionY, LineDirectionZ) und $\mathbf{M}$ (LineMomentX, LineMomentY, LineMomentZ) gegeben ist, in eine 3D-Gerade um, die durch zwei Punkte auf der Geraden (Point1X, Point1Y, Point1Z) und (Point2X, Point2Y, Point2Z), gegeben ist. Für die Definition von Plückerkoordinaten siehe „Solution Guide III-C - 3D Vision". Alle Eingabetupel müssen gleich viele Elemente enthalten.

Seien $\mathbf{L}$ die Richtung (LineDirectionX, LineDirectionY, LineDirectionZ) und $\mathbf{M}$ das Moment (LineMomentX, LineMomentY, LineMomentZ) der Geraden. Weiter seien $\mathbf{P}$ der erste Punkt (Point1X, Point1Y, Point1Z) und $\mathbf{Q}$ (Point2X, Point2Y, Point2Z) zwei Punkte auf der Geraden. Dann ist $\mathbf{P} = \mathbf{L} \times \mathbf{M}$ und $\mathbf{Q} = \mathbf{P} + \mathbf{L}$. Es ist zu beachten, dass $\mathbf{P}$ der Punkt auf der Gerade ist, der dem Ursprung am nächsten liegt.

Parameter

- ▷ **LineDirectionX** (input_control) . . . point3d.x(-array) ⇝ *real*
  X-Komponente des Richtungsvektors der Gerade.
- ▷ **LineDirectionY** (input_control) . . . point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Y-Komponente des Richtungsvektors der Gerade.
- ▷ **LineDirectionZ** (input_control) . . . point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Z-Komponente des Richtungsvektors der Gerade.
- ▷ **LineMomentX** (input_control) . . . point3d.x(-array) ⇝ *real*
  X-Komponente des Momentenvektors der Gerade.
- ▷ **LineMomentY** (input_control) . . . point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Y-Komponente des Momentenvektors der Gerade.
- ▷ **LineMomentZ** (input_control) . . . point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Z-Komponente des Momentenvektors der Gerade.
- ▷ **Point1X** (output_control) . . . point3d.x(-array) ⇝ *real*
  X-Koordinate des ersten Punkts auf der Gerade.
- ▷ **Point1Y** (output_control) . . . point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Y-Koordinate des ersten Punkts auf der Gerade.
- ▷ **Point1Z** (output_control) . . . point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Z-Koordinate des ersten Punkts auf der Gerade.
- ▷ **Point2X** (output_control) . . . point3d.x(-array) ⇝ *real*
  X-Koordinate des zweiten Punkts auf der Gerade.
- ▷ **Point2Y** (output_control) . . . point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Y-Koordinate des zweiten Punkts auf der Gerade.
- ▷ **Point2Z** (output_control) . . . point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Z-Koordinate des zweiten Punkts auf der Gerade.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

distance_point_line

Alternativen

pluecker_line_to_point_direction

Siehe auch

points_to_pluecker_line

Modul

Foundation

point_direction_to_pluecker_line (: : PointX, PointY, PointZ, DirectionX, DirectionY, DirectionZ : LineDirectionX, LineDirectionY, LineDirectionZ, LineMomentX, LineMomentY, LineMomentZ)

Umrechnung einer 3D-Gerade, die durch einen Punkt und eine Richtung gegeben ist, in Plückerkoordinaten.

point_direction_to_pluecker_line rechnet eine 3D-Gerade, die durch den Punkt (PointX, PointY, PointZ) und die Richtung (DirectionX, DirectionY, DirectionZ) gegeben ist, in Plückerkoordinaten $\mathbf{L}$ (LineDirectionX, LineDirectionY, LineDirectionZ) und $\mathbf{M}$ (LineMomentX, LineMomentY, LineMomentZ) um. Für die Definition von Plückerkoordinaten siehe „Solution Guide III-C - 3D Vision". Alle Eingabetupel müssen gleich viele Elemente enthalten.

$\mathbf{P}$ sei hierbei der Punkt (PointX, PointY, PointZ) und $\mathbf{D}$ die Richtung (DirectionX, DirectionY, DirectionZ) der Geraden. Um die Geradenrichtung $\mathbf{L}$ zu berechnen, wird die Länge $\|\mathbf{D}\|$ des Vektors $\mathbf{D}$ berechnet. Falls $\|\mathbf{D}\| = 0$ ist, definiert die Richtung $\mathbf{D}$ keine Gerade und ein Fehler wird zurückgeliefert. Die weitere Berechnung der Plückerkoordinaten ist in points_to_pluecker_line beschrieben.

Parameter

- ▷ **PointX** (input_control) ..... point3d.x(-array) ⇝ *real*
  X-Koordinate des Punkts auf der Gerade.
- ▷ **PointY** (input_control) ..... point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Y-Koordinate des Punkts auf der Gerade.
- ▷ **PointZ** (input_control) ..... point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Z-Koordinate des Punkts auf der Gerade.
- ▷ **DirectionX** (input_control) ..... point3d.x(-array) ⇝ *real*
  X-Koordinate der Richtung der Gerade.
- ▷ **DirectionY** (input_control) ..... point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Y-Koordinate der Richtung der Gerade.
- ▷ **DirectionZ** (input_control) ..... point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Z-Koordinate der Richtung der Gerade.
- ▷ **LineDirectionX** (output_control) ..... point3d.x(-array) ⇝ *real*
  X-Komponente des Richtungsvektors der Gerade.
- ▷ **LineDirectionY** (output_control) ..... point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Y-Komponente des Richtungsvektors der Gerade.
- ▷ **LineDirectionZ** (output_control) ..... point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Z-Komponente des Richtungsvektors der Gerade.
- ▷ **LineMomentX** (output_control) ..... point3d.x(-array) ⇝ *real*
  X-Komponente des Momentenvektors der Gerade.
- ▷ **LineMomentY** (output_control) ..... point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Y-Komponente des Momentenvektors der Gerade.
- ▷ **LineMomentZ** (output_control) ..... point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Z-Komponente des Momentenvektors der Gerade.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

distance_point_pluecker_line, point_pluecker_line_to_hom_mat3d

Alternativen

points_to_pluecker_line

Siehe auch

pluecker_line_to_point_direction

Modul

Foundation

points_to_pluecker_line (: : Point1X, Point1Y, Point1Z, Point2X, Point2Y, Point2Z : LineDirectionX, LineDirectionY, LineDirectionZ, LineMomentX, LineMomentY, LineMomentZ)

Umrechnung einer 3D-Gerade, die durch zwei Punkte gegeben ist, in Plückerkoordinaten.

points_to_pluecker_line rechnet eine 3D-Gerade, die durch zwei Punkte (Point1X, Point1Y, Point1Z) und (Point2X, Point2Y, Point2Z) gegeben ist, in Plückerkoordinaten $\mathbf{L}$ (LineDirectionX, LineDirectionY, LineDirectionZ) und $\mathbf{M}$ (LineMomentX, LineMomentY, LineMomentZ) um. Für die Definition von Plückerkoordinaten siehe „Solution Guide III-C - 3D Vision". Alle Eingabetupel müssen gleich viele Elemente enthalten.

Seien $\mathbf{P}$ der erste Punkt (Point1X, Point1Y, Point1Z) und $\mathbf{Q}$ der zweite Punkt (Point2X, Point2Y, Point2Z) auf der Gerade. Um die Geradenrichtung $\mathbf{L}$ zu berechnen, werden der Vektor $\mathbf{D} = \mathbf{Q} - \mathbf{P}$ und seine Länge $\|\mathbf{D}\|$ berechnet. Falls $\|\mathbf{D}\| = 0$ ist, definieren die Punkte keine Gerade und ein Fehler wird zurückgeliefert. Die Geradenrichtung ist gegeben durch $\mathbf{L} = \mathbf{D}/\|\mathbf{D}\|$. Das Moment der Gerade ist gegeben durch das Kreuzprodukt (Vektorprodukt) $\mathbf{M} = \mathbf{P} \times \mathbf{L}$.

Parameter

- ▷ **Point1X** (input_control) ..... point3d.x(-array) ⇝ *real*
  X-Koordinate des ersten Punkts auf der Gerade.
- ▷ **Point1Y** (input_control) ..... point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Y-Koordinate des ersten Punkts auf der Gerade.
- ▷ **Point1Z** (input_control) ..... point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Z-Koordinate des ersten Punkts auf der Gerade.
- ▷ **Point2X** (input_control) ..... point3d.x(-array) ⇝ *real*
  X-Koordinate des zweiten Punkts auf der Gerade.
- ▷ **Point2Y** (input_control) ..... point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Y-Koordinate des zweiten Punkts auf der Gerade.
- ▷ **Point2Z** (input_control) ..... point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Z-Koordinate des zweiten Punkts auf der Gerade.
- ▷ **LineDirectionX** (output_control) ..... point3d.x(-array) ⇝ *real*
  X-Komponente des Richtungsvektors der Gerade.
- ▷ **LineDirectionY** (output_control) ..... point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Y-Komponente des Richtungsvektors der Gerade.
- ▷ **LineDirectionZ** (output_control) ..... point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Z-Komponente des Richtungsvektors der Gerade.
- ▷ **LineMomentX** (output_control) ..... point3d.x(-array) ⇝ *real*
  X-Komponente des Momentenvektors der Gerade.
- ▷ **LineMomentY** (output_control) ..... point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Y-Komponente des Momentenvektors der Gerade.
- ▷ **LineMomentZ** (output_control) ..... point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Z-Komponente des Momentenvektors der Gerade.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

get_line_of_sight

Nachfolger

distance_point_pluecker_line, point_pluecker_line_to_hom_mat3d

Alternativen

point_direction_to_pluecker_line

Siehe auch

pluecker_line_to_points

Modul

Foundation

projection_pl (: : Row, Column, Row1, Column1, Row2, Column2 : RowProj, ColProj)

Berechnen der Projektion von einem Punkt auf eine Gerade.

projection_pl berechnet die Projektion von einem Punkt (Row,Column) auf eine Gerade. Die Gerade wird durch die zwei Punkte (Row1,Column1) und (Row2,Column2) beschrieben. Die Koordinaten des projizierten Punktes werden in RowProj und ColProj zurückgegeben.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Projektionen berechnet und zurückgegeben werden.

Parameter

- ▷ **Row** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des Punktes.
- ▷ **Column** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des Punktes.
- ▷ **Row1** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des ersten Punktes auf der Geraden.
- ▷ **Column1** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des ersten Punktes auf der Geraden.
- ▷ **Row2** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des zweiten Punktes auf der Geraden.
- ▷ **Column2** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des zweiten Punktes auf der Geraden.
- ▷ **RowProj** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Projektionspunktes.
- ▷ **ColProj** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Projektionspunktes

Beispiel

```
dev_open_window (0, 0, 512, 512, 'black', WindowHandle)
Row1 := 300
Column1 := 200
Row2 := 140
Column2 := 400
Rows := 300
Columns := 170
dev_set_color ('cadet blue')
gen_contour_polygon_xld (Contour, [Row1,Row2], [Column1,Column2])
```

```
Offset := 0
for Rows := 40 to 280 by 40
  dev_set_color ('red')
  gen_cross_contour_xld (Point,Rows+Offset, Columns, 6, 0)
  projection_pl (Rows+Offset, Columns, Row1, Column1, Row2, Column2, \
                 RowProj, ColProj)
  dev_set_color ('blue')
  gen_cross_contour_xld (RowP, RowProj, ColProj, 6, 0)
  Offset := Offset+30
endfor
```

Ergebnis

`projection_pl` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Modul

Foundation

read_distance_transform_xld (: : FileName : DistanceTransformID)

Lesen einer XLD-Distanztransformation aus einer Datei.

`read_distance_transform_xld` liest eine XLD-Distanztransformation, die zuvor mit `write_distance_transform_xld` abgespeichert wurde, aus der Datei `FileName` und liefert das Handle `DistanceTransformID` zurück. Die standardmäßige HALCON Dateiendung für die XLD-Distanztransformation ist 'hdtc'.

`get_distance_transform_xld_contour` kann verwendet werden, um auf die Referenzkontur zuzugreifen, die für die Erzeugung der XLD-Distanztransformation `DistanceTransformID` verwendet wurde.

Parameter

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: `.hdtc`

▷ **DistanceTransformID** (output_control) ..... xld_dist_trans ⇝ *handle*
Handle der XLD-Distanztransformation.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_distance_transform_xld` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`apply_distance_transform_xld`, `get_distance_transform_xld_contour`, `get_distance_transform_xld_param`

Siehe auch

write_distance_transform_xld, serialize_distance_transform_xld, deserialize_distance_transform_xld, create_distance_transform_xld, set_distance_transform_xld_param, clear_distance_transform_xld

Modul

Foundation

serialize_distance_transform_xld (: : DistanceTransformID : SerializedItemHandle)

Serialisieren einer XLD-Distanztransformation.

serialize_distance_transform_xld serialisiert eine XLD-Distanztransformation DistanceTransformID. Die serialisierte XLD-Distanztransformation wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_distance_transform_xld wieder deserialisiert werden.

Parameter

- ▷ **DistanceTransformID** (input_control) ..... xld_dist_trans ⇝ *handle*
  Handle der XLD-Distanztransformation.
- ▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle der serialisierten XLD-Distanztransformation.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert serialize_distance_transform_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_distance_transform_xld

Nachfolger

clear_distance_transform_xld

Alternativen

write_distance_transform_xld

Siehe auch

deserialize_distance_transform_xld, read_distance_transform_xld, apply_distance_transform_xld, get_distance_transform_xld_contour, get_distance_transform_xld_param, set_distance_transform_xld_param

Modul

Foundation

set_distance_transform_xld_param (: : DistanceTransformID, GenParamName, GenParamValue :)

Setzen neuer Parameter für die XLD-Distanztransformation.

set_distance_transform_xld_param setzt neue Parameter für die XLD-Distanztransformation DistanceTransformID. Die Namen und Werte dieser Parameter werden in GenParamName und GenParamValue übergeben. GenParamName kann die Parameternamen *'mode'* und *'max_distance'* beinhalten. Die XLD-Distanztransformation der ursprünglichen Templatekontur wird dann mit aktualisierten Parameterwerten neu berechnet.

Parameter

▷ **DistanceTransformID** (input_control) . . . . . xld_dist_trans ⇝ *handle*
Handle der XLD-Distanztransformation.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter.
Default: 'mode'
Werteliste: GenParamName ∈ {'mode', 'max_distance'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / real
Werte der generischen Parameter.
Default: 'point_to_point'
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'point_to_point', 'point_to_segment', 5.0}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert write_distance_transform_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DistanceTransformID

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

get_distance_transform_xld_param

Nachfolger

apply_distance_transform_xld

Siehe auch

write_distance_transform_xld, serialize_distance_transform_xld, get_distance_transform_xld_contour, read_distance_transform_xld, deserialize_distance_transform_xld, clear_distance_transform_xld

Modul

Foundation

write_distance_transform_xld (: : DistanceTransformID, FileName :)

Schreiben einer XLD-Distanztransformation in eine Datei.

write_distance_transform_xld schreibt die XLD-Distanztransformation DistanceTransformID in die Datei FileName. Die standardmäßige HALCON Dateiendung für die XLD-Distanztransformation ist 'hdtc'.

Die gespeicherte XLD-Distanztransformation kann mit read_distance_transform_xld wieder eingelesen werden.

Parameter

▷ **DistanceTransformID** (input_control) . . . . . xld_dist_trans ⇝ *handle*
Handle der XLD-Distanztransformation.

▷ **FileName** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Name der Datei.
Dateiendung: .hdtc

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `write_distance_transform_xld` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_distance_transform_xld`

Nachfolger

`clear_distance_transform_xld`

Alternativen

`serialize_distance_transform_xld`

Siehe auch

`read_distance_transform_xld`, `deserialize_distance_transform_xld`, `get_distance_transform_xld_contour`, `apply_distance_transform_xld`, `get_distance_transform_xld_param`, `set_distance_transform_xld_param`

Modul

Foundation

27.3 Gitter-Entzerrung

`connect_grid_points` (`Image` : `ConnectingLines` : `Row`, `Column`, `Sigma`, `MaxDist` :)

Erstellt Verbindungen zwischen den Gitterpunkten des Entzerrungsgitters.

`connect_grid_points` sucht die Verbindungslinien zwischen den Gitterpunkten (`Row`,`Column`) des Entzerrungsgitters. Die Verbindungslinien werden durch Kombination je eines Kanten-, Glättungs- und Linienfilters der Größe σ aus dem Eingabebild `Image` extrahiert. Das verwendete σ wird dazu wie folgt bestimmt: Wird in `Sigma` ein einzelner Wert übergeben, so wird dieser Wert benutzt. Wird in `Sigma` ein Tupel mit drei Werten (*'sigma_min'*, *'sigma_max'*,*'sigma_step'*) übergeben, so überprüft `connect_grid_points` alle σ im Bereich von *'sigma_min'* bis *'sigma_max'* mit einer Schrittweite von *'sigma_step'* und wählt jenes σ aus, das die größte Anzahl an Verbindungslinien zur Folge hat. Das gleiche passiert, wenn in `Sigma` ein Tupel mit nur zwei Werten *'sigma_min'* und *'sigma_max'* übergeben wird. In diesem Fall wird dann eine feste Schrittweite von *0.05* verwendet.

Die gefundenen Verbindungslinien werden dann an den Gitterpunkten aufgebrochen und diejenigen Linienstücke ausgewählt, die sowohl an einem Gitterpunkt beginnen, als auch an einem Gitterpunkt enden. Dabei ist zu beachten, dass Kantenfilter rund um Kreuzungspunkte typischerweise keine genauen Resultate liefern und somit die Verbindungslinien kaum die Gitterpunkte direkt treffen werden. Folglich werden tatsächlich diejenigen Linien aufgebrochen und ausgewählt, die in einer Entfernung von einem Gitterpunkt von höchstens `MaxDist` beginnen, enden oder den Punkt passieren. Die ausgewählten Verbindungslinien werden noch derart modifiziert, dass sie genau in den jeweiligen Gitterpunkten beginnen und enden, und in `ConnectingLines` als XLD Konturen zurückgegeben.

Darüber hinaus wird für jede Ausgabekontur ihr Typ von Hell-Dunkel-Übergang berechnet und im globalen Attribut *'bright_dark'* abgespeichert. Das Attribut bekommt den Wert *1.0*, wenn an der Verbindungslinie ein Hell-Dunkel-Übergang stattfindet (von links nach rechts, vom Anfangs- zum Endpunkt gesehen), ansonsten *0.0*. Weitere Informationen zu globalen Konturattributen können der Referenz von `get_contour_global_attrib_xld` entnommen werden.

Achtung

Sowohl für die zuverlässige Bestimmung des Typs von Hell-Dunkel-Übergang als auch für die spätere Entzerrung ist es unabdinglich, dass jede Verbindungslinie mindestens drei Konturpunkte aufweist. Verbindungslinien mit nur

zwei Konturpunkten werden daher nicht ausgegeben. Dabei ist zu beachten, dass der Parameter `MaxDist` einen erheblichen Einfluss auf die Länge der zurückgegebenen Verbindungslinien hat, da alle Konturpunkte einer möglichen Verbindungslinie, die näher als `MaxDist` an einem Gitterpunkt liegen, durch einen einzigen Konturpunkt ersetzt werden. Ist `MaxDist` zu groß, dann gehen unter Umständen einige der Verbindungslinien verloren.

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **`ConnectingLines`** (output_object) ..... xld-array ⇝ *object*
  Ausgabekonturen.
- ▷ **`Row`** (input_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinaten der Gitterpunkte.
- ▷ **`Column`** (input_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinaten der Gitterpunkte.
  Restriktion: number(Column) == number(Row)
- ▷ **`Sigma`** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *integer* / real
  Größe der verwendeten Gaußkerne.
  Parameteranzahl: 1 <= Sigma && Sigma <= 3
  Default: 0.9
  Wertevorschläge: `Sigma` ∈ {0.7, 0.9, 1.1, 1.3, 1.5}
  Restriktion: 0.7 <= Sigma
- ▷ **`MaxDist`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Maximalabstand der Verbindungslinien von den Gitterpunkten.
  Default: 5.5
  Wertevorschläge: `MaxDist` ∈ {1.5, 3.5, 5.5, 7.5, 9.5}
  Restriktion: 0.0 <= MaxDist

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `connect_grid_points` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`saddle_points_sub_pix`

Nachfolger

`gen_grid_rectification_map`

Modul

Calibration

`create_rectification_grid` (: : `Width`, `NumSquares`, `GridFile` :)

Erzeugt eine PostScript-Datei, die das Entzerrungsgitter beschreibt.

`create_rectification_grid` erzeugt ein Schachbrettmuster mit `NumSquares` × `NumSquares` abwechselnd schwarzen und weißen Feldern. Dieses Muster hat eine Breite (und Höhe) von `Width` Metern. Um das Schachbrettmuster verläuft ein innerer Rahmen von der *0.3*-fachen Breite eines Feldes, der das Schachbrettmuster fortsetzt. Den Abschluss bildet ein vollständig weißer, äußerer Rahmen der *0.7*-fachen Breite eines Feldes. Ungefähr in der Mitte des Schachbrettmusters befinden sich zwei kreisförmige Marken, eine schwarze auf weißem Feld und eine weiße auf schwarzem Feld. Der Radius jeder Marke entspricht einem Drittel der Seitenlänge des jeweiligen umschließenden Quadrats.

Die kreisförmigen Marken werden von gen_grid_rectification_map benutzt, um gegebenenfalls die gefundene Anordnung der Gitterpunkte in die richtige Lage zu drehen. Dabei wird angenommen, dass die schwarze Marke bei korrekter Ausrichtung links neben der weißen liegt. Die Datei GridFile enthält die PostScript-Beschreibung des Entzerrungsgitters.

Parameter

▷ **Width** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Breite des Schachbrettmusters in Meter (ohne die beiden Rahmen).
Default: 0.17
Wertevorschläge: Width ∈ {1.2, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2, 0.1}
Empfohlene Schrittweite: 0.1
Restriktion: 0.0 < Width

▷ **NumSquares** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl von Feldern in einer Zeile und Spalte.
Default: 17
Wertevorschläge: NumSquares ∈ {11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27}
Empfohlene Schrittweite: 2
Restriktion: 2 <= NumSquares

▷ **GridFile** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Dateiname der PostScript-Datei.
Default: 'rectification_grid.ps'
Dateiendung: .ps

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und konnte die Datei erfolgreich geschrieben werden, dann liefert find_rectification_grid den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

find_rectification_grid, saddle_points_sub_pix, connect_grid_points, gen_grid_rectification_map

Modul

Foundation

find_rectification_grid (Image : GridRegion : MinContrast, Radius :)

Segmentierung der Entzerrungsgitterregion im Bild.

find_rectification_grid sucht die Bereiche im Bild Image, die das Entzerrungsgitter enthalten, und gibt sie in der Region GridRegion zurück. Im Wesentlichen werden dazu Bildbereiche mit einem Kontrast von wenigstens MinContrast extrahiert und die Löcher, die in diesen Bereichen enthalten sind, aufgefüllt. Anschließend werden diese Bereiche einem Opening mit dem Radius Radius unterzogen, um kleinere Flächen mit hohem Kontrast zu eliminieren.

Eine sorgfältige Einschränkung der Eingaberegion bei der Gitter-Entzerrung auf die Bildbereiche, die das Entzerrungsgitter enthalten, ist in zweierlei Hinsicht nützlich: Zum Einen kann damit die Rechenzeit eingeschränkt werden, zum Anderen verhindert man so, dass saddle_points_sub_pix und connect_grid_points falsche Gitterpunkte und Verbindungslinien finden.

Parameter

▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
Eingabebild.

▷ **GridRegion** (output_object) ..... region ⇝ *object*
Ausgaberegion die das Entzerrungsgitter enthält.

▷ **MinContrast** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Minimaler Kontrast.
Default: 8.0
Wertevorschläge: `MinContrast` ∈ {2.0, 4.0, 8.0, 16.0, 32.0}
Restriktion: MinContrast >= 0

▷ **Radius** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
Radius der Kreismaske.
Default: 7.5
Wertevorschläge: `Radius` ∈ {1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 7.5, 9.5, 12.5, 15.5, 19.5, 25.5, 33.5, 45.5, 60.5, 110.5}
Restriktion: Radius >= 0.5

Beispiel

```
find_rectification_grid (Image, GridRegion, 8, 10)
dilation_circle (GridRegion, GridRegionDilated, 5.5)
reduce_domain (Image, GridRegionDilated, ImageReduced)
saddle_points_sub_pix (ImageReduced, 'facet', 1.5, 5, Row, Column)
connect_grid_points (ImageReduced, ConnectingLines, Row, Column, 1.1, 5.5)
gen_grid_rectification_map (ImageReduced, ConnectingLines, Map, Meshes, 20, \
                            'auto', Row, Column, 'bilinear')
map_image (Image, Map, ImageMapped)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `find_rectification_grid` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`dilation_circle`, `reduce_domain`

Modul

Calibration

gen_arbitrary_distortion_map (: Map : GridSpacing, Row, Column, GridWidth, ImageWidth, ImageHeight, MapType :)

Berechnet die Abbildung von einem beliebig verzerrten Bild ins entzerrte Bild.

`gen_arbitrary_distortion_map` berechnet die Abbildung `Map` von einem beliebig verzerrten ins entzerrte Bild. Dazu beschreiben die Koordinaten `Row` und `Column` ein (verzerrtes) Punktgitter, das im entzerrten Bild auf ein regelmäßiges Gitter abgebildet wird. Die Koordinaten der Gitterpunkte sind, entsprechend ihrer Anordnung im Punktgitter, zeilenweise von oben nach unten zu übergeben. `GridWidth` ist die Breite des Punktgitters in Gitterpunkten. `GridSpacing` ist der Abstand zweier benachbarter Gitterpunkte im entzerrten Bild. Da Gitterpunkte immer in die Mitte der entsprechenden Pixel projiziert werden, belegt eine Gitterzelle (`GridSpacing` + 1) × (`GridSpacing` + 1) Pixel. Allerdings überlappen sich benachbarte Gitterzellen auch auf einem Pixel Breite.

Darüber hinaus müssen die Breite `ImageWidth` und Höhe `ImageHeight` der zu entzerrenden Bilder übergeben werden, um die Abbildung `Map` zu berechnen.

Der Parameter MapType gibt an, in welchem Typ die Abbildungsvorschrift gespeichert werden soll. Wurde die bilineare Interpolation (*'bilinear'*) gewählt, so besteht Map aus einem Bild mit fünf Kanälen. Der erste Kanal enthält für jedes Pixel des Ergebnisbildes die linearen Koordinaten desjenigen Pixels des Eingabebildes, welches links oberhalb von den transformierten Koordinaten liegt. Die übrigen vier Kanäle enthalten die Gewichte der einzelnen vier Nachbarpixel der transformierten Koordinaten für die bilineare Interpolation in folgender Reihenfolge:

2	3
4	5

Der zweite Kanal z.B. enthält die Gewichte der Pixel, die links oberhalb der transformierten Koordinaten liegen. Wurde *'coord_map_sub_pix'* gewählt, besteht Map aus einem Vektorfeld, welches für jedes Pixel des Ergebnisbildes die subpixelgenauen Koordinaten im Eingabebild enthält.

Aus dem Obigen geht hervor, dass zur Interpolation des Grauwertes eines Pixels im entzerrten Bild immer alle vier benachbarte Pixel im verzerrten Bild benötigt werden. Liegt mindestens eines dieser benachbarten Pixel außerhalb des verzerrten Bildes, so kann der Grauwert nicht berechnet werden. In der resultierenden Map wird der Definitionsbereich entsprechend eingeschränkt.

Im Gegensatz zu gen_grid_rectification_map wird gen_arbitrary_distortion_map verwendet, falls die Koordinaten (Row,Column) der Gitterpunkte im verzerrten Bild schon bekannt sind bzw. die relevanten Bildinhalte schon reguläre, gitterförmige Strukturen aufweisen, aus denen die Koordinaten gewonnen werden können.

Wenn die erzeugte Abbildung in einem anderen Programm wiederverwendet werden soll, kann man sie mit dem Operator write_image als Mehrkanalbild abspeichern (Format: *'tiff'*).

Parameter

- ▷ **Map** (output_object) . . . . . multichannel-image ⇝ *object :* int4 / uint2 / vector_field
  Bild mit Transformationsdaten.
- ▷ **GridSpacing** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Abstand der Gitterpunkte im entzerrten Bild.
  Restriktion: GridSpacing > 0
- ▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinaten der Gitterpunkte im verzerrten Bild.
- ▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinaten der Gitterpunkte im verzerrten Bild.
  Restriktion: number(Row) == number(Column)
- ▷ **GridWidth** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Breite des Punktgitters (Anzahl der Gitterpunkte).
- ▷ **ImageWidth** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
  Breite der zu entzerrenden Bilder.
  Restriktion: ImageWidth > 0
- ▷ **ImageHeight** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
  Höhe der zu entzerrenden Bilder.
  Restriktion: ImageHeight > 0
- ▷ **MapType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Typ der Transformationsdaten.
  Default: 'bilinear'
  Werteliste: MapType ∈ {'bilinear', 'coord_map_sub_pix'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert gen_arbitrary_distortion_map den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

map_image

Siehe auch

create_rectification_grid, find_rectification_grid, connect_grid_points, gen_grid_rectification_map

Modul

Calibration

gen_grid_rectification_map (Image, ConnectingLines : Map, Meshes : GridSpacing, Rotation, Row, Column, MapType :)

Berechnet die Abbildung vom verzerrten ins entzerrte Bild, aufbauend auf den Punkten in einem regulären Gitter.

gen_grid_rectification_map berechnet die Abbildung der (typischerweise mit saddle_points_sub_pix) gefundenen Gitterpunkte (Row,Column) im verzerrten Bild Image in die entsprechenden Gitterpunkte im idealen regelmäßigen Punktgitter. Dazu werden aus den Gitterpunkten (Row,Column) und den (von connect_grid_points gefundenen) Verbindungslinien ConnectingLines alle Pfade gebildet, die von ihrem Ausgangspunkt über genau vier verschiedene Verbindungslinien zum Ausgangspunkt zurück führen. Sofern die Gitterpunkte (Row, Column) und Verbindungslinien ConnectingLines sinnvolle Eingaben waren, entspricht jede solche 'Masche' genau einem Feld im Entzerrungsgitter. Danach werden die gefundenen Maschen zum gesuchten Punktgitter zusammengesetzt. Das Punktgitter wird, je nachdem, welchen Wert Rotation hat, um *0*, *90*, *180* oder *270* Grad gedreht. Dabei ist zu beachten, dass das gefundene Punktgitter nicht notwendigerweise eine korrekte Ausrichtung aufweisen muss. Wird in Rotation *'auto'* übergeben, so wird das Punktgitter so gedreht, dass im entzerrten Bild die schwarze der beiden kreisförmigen Marken im Entzerrungsgitter links neben der weißen zu liegen kommt. Abschließend wird die Abbildung Map vom verzerrten ins entzerrte Bild durch Interpolation zwischen den Gitterpunkten berechnet. Jede Gitterzelle, für die die Koordinaten (Row,Column) aller vier Eckpunkte im verzerrten Bild bekannt sind, wird durch Interpolation auf ein Quadrat von GridSpacing × GridSpacing

Pixeln abgebildet.

Der Parameter MapType gibt an, in welchem Typ die Abbildungsvorschrift gespeichert werden soll. Wurde die bilineare Interpolation (*'bilinear'*) gewählt, so besteht Map aus einem Bild mit fünf Kanälen. Der erste Kanal enthält für jedes Pixel des Ergebnisbildes die linearen Koordinaten desjenigen Pixels des Eingabebildes, welches links oberhalb von den transformierten Koordinaten liegt. Die übrigen vier Kanäle enthalten die Gewichte der einzelnen vier Nachbarpixel der transformierten Koordinaten für die bilineare Interpolation in folgender Reihenfolge:

2	3
4	5

Der zweite Kanal z.B. enthält die Gewichte der Pixel, die links oberhalb der transformierten Koordinaten liegen. Wurde *'coord_map_sub_pix'* gewählt, besteht Map aus einem Vektorfeld, welches für jedes Pixel des Ergebnisbildes die subpixelgenauen Koordinaten im Eingabebild enthält.

gen_grid_rectification_map liefert auch die gefundenen Maschen, als XLD-Konturen, in Meshes zurück. Im Gegensatz zu gen_arbitrary_distortion_map werden gen_grid_rectification_map und die Vorgängerfunktionen verwendet, falls die Koordinaten (Row,Column) der Gitterpunkte im verzerrten Bild weder bekannt sind noch aus den Bildinhalten gewonnen werden können.

Wenn die erzeugte Abbildung in einem anderen Programm wiederverwendet werden soll, kann man sie mit dem Operator write_image als Mehrkanalbild abspeichern (Format: *'tiff'*).

Achtung

Jede Eingabekontur ConnectingLines muss, so wie bei connect_grid_points beschrieben, das globale Attribut *'bright_dark'* besitzen!

Parameter

- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild.
- ▷ **ConnectingLines** (input_object) ..... xld-array ⇝ *object*
  Eingabekonturen.

▷ **Map** (output_object) . . . . . multichannel-image ⇝ *object :* int4 / uint2 / vector_field
Bild mit Transformationsdaten.

▷ **Meshes** (output_object) . . . . . xld-array ⇝ *object*
Ausgabekonturen.

▷ **GridSpacing** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Abstand der Gitterpunkte im entzerrten Bild.
Restriktion: GridSpacing > 0

▷ **Rotation** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer
Drehung, die am Punktgitter vorgenommen wird.
Default: 'auto'
Werteliste: `Rotation` ∈ {'auto', 0, 90, 180, 270}

▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten der Gitterpunkte.

▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten der Gitterpunkte.
Restriktion: number(Column) == number(Row)

▷ **MapType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Typ der Transformationsdaten.
Default: 'bilinear'
Werteliste: `MapType` ∈ {'bilinear', 'coord_map_sub_pix'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_grid_rectification_map` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`connect_grid_points`

Nachfolger

`map_image`

Siehe auch

`gen_arbitrary_distortion_map`

Modul

Calibration

27.4 Hintergrundschätzer

close_bg_esti (: : BgEstiHandle :)

Löscht Hintergrundschätzer Datensatz.

`close_bg_esti` gibt den Speicherplatz des Hintergrundschätzer Datensatzes frei.

Parameter

▷ **BgEstiHandle** (input_control) . . . . . bg_estimation ⇝ *handle*
ID des BgEsti-Datensatzes.

Beispiel

```
* Read image for initialization:
read_image (InitImage, 'xing/init')
```

```
* Initialize BgEsti dataset with
* fixed gains and threshold adaption:
create_bg_esti(InitImage,0.7,0.7,'fixed',0.002,0.02, \
               'on',7.0,10,3.25,15.0,BgEstiHandle)
* Read the next image in sequence:
read_image(Image0, 'xing/xing001')
* Estimate the background:
run_bg_esti(Image0,ForegroundRegion1,BgEstiHandle)
* Display the foreground region:
dev_display (ForegroundRegion1)
* Read the next image in sequence:
read_image(Image1, 'xing/xing002')
* Estimate the background:
run_bg_esti(Image1,ForegroundRegion2,BgEstiHandle)
* Display the foreground region:
dev_display (ForegroundRegion2)
* etc.
* - End of background estimation -
* Close the dataset:
close_bg_esti(BgEstiHandle)
```

Ergebnis

`close_bg_esti` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- BgEstiHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`run_bg_esti`

Siehe auch

`create_bg_esti`

Modul

Foundation

create_bg_esti (InitializeImage : : Syspar1, Syspar2, GainMode, Gain1, Gain2, AdaptMode, MinDiff, StatNum, ConfidenceC, TimeC : BgEstiHandle)

Erzeugt Datensatz für Hintergrundschätzer und belegt diesen mit Parametern.

`create_bg_esti` legt einen neuen Datensatz für die Hintergrundschätzung an und belegt diesen mit den übergebenen Parametern. Zu diesem Datensatz gehört auch das geschätzte Hintergrundbild. Der erzeugte Datensatz wird automatisch der aktuelle Datensatz.

Mit `InitializeImage` wird eine Anfangsvorhersage für das Hintergrundbild festgelegt. Es ist sinnvoll eine Aufnahme der Szene ohne bewegte Objekte zu übergeben, so dass eine geringe Adaption für den Vordergrund gewählt werden kann. Falls keine Aufnahme der leeren Szene zur Verfügung steht, kann z.B. ein Grauwertbild übergeben werden. Es muss dann allerdings eine schnellere Adaption für den Vordergrund gewählt werden, da alle Bildbereiche zunächst als Vordergrund erkannt werden. Das Initialisierungsbild muss ein Bild vom Typ `byte` oder

real sein. Ferner werden nur einkanalige Bilder verarbeitet, daher muss für jeden Kanal ein eigener Datensatz aufgebaut werden. Mit dem InitializeImage wird die Größe und der aktuelle Ausschnitt (Region) für alle Hintergrundschätzungen (run_bg_esti), die mit diesem Datensatz durch geführt werden, festgelegt.

Syspar1 und Syspar2 sind die Parameter der Systemmatrix. Die Systemmatrix beschreibt das System der Grauwertveränderungen entsprechend der Kalmanfilter-Theorie. Im Hintergrundschätzer ist für jedes Pixel ein solches System realisiert.

Mit GainMode wird bestimmt, ob ein festes Kalman-Gain für die Schätzung verwendet werden soll oder ob das Gain in Abhängigkeit der Grauwertdifferenz zwischen Vorhersage und Messwert verwendet werden soll. Wird GainMode = *'fixed'* gewählt, so ist Gain1 der Kalmangain, der bei der Schätzung für Pixel, die Vordergrund detektiert wurden, verwendet wird und Gain2 ist der Kalmangain, der bei der Schätzung für Pixel, die als Hintergrund detektiert wurden, verwendet wird. Gain1 ist sinnvollerweise kleiner als Gain2, denn die vollständige Adaption des Vordergrundes sollte langsamer als die Adaption des Hintergrundes erreicht sein. Feste Gains sind sinnvoll, wenn mit dem Hintergrundschätzer Regionen mit Bewegung gefunden werden sollen und somit Gain1 sehr klein oder *0.0* gewählt wurde. Gain1 und Gain2 sollten hier zwischen *0.0* und *1.0* gewählt werden.

Wird GainMode = *'frame'* gewählt, so wird für die Vordergrundschätzung, sowie für die Hintergrundschätzung eine Tabelle mit Kalmangains für alle 256 möglichen Grauwertdifferenzen bestimmt. Mit Gain1 und Gain2 wird dann die Anzahl der Frames angegeben, die benötigt werden, um eine Abweichung zwischen dem vorhergesagten und dem gemessenen Wert zu adaptieren. Es ist einleuchtend, dass bei gleicher Adaptionszeit (Anzahl der Frames) bei einer großen Differenz ein größeres Kalmangain benötigt wird als bei einer kleinen Differenz. Gain1 ist hier sinnvollerweise größer als Gain2, denn die Adaptionszeit für die Vordergrundadaption sollte länger sein, als die der Hintergrundadaption. Unterschiedliche Gains für verschiedene Grauwertdifferenzen sind sinnvoll, wenn der Hintergrundschätzer zur Aufnahme der 'leeren Szene' verwendet wird, d.h. wenn sich im Aufnahmebereich ständig Objekte bewegen und ein Bild des reinen Hintergrundes erstellt werden muss. Hierzu darf dann die Adaptionszeit für den Vordergrund (Gain1) nicht zu groß gewählt werden. Gain1 und Gain2 sollten hier größer als *1.0* gewählt werden.

Mit AdaptMode wird festgelegt, ob der Schwellenwert, der auf die Grauwertdifferenz zwischen Messwert und Schätzwert angewendet wird, fest ist oder entsprechend der Streuung der Grauwerte der als Hintergrund detektierten Pixel verändert wird.

Wenn AdaptMode = *'off'* gewählt wird, wird mit MinDiff die absolute Schwelle angegeben.Die Parameter StatNum, ConfidenceC und TimeC sind hier ohne Bedeutung.

Wenn AdaptMode = *'on'* gewählt wird, wird mit MinDiff eine Basisschwelle angegeben, auf die, entsprechend der statistischen Auswertung der Grauwertverteilung über die Zeit in jedem Bildpunkt, ein Offset hinzu addiert wird. Mit StatNum gibt man die Anzahl der statistischen Datensätze an, d.h. wie viele der vergangenen Frames zur Berechnung der Varianz verwendet werden sollen (FIR-Filter). Mit ConfidenceC gibt man die Konfidenzkonstante an, die zur Bestimmung des Konfidenzintervalls dient. Mit dem Konfidenzintervall werden die Werte für die Hintergrundstatistik nachgeführt, wenn der Bereich durch ein Objekt im Vordergrund verdeckt ist, d.h. das Pixel als Vordergrund detektiert ist. Entsprechend der Studentsche t-Verteilung ist die Konfidenzkonstante *4.30* (*3.25*, *2.82*, *2.26*) für ein *99,8%* (*99,0%*, *98,0%*, *95,0%*) Konfidenzintervall. Mit TimeC gibt man eine Zeitkonstante für die e-Funktion an, mit der die Schwelle im Fall der Vordergrunddetektion angehoben werden soll. Dies bedeutet, dass die Schwelle in den Bereichen, in denen Bewegung im Vordergrund detektiert wurde, angehoben wird, damit bei anschließendem wieder freigegebenem Blick auf den Hintergrund die Toleranz (Schwelle) für Beleuchtungsänderungen gestiegen ist. Dies ist nötig, da man in der Zeit, in der der Hintergrund verdeckt ist keine Aussage über die Beleuchtungsänderungen im Hintergrund, machen kann und somit das geschätzte Hintergrundbild auch nicht adaptieren kann.

Achtung

Wenn für GainMode = *'frame'* gewählt wurde, kann bei der Wahl von großen Werten für Gain1 oder Gain2 die Laufzeit sehr groß werden, da die Werte für die Gaintabelle mit einem eindimensionalen Optimierer (binäre Suche) bestimmt werden.

Parameter

▷ **InitializeImage** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / real
Initialisierungsbild.

▷ **Syspar1** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
1. Parameter der Systemmatrix.
Default: 0.7
Wertevorschläge: Syspar1 ∈ {0.65, 0.7, 0.75}
Wertebereich: 0.05 ≤ Syspar1 ≤ 1.0
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **Syspar2** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
2. Parameter der Systemmatrix.
Default: 0.7
Wertevorschläge: Syspar2 ∈ {0.65, 0.7, 0.75}
Wertebereich: 0.05 ≤ Syspar2 ≤ 1.0
Empfohlene Schrittweite: 0.05

▷ **GainMode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Gains.
Default: 'fixed'
Werteliste: GainMode ∈ {'fixed', 'frame'}

▷ **Gain1** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Kalmangain / Adaptionszeit für Vordergrund.
Default: 0.002
Wertevorschläge: Gain1 ∈ {10.0, 20.0, 50.0, 0.1, 0.05, 0.01, 0.005, 0.001}
Restriktion: 0.0 <= Gain1

▷ **Gain2** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Kalmangain / Adaptionszeit für Hintergrund.
Default: 0.02
Wertevorschläge: Gain2 ∈ {2.0, 4.0, 8.0, 0.5, 0.1, 0.05, 0.01}
Restriktion: 0.0 <= Gain2

▷ **AdaptMode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Adaption der Schwelle.
Default: 'on'
Werteliste: AdaptMode ∈ {'on', 'off'}

▷ **MinDiff** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Schwelle, für Vordergrund / Hintergrund.
Default: 7.0
Wertevorschläge: MinDiff ∈ {3.0, 5.0, 7.0, 9.0, 11.0}
Empfohlene Schrittweite: 0.2

▷ **StatNum** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl statistischer Datensätze.
Default: 10
Wertevorschläge: StatNum ∈ {5, 10, 20, 30}
Wertebereich: 1 ≤ StatNum
Empfohlene Schrittweite: 5

▷ **ConfidenceC** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Konfidenzkonstante.
Default: 3.25
Wertevorschläge: ConfidenceC ∈ {4.30, 3.25, 2.82, 2.62}
Empfohlene Schrittweite: 0.01
Restriktion: 0.0 < ConfidenceC

▷ **TimeC** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Abklingkonstante.
Default: 15.0
Wertevorschläge: TimeC ∈ {10.0, 15.0, 20.0}
Empfohlene Schrittweite: 5.0
Restriktion: 0.0 < TimeC

▷ **BgEstiHandle** (output_control) . . . . . bg_estimation ⇝ *handle*
ID des BgEsti-Datensatzes.

Beispiel

```
* read Init-Image:
```

```
read_image (InitImage, 'xing/init')
* initialize 1. BgEsti-Dataset with
* fixed gains and threshold adaption:
create_bg_esti(InitImage,0.7,0.7,'fixed',0.002,0.02, \
               'on',7.0,10,3.25,15.0,BgEstiHandle1)
* initialize 2. BgEsti-Dataset with
* frame orientated gains and fixed threshold
create_bg_esti(InitImage,0.7,0.7,'frame',30.0,4.0, \
               'off',9.0,10,3.25,15.0,BgEstiHandle2)
```

Ergebnis

`create_bg_esti` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`run_bg_esti`

Siehe auch

`set_bg_esti_params`, `close_bg_esti`

Modul

Foundation

get_bg_esti_params (: : BgEstiHandle : Syspar1, Syspar2, GainMode, Gain1, Gain2, AdaptMode, MinDiff, StatNum, ConfidenceC, TimeC)

Gibt die Parameter des Datensatzes aus.

Mit `get_bg_esti_params` werden die Parameter des Datensatz ausgegeben. Die zurückgegebenen Parameter sind identisch mit denen für `create_bg_esti` und `set_bg_esti_params` (Erklärung siehe dort).

Parameter

- ▷ **BgEstiHandle** (input_control) ..... bg_estimation ⇝ *handle*
  ID des BgEsti-Datensatzes.
- ▷ **Syspar1** (output_control) ..... real ⇝ *real*
  1. Parameter der Systemmatrix.
- ▷ **Syspar2** (output_control) ..... real ⇝ *real*
  2. Parameter der Systemmatrix.
- ▷ **GainMode** (output_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der Gains.
- ▷ **Gain1** (output_control) ..... real ⇝ *real*
  Kalmangain / Adaptionszeit für Vordergrund.
- ▷ **Gain2** (output_control) ..... real ⇝ *real*
  Kalmangain / Adaptionszeit für Hintergrund.
- ▷ **AdaptMode** (output_control) ..... string ⇝ *string*
  Adaption der Schwelle.
- ▷ **MinDiff** (output_control) ..... real ⇝ *real*
  Schwelle, für Vordergrund / Hintergrund.
- ▷ **StatNum** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl statistischer Datensätze.

▷ **ConfidenceC** (output_control) ..... real ⇝ *real*
Konfidenzkonstante.

▷ **TimeC** (output_control) ..... real ⇝ *real*
Abklingkonstante.

Beispiel

```
* Read image for initialization:
read_image(InitImage,'xing/init')
* Initialize BgEsti dataset with
* fixed gains and threshold adaption:
create_bg_esti(InitImage,0.7,0.7,'fixed',0.002,0.02, \
               'on',7.0,10,3.25,15.0,BgEstiHandle)
* Read the next image in sequence:
read_image(Image0,'xing/xing000')
* Estimate the background:
run_bg_esti(Image0,ForegroundRegion1,BgEstiHandle)
* Display the foreground region:
dev_display (ForegroundRegion1)
* Read the next image in sequence:
read_image(Image1,'xing/xing001')
* Estimate the background:
run_bg_esti(Image1,ForegroundRegion2,BgEstiHandle)
* Display the foreground region:
dev_display (ForegroundRegion2)
* etc.
* Change only the gain parameter in dataset:
get_bg_esti_params(BgEstiHandle, Syspar1, Syspar2, \
                   GainMode, Gain1, Gain2, AdaptMode,\
                   MinDiff, StatNum, ConfidenceC, TimeC)
set_bg_esti_params(BgEstiHandle, Syspar1, Syspar2, \
                   GainMode, 0.004, 0.08, AdaptMode,\
                   MinDiff, StatNum, ConfidenceC, TimeC)
* Read the next image in sequence:
read_image(Image3,'xing/xing003')
* Estimate the background:
run_bg_esti(Image3,ForegroundRegion3,BgEstiHandle)
* Display the foreground region:
dev_display(ForegroundRegion3)
* etc
```

Ergebnis

`get_bg_esti_params` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_bg_esti`

Nachfolger

`run_bg_esti`

Siehe auch

`set_bg_esti_params`

Modul

Foundation

give_bg_esti (: BackgroundImage : BgEstiHandle :)

Liefert geschätztes Hintergrundbild.

give_bg_esti liefert das im aktuellen BgEsti-Datensatz gespeicherte Hintergrundbild. Das Hintergrundbildes ist vom gleichen Typ und gleicher Größe, wie das bei create_bg_esti angegebene Initialisierungsbild.

Parameter

- ▷ **BackgroundImage** (output_object) ..... image ⇝ *object :* byte / real
  geschätztes Hintergrundbild aus aktuellem BgEsti-Datensatz.
- ▷ **BgEstiHandle** (input_control) ..... bg_estimation ⇝ *handle*
  ID des BgEsti-Datensatzes.

Beispiel

```
* Read image for initialization:
read_image(InitImage,'xing/init')
* Initialize BgEsti dataset with
* fixed gains and threshold adaption:
create_bg_esti(InitImage,0.7,0.7,'fixed',0.002,0.02, \
               'on',7.0,10,3.25,15.0,BgEstiHandle)
* Read the next image in sequence:
read_image(Image0,'xing/xing000')
* Estimate the background:
run_bg_esti(Image0,ForegroundRegion1,BgEstiHandle)
* Give the background image from the aktive dataset:
give_bg_esti(BgImage,BgEstiHandle)
* Display the background image:
dev_display(BgImage)
```

Ergebnis

give_bg_esti liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

run_bg_esti

Nachfolger

run_bg_esti, create_bg_esti, update_bg_esti

Siehe auch

run_bg_esti, update_bg_esti, create_bg_esti

Modul

Foundation

run_bg_esti (PresentImage : ForegroundRegion : BgEstiHandle :)

Schätzt den Hintergrund und liefert Vordergrund-Region.

run_bg_esti adaptiert mit einem Kalman-Filter das im angegebenen Datensatz liegende Hintergrundbild und liefert eine Region des Vordergrundes (Bereich bewegter Objekte) zurück.

Es wird für jedes Pixel anhand der Daten im aktuellen Datensatz eine Vorhersage des Grauwertes bestimmt und diese dann mit dem Wert im aktuellen Bild (PresentImage) verglichen. Mit dem Schwellenwert (fest oder adaptiv, siehe create_bg_esti) werden die Pixel in Vordergrund oder Hintergrund klassifiziert.

Es werden nur einkanalige Bilder verarbeitet, daher muss der Hintergrund für jeden Kanal einzeln adaptiert werden. Hierzu müssen mehrere Datensätze mit `create_bg_esti` aufgebaut werden.

Empfehlenswert ist es, den Hintergrundschätzer nur auf der Hälfte oder sogar nur auf einem Viertel der Originalbildgröße anzuwenden. Hierzu muss das Originalbild zunächst mit `zoom_image_factor` verkleinert werden (dies gilt auch für das Initialisierungsbild bei `create_bg_esti`). Der Vorteil ist auf der einen Seite die reduzierte Laufzeit und auf der anderen Seite ist das Bild durch die Verkleinerung Tiefpass-gefiltert. Dadurch sind hochfrequente Störungen, wie Kamerarauschen herausgefiltert und stören somit auch nicht bei der Adaption des Hintergrundbildes. Es ist somit möglich die Schwelle (siehe `create_bg_esti`) geringer zu wählen. Die von `run_bg_esti` zurückgelieferte `ForegroundRegion` muss dann natürlich für die Auswertung (Bereiche mit Bewegung) mit `zoom_region` wieder um den gleichen Faktor vergrößert werden.

Achtung

Das übergebene Bild (`PresentImage`) muss von gleichem Typ und gleicher Größe sein, wie das im aktuellen Datensatz abgelegte Hintergrundbild (festgelegt mit `create_bg_esti`).

Parameter

- ▷ **`PresentImage`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / real
  Aktuelles Bild.
- ▷ **`ForegroundRegion`** (output_object) ..... region ⇝ *object*
  Region der als Vordergrund detektierten Bereiche.
- ▷ **`BgEstiHandle`** (input_control) ..... bg_estimation ⇝ *handle*
  ID des BgEsti-Datensatzes.

Beispiel

```
* Read image for initialization:
read_image(InitImage,'xing/init')
* Initialize BgEsti dataset with
* fixed gains and threshold adaption:
create_bg_esti(InitImage,0.7,0.7,'fixed',0.002,0.02, \
               'on',7.0,10,3.25,15.0,BgEstiHandle)
* Read the next image in sequence:
read_image(Image0,'xing/xing000')
* Estimate the background:
run_bg_esti(Image0,ForegroundRegion1,BgEstiHandle)
* Display the foreground region:
dev_display (ForegroundRegion1)
* Read the next image in sequence:
read_image(Image1,'xing/xing001')
* Estimate the background:
run_bg_esti(Image1,ForegroundRegion2,BgEstiHandle)
* Display the foreground region:
dev_display (ForegroundRegion2)
* etc.
```

Ergebnis

`run_bg_esti` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_bg_esti`, `update_bg_esti`

Nachfolger

`give_bg_esti`, `update_bg_esti`

Siehe auch

set_bg_esti_params, create_bg_esti, update_bg_esti, give_bg_esti

Modul

Foundation

set_bg_esti_params (: : BgEstiHandle, Syspar1, Syspar2, GainMode, Gain1, Gain2, AdaptMode, MinDiff, StatNum, ConfidenceC, TimeC :)

Ändert im Datensatz die Parameter.

Mit set_bg_esti_params werden die Parameter im Datensatz verändert. Die übergebenen Parameter sind identisch mit denen für create_bg_esti (Erklärung siehe dort).

Das Bildformat kann jedoch nicht geändert werden, hierfür muss ein neuer Datensatz angelegt werden, bei dem das Initialisierungsbild das gewünschte Format hat.

Soll das Hintergrundbild komplett ausgetauscht werden, so muss update_bg_esti verwendet werden. Es muss dann sowohl für das Eingabebild und auch für die Up-Date-Region das aktuelle Bild angegeben werden.

Achtung

Wenn GainMode = *'frame'* gewählt wurde, kann bei der Wahl von großen Werten für Gain1 oder Gain2 die Laufzeit sehr groß werden, da die Werte für die Gaintabelle mit einem eindimensionalen Optimierer (binäre Suche) bestimmt werden.

Parameter

- ▷ **BgEstiHandle** (input_control) . . . . . bg_estimation ⇝ *handle*
  ID des BgEsti-Datensatzes.
- ▷ **Syspar1** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  1. Parameter der Systemmatrix.
  Default: 0.7
  Wertevorschläge: Syspar1 ∈ {0.65, 0.7, 0.75}
  Wertebereich: 0.05 ≤ Syspar1 ≤ 1.0
  Empfohlene Schrittweite: 0.05
- ▷ **Syspar2** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  2. Parameter der Systemmatrix.
  Default: 0.7
  Wertevorschläge: Syspar2 ∈ {0.65, 0.7, 0.75}
  Wertebereich: 0.05 ≤ Syspar2 ≤ 1.0
  Empfohlene Schrittweite: 0.05
- ▷ **GainMode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Art der Gains.
  Default: 'fixed'
  Werteliste: GainMode ∈ {'fixed', 'frame'}
- ▷ **Gain1** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Kalmangain / Adaptionszeit für Vordergrund.
  Default: 0.002
  Wertevorschläge: Gain1 ∈ {10.0, 20.0, 50.0, 0.1, 0.05, 0.01, 0.005, 0.001}
  Restriktion: 0.0 <= Gain1
- ▷ **Gain2** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Kalmangain / Adaptionszeit für Hintergrund.
  Default: 0.02
  Wertevorschläge: Gain2 ∈ {2.0, 4.0, 8.0, 0.5, 0.1, 0.05, 0.01}
  Restriktion: 0.0 <= Gain2
- ▷ **AdaptMode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Adaption der Schwelle.
  Default: 'on'
  Werteliste: AdaptMode ∈ {'on', 'off'}

▷ **MinDiff** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Schwelle, für Vordergrund / Hintergrund.
Default: 7.0
Wertevorschläge: MinDiff ∈ {3.0, 5.0, 7.0, 9.0, 11.0}
Empfohlene Schrittweite: 0.2

▷ **StatNum** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl statistischer Datensätze.
Default: 10
Wertevorschläge: StatNum ∈ {5, 10, 20, 30}
Wertebereich: 1 ≤ StatNum
Empfohlene Schrittweite: 5

▷ **ConfidenceC** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Konfidenzkonstante.
Default: 3.25
Wertevorschläge: ConfidenceC ∈ {4.30, 3.25, 2.82, 2.62}
Empfohlene Schrittweite: 0.01
Restriktion: 0.0 < ConfidenceC

▷ **TimeC** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Abklingkonstante.
Default: 15.0
Wertevorschläge: TimeC ∈ {10.0, 15.0, 20.0}
Empfohlene Schrittweite: 5.0
Restriktion: 0.0 < TimeC

Beispiel

```
* Read image for initialization:
read_image(InitImage,'xing/init')
* Initialize BgEsti dataset with
* fixed gains and threshold adaption:
create_bg_esti(InitImage,0.7,0.7,'fixed',0.002,0.02, \
               'on',7.0,10,3.25,15.0,BgEstiHandle)
* Read the next image in sequence:
read_image(Image0,'xing/xing000')
* Estimate the background:
run_bg_esti(Image0,ForegroundRegion1,BgEstiHandle)
* Display the foreground region:
dev_display (ForegroundRegion1)
* Read the next image in sequence:
read_image(Image1,'xing/xing001')
* Estimate the background:
run_bg_esti(Image1,ForegroundRegion2,BgEstiHandle)
* Display the foreground region:
dev_display (ForegroundRegion2)
* etc.
* Change parameter in dataset:
set_bg_esti_params(BgEstiHandle,0.7,0.7,'fixed', \
                   0.004,0.08,'on',9.0,10,3.25,20.0)
* Read the next image in sequence:
read_image(Image2,'xing/xing002')
* Estimate the background:
run_bg_esti(Image2,ForegroundRegion3,BgEstiHandle)
* Display the foreground region:
dev_display(ForegroundRegion3)
* etc.
```

Ergebnis

set_bg_esti_params liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_bg_esti`

Nachfolger

`run_bg_esti`

Siehe auch

`update_bg_esti`

Modul

Foundation

update_bg_esti (PresentImage, UpDateRegion : : BgEstiHandle :)

Verändert geschätztes Hintergrundbild.

`update_bg_esti` überschreibt das im BgEsti-Datensatz gespeicherte Hintergrundbild in den durch `UpDateRegion` festgelegten Bereichen durch die Grauwerte aus `PresentImage`. Dies kann zur „harten“ Adaption verwendet werden, d.h. Bildbereiche, in denen sich der Hintergrund stark verändert hat, können hiermit schnell adaptiert werden.

Achtung

Das übergebene Bild (`PresentImage`) muss vom gleichen Typ und gleicher Größe sein, wie das im aktuellen Datensatz abgelegte Hintergrundbild (festgelegt mit `create_bg_esti`).

Parameter

- ▷ **PresentImage** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / real
  Aktuelles Bild.
- ▷ **UpDateRegion** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Region, die zu verändernde Bereiche beschreibt.
- ▷ **BgEstiHandle** (input_control) ..... bg_estimation ⇝ *handle*
  ID des BgEsti-Datensatzes.

Beispiel

```
* read Init-Image:
read_image(InitImage,'xing/init')
* initialize BgEsti-Dataset with
* fixed gains and threshold adaption
create_bg_esti(InitImage,0.7,0.7,'fixed',0.002,0.02, \
               'on',7,10,3.25,15.0,BgEstiHandle)
* read the next image in sequence:
read_image(Image0,'xing/xing000')
* estimate the Background:
run_bg_esti(Image0,Region1,BgEstiHandle)
* use the Region and the information of a knowledge base
* to calculate the UpDateRegion
update_bg_esti(Image0,UpdateRegion,BgEstiHandle)
* then read the next image in sequence:
read_image(Image1,'xing/xing001')
* estimate the Background:
run_bg_esti(Image1,Region2,BgEstiHandle)
* etc.
```

Ergebnis

`update_bg_esti` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameter korrekt sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

run_bg_esti

Nachfolger

run_bg_esti

Siehe auch

run_bg_esti, give_bg_esti

Modul

Foundation

27.5 Hough

hough_circle_trans (Region : HoughImage : Radius :)

Liefert die Hough-Transformation für Kreise mit dem angegebenen Radius.

hough_circle_trans berechnet für die in Region übergebenen Regionen die Hough-Transformation für Kreise mit einem bestimmten Radius. Dabei werden im Parameterraum (bzw. Hough- oder Akkumulatorraum) die Mittelpunkte aller möglichen Kreise für jeden Punkt im Bildraum akkumuliert. Kreise, die durch viele Punkte der Eingabe-Region gestützt werden, erzeugen so im Ergebnisbild (HoughImage) ein Maximum an der den Kreismittelpunkt beschreibenden Stelle. Aus den Koordinaten dieser Maxima ergeben sich durch Subtraktion des Radius die Mittelpunkte der Kreise im Bildraum. Werden mehrere Radien übergeben, sind alle Hough-Bilder um den maximalen Radius verschoben.

Parameter

▷ **Region** (input_object) . . . . . region ⇝ *object*
Binäres Kantenbild, in dem Kreise gefunden werden sollen.

▷ **HoughImage** (output_object) . . . . . image(-array) ⇝ *object :* int2
Hough-Transformierte für Kreise mit dem angegebenen Radius.
Parameteranzahl: HoughImage == Radius

▷ **Radius** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Radius des Kreises, nach dem im Bild gesucht werden soll.
Parameteranzahl: 1 <= Radius <= 500
Default: 12
Wertebereich: 3 ≤ Radius (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

Ergebnis

hough_circle_trans liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

hough_circles (RegionIn : RegionOut : Radius, Percent, Mode :)

Mittelpunkt von Kreisen für einem bestimmten Radius.

hough_circles findet den Mittelpunkt von Kreisen in Regionen mit Hilfe der Hough-Transformation für Kreise mit einem bestimmten Radius.

Parameter

▷ **RegionIn** (input_object) ..... region ⇝ *object*
Binäres Kantenbild, in dem Kreise gefunden werden sollen.

▷ **RegionOut** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
Mittelpunkte der Kreise, die mit Percent Prozent im Kantenbild enthalten sind.
Parameteranzahl: RegionOut == Radius * Percent * Mode

▷ **Radius** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Radius des Kreises, nach dem im Bild gesucht werden soll.
Parameteranzahl: 1 <= Radius <= 500
Default: 12
Wertebereich: 2 ≤ Radius ≤ 500 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 1

▷ **Percent** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Gibt an, wie viel Prozent des (idealen) Kreises im Kantenbild RegionIn enthalten sein müssen (ca.-Angabe).
Parameteranzahl: 1 <= Percent <= 100
Default: 60
Wertebereich: 10 ≤ Percent ≤ 100 (lin)
Minimale Schrittweite: 1
Empfohlene Schrittweite: 5

▷ **Mode** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Der Modus definiert die Lage der gesuchten Kreise:
0 - Radius entspricht dem äußerem Rand der gesetzten Pixel.
1 - Radius entspricht den Mittelpunkten der Pixel der Kreislinie.
2 - 0 und 1 zusammen (etwas unschärfer, dadurch aber auch sicherer gegenüber etwas anders gesetzten Kreisen, 50 % höherer Rechenaufwand als 0 und 1).
Parameteranzahl: 1 <= Mode <= 3
Werteliste: Mode ∈ {0, 1, 2}

Ergebnis

hough_circles liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

hough_line_trans (Region : HoughImage : AngleResolution :)

Liefert die Hough-Transformation für Linien in Regionen.

hough_line_trans berechnet für die in Region übergebenen Regionen die Hough-Transformation für Linien. Dabei werden im Parameterraum (bzw. Hough- oder Akkumulatorraum) Winkel und Länge der Normalenvektoren der Linien eingetragen, d.h. die Parametrisierung der Linien erfolgt in der Hesseschen Normalform.

Das Ergebnis wird in ein neu erzeugtes Int2-Image (HoughImage) eingetragen, bei dem die X-Achse dem Winkel des Normalenvektors zur X-Achse (im Ausgangsbild) und die Y-Achse dem Abstand der Linie vom Ursprung entspricht.

Der Winkel läuft von -90 Grad bis 180 Grad, und wird mit einer Auflösung von $1/$AngleResolution eingetragen, das bedeutet, dass ein Pixel in X-Richtung $1/$AngleResolution Grad entspricht und dass das HoughImage $270 *$ AngleResolution $+ 1$ Pixel breit ist. Die Höhe von HoughImage entspricht dem Abstand der unteren rechten Ecke des umschließenden Rechtecks der Eingabe-Region vom Ursprung.

Die Maxima im Ergebnisbild entsprechen den Parameterwerten der Linien im Ausgangsbild.

Parameter

- ▷ **Region** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Binäres Kantenbild, in dem Linien gefunden werden sollen.
- ▷ **HoughImage** (output_object) ..... image ⇝ *object :* int2
  Hough-Transformierte für Linien.
- ▷ **AngleResolution** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Einstellen der Auflösung im Winkelbereich.
  Default: 4
  Werteliste: AngleResolution ∈ {1, 2, 4, 8}

Ergebnis

hough_line_trans liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

threshold, skeleton

Nachfolger

threshold, local_max

Siehe auch

hough_circle_trans, gen_region_hline

Modul

Foundation

hough_line_trans_dir (ImageDir : HoughImage : DirectionUncertainty, AngleResolution :)

Berechnung der Hough-Transformation für Linien unter Berücksichtigung der lokalen Gradientenrichtung.

hough_line_trans_dir berechnet für die durch den Definitionsbereich von ImageDir übergebene Region die Hough-Transformation für Linien. Dabei werden im Parameterraum (bzw. Hough- oder Akkumulatorraum) Winkel und Länge der Normalenvektoren der Linien eingetragen.

Im Unterschied zu hough_line_trans wird hier jedoch zusätzlich die in ImageDir übergebene Kantenrichtung berücksichtigt, die z.B. mit Hilfe von sobel_dir oder edges_image bestimmt werden kann. Dies führt zu einer effizienteren Berechnung und zu einer Reduktion des Rauschens im Hough-Raum.

Der Parameter DirectionUncertainty beschreibt hierbei, wie stark die Kantenrichtung der einzelnen Punkte innerhalb einer Linie variieren darf. Ist z.B. DirectionUncertainty = *10*, werden einer waagrechten Linie (d.h. Kantenrichtung = 0 Grad) nur Punkte mit einer Kantenrichtung zwischen -10 und +10 Grad zugeordnet. Je größer DirectionUncertainty gewählt wird desto langsamer ist die Berechnung; für DirectionUncertainty = *180* entspricht das Verhalten von hough_line_trans_dir dem von hough_line_trans, d.h. die Kantenrichtung wird ignoriert. DirectionUncertainty sollte mindestens so groß gewählt werden wie die Winkelschrittweite, in der die Kantenrichtungen in ImageDir gespeichert werden; die minimale Schrittweite beträgt 2 Grad (vorgegeben vom Bildtyp 'direction').

Das Ergebnis wird in ein neu erzeugtes UINT2-Image (HoughImage) eingetragen, bei dem die x-Achse (Spalten) dem Winkel des Normalenvektors zur x-Achse des Ausgangsbildes und die y-Achse (Zeilen) dem Abstand der Linie vom Ursprung entspricht.

Der Winkel läuft von -90 Grad bis 180 Grad, und wird mit einer Auflösung von $1/$AngleResolution eingetragen. Das bedeutet, dass ein Pixel in x-Richtung $1/$AngleResolution Grad entspricht und dass das HoughImage $270 *$ AngleResolution $+ 1$ Pixel breit ist. Die Höhe von HoughImage entspricht dem Abstand der unteren rechten Ecke des umschließenden Rechtecks der Eingabe-Region vom Ursprung.

Die Maxima im Ergebnisbild entsprechen den Parameterwerten der Linien im Ausgangsbild.

Parameter

- ▷ **ImageDir** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* direction
  Kantenrichtungsbild mit auf die Kanten eingeschränktem Definitionsbereich.
- ▷ **HoughImage** (output_object) ..... image ⇝ *object :* uint2
  Hough-Transformation.
- ▷ **DirectionUncertainty** (input_control) ..... angle.deg ⇝ *integer*
  Kantenungenauigkeit (in Grad).
  Default: 2
  Wertebereich: $2 \leq$ DirectionUncertainty ≤ 180
  Minimale Schrittweite: 2
- ▷ **AngleResolution** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Auflösung im Winkelbereich (in 1/Grad).
  Default: 4
  Werteliste: AngleResolution $\in \{1, 2, 4, 8\}$

Ergebnis

hough_line_trans_dir liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

edges_image, sobel_dir, threshold, hysteresis_threshold, nonmax_suppression_dir, reduce_domain

Nachfolger

binomial_filter, gauss_filter, threshold, local_max, plateaus_center

Siehe auch

hough_line_trans, hough_lines, hough_lines_dir

Modul

Foundation

hough_lines (RegionIn : : AngleResolution, Threshold, AngleGap, DistGap : Angle, Dist)

Findet Linien in Kantenbildern mit Hilfe der Hough-Transformation und liefert sie in Hessescher Normalform zurück.

Mit Hilfe von hough_lines können in einer Region linienhafte Strukturen selektiert werden. Dabei müssen die einzelnen Punkte einer Linie nicht zusammenhängen. Das Verfahren basiert auf der Hough-Transformation.

Mit AngleResolution wird die Genauigkeit bei der Bestimmung der Winkel definiert. Sie beträgt 1/AngleResolution Grad. Der Parameter Threshold bestimmt, durch wie viel Punkte der Ausgangsregion eine Linienhypothese wenigstens gestützt werden muss, um in die Ausgabe zu gelangen. AngleGap und DistGap definieren eine Umgebung um die Punkte im Hough-Bild für die Bestimmung der lokalen Maxima: AngleGap beschreibt den minimalen Abstand zweier Maxima im Hough-Bild in Richtung des Winkels und DistGap entsprechend in Richtung der Distanz. Dadurch werden Maxima, die zwar die vorgegebene Schwelle Threshold überschreiten, jedoch sehr nahe an einem noch höheren Maximum liegen, eliminiert. Falls mehrere Maxima in dieser Umgebung gleich hoch sind, werden alle zurückgegeben. Dieses Eliminationsverfahren kann vor allem bei der gleichzeitigen Suche nach langen und kurzen Linien hilfreich sein. Zurückgeliefert werden die Linien in Hessescher Normalform, d.h. durch Richtung Angle und Länge Dist ihres Normalenvektors repräsentiert.

Parameter

- ▷ **RegionIn** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Binäres Kantenbild, in dem Linien gefunden werden sollen.
- ▷ **AngleResolution** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Einstellen der Auflösung im Winkelbereich.
  Default: 4
  Werteliste: AngleResolution ∈ {1, 2, 4, 8}
- ▷ **Threshold** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Schwellenwert im Hough-Bild.
  Default: 100
  Wertebereich: 2 ≤ Threshold
- ▷ **AngleGap** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Minimaler Abstand zwischen zwei Maxima im Hough-Bild (in Angle-Richtung).
  Default: 5
  Wertebereich: 0 ≤ AngleGap
- ▷ **DistGap** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Minimaler Abstand zwischen zwei Maxima im Hough-Bild (in Distance-Richtung).
  Default: 5
  Wertebereich: 0 ≤ DistGap
- ▷ **Angle** (output_control) ..... hesseline.angle.rad-array ⇝ *real*
  Winkel (im Bogenmaß) der Normalen-Vektoren der gefundenen Linien.
  Wertebereich: -1.5707963 ≤ Angle ≤ 3.1415927
- ▷ **Dist** (output_control) ..... hesseline.distance-array ⇝ *real*
  Abstände der gefundenen Linien vom Koordinatenursprung.
  Parameteranzahl: Dist == Angle
  Wertebereich: 0 ≤ Dist

Ergebnis

hough_lines liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

threshold, skeleton

Nachfolger

select_matching_lines

Siehe auch

hough_line_trans, gen_region_hline, hough_circles

Modul

Foundation

hough_lines_dir (ImageDir : HoughImage, Lines : DirectionUncertainty, AngleResolution, Smoothing, FilterSize, Threshold, AngleGap, DistGap, GenLines : Angle, Dist)

Finden von Linien in Kantenbildern mit Hilfe der Hough-Transformation unter Berücksichtigung der lokalen Gradientenrichtung und Ausgabe in Hessescher Normalform.

Mit Hilfe von hough_lines_dir können in einer Region linienhafte Strukturen selektiert werden. Dabei müssen die einzelnen Punkte einer Linie nicht zusammenhängen. Das Verfahren basiert auf der Hough-Transformation. Die Region muss als Definitionsbereich in ImageDir übergeben werden.

Im Unterschied zu hough_lines wird hier jedoch zusätzlich die in ImageDir übergebene Kantenrichtung berücksichtigt, die z.B. mit Hilfe von sobel_dir oder edges_image bestimmt werden kann. Dies führt zu einer effizienteren Berechnung und zu einer Reduktion des Rauschens im Hough-Raum.

Der Parameter DirectionUncertainty beschreibt hierbei, wie stark die Kantenrichtung der einzelnen Punkte innerhalb einer Linie variieren darf. Ist z.B. DirectionUncertainty = *10*, werden einer waagrechten Linie (d.h. Kantenrichtung = 0 Grad) nur Punkte mit einer Kantenrichtung zwischen -10 und +10 Grad zugeordnet. Je größer DirectionUncertainty gewählt wird desto langsamer ist die Berechnung; für DirectionUncertainty = *180* entspricht das Verhalten von hough_lines_dir dem von hough_lines, d.h. die Kantenrichtung wird ignoriert. DirectionUncertainty sollte mindestens so groß gewählt werden wie die Winkelschrittweite, in der die Kantenrichtungen in ImageDir gespeichert werden; die minimale Schrittweite beträgt 2 Grad (vorgegeben vom Bildtyp 'direction').

Mit AngleResolution wird die Genauigkeit bei der Bestimmung der Winkel definiert. Sie beträgt 1/AngleResolution Grad. Eine Glättung des Hough-Raumes nach der Transformation erhöht die Stabilität des Verfahrens. Die Art der Glättung kann mit Smoothing festgelegt werden. Der Glättungsgrad kann mit FilterSize analog zu gauss_filter oder mean_image angegeben werden. Der Parameter Threshold bestimmt, durch wie viel Punkte der Ausgangsregion eine Linienhypothese wenigstens gestützt werden muss, um in die Ausgabe zu gelangen. AngleGap und DistGap definieren eine Umgebung um die Punkte im Hough-Bild für die Bestimmung der lokalen Maxima: AngleGap beschreibt den minimalen Abstand zweier Maxima im Hough-Bild in Richtung des Winkels und DistGap entsprechend in Richtung der Distanz. Dadurch werden Maxima, die zwar die vorgegebene Schwelle Threshold überschreiten, jedoch sehr nahe an einem noch höheren Maximum liegen, eliminiert. Falls mehrere Maxima in dieser Umgebung gleich hoch sind, werden alle zurückgegeben. Dieses Eliminationsverfahren kann vor allem bei der gleichzeitigen Suche nach langen und kurzen Linien hilfreich sein. Neben dem ungeglätteten Hough-Bild HoughImage werden die Linien in Hessescher Normalform zurückgeliefert, d.h. durch Richtung Angle und Länge Dist ihres Normalenvektors repräsentiert.

Mit Hilfe des Parameters GenLines kann darüber hinaus festgelegt werden, ob zusätzlich diejenigen Regionen in ImageDir zurückgeliefert werden sollen, die zur Bildung der lokalen Maxima beigetragen haben. Für GenLines = *'true'* werden diese dann in Lines gespeichert.

Parameter

- ▷ **ImageDir** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* direction
  Kantenrichtungsbild mit auf die Kanten eingeschränktem Definitionsbereich.
- ▷ **HoughImage** (output_object) ..... image ⇝ *object :* uint2
  Hough-Transformation.
- ▷ **Lines** (output_object) ..... region-array ⇝ *object*
  Regionen des Eingabebildes, die zur Bildung der lokalen Maxima beigetragen haben.

▷ **DirectionUncertainty** (input_control) ..... angle.deg ⇝ *integer*
Kantenungenauigkeit (in Grad).
Default: 2
Wertebereich: 2 ≤ DirectionUncertainty ≤ 180
Minimale Schrittweite: 2

▷ **AngleResolution** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Auflösung im Winkelbereich (in 1/Grad).
Default: 4
Werteliste: AngleResolution ∈ {1, 2, 4, 8}

▷ **Smoothing** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Glättungsfilter für Hough-Bild.
Default: 'mean'
Werteliste: Smoothing ∈ {'none', 'mean', 'gauss'}

▷ **FilterSize** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Gewünschte Größe des Glättungsfilters.
Default: 5
Werteliste: FilterSize ∈ {3, 5, 7, 9, 11}

▷ **Threshold** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Schwellenwert im Hough-Bild.
Default: 100
Wertebereich: 1 ≤ Threshold

▷ **AngleGap** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Minimaler Abstand zwischen zwei Maxima im Hough-Bild (in Richtung des Winkels).
Default: 5
Wertebereich: 0 ≤ AngleGap

▷ **DistGap** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Minimaler Abstand zwischen zwei Maxima im Hough-Bild (in Richtung der Distance).
Default: 5
Wertebereich: 0 ≤ DistGap

▷ **GenLines** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Generiert Geraden-Regionen, wenn *'true'*.
Default: 'true'
Werteliste: GenLines ∈ {'true', 'false'}

▷ **Angle** (output_control) ..... hesseline.angle.rad-array ⇝ *real*
Winkel (im Bogenmaß) der Normalenvektoren der gefundenen Linien.
Wertebereich: -1.5707963 ≤ Angle ≤ 3.1415927

▷ **Dist** (output_control) ..... hesseline.distance-array ⇝ *real*
Abstände der gefundenen Linien vom Koordinatenursprung.
Parameteranzahl: Dist == Angle
Wertebereich: 0 ≤ Dist

Ergebnis

hough_lines_dir liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

edges_image, sobel_dir, threshold, nonmax_suppression_dir, reduce_domain, skeleton

Nachfolger

gen_region_hline, select_matching_lines

Siehe auch

hough_line_trans_dir, hough_line_trans, gen_region_hline, hough_circles

Modul

Foundation

select_matching_lines (RegionIn : RegionLines : AngleIn, DistIn, LineWidth, Thresh : AngleOut, DistOut)

Wählt aus einer Menge von Linien (Hessesche Normalform) die Linien aus, die am besten in eine Eingaberegion passen.

Mit select_matching_lines können aus einer Menge von Linien, die in Hessescher Normalform vorliegen zu einer ebenfalls als Parameter übergebenen Region (RegionIn) die Linien ausgewählt werden, die am besten in die Region hineinpassen. Mit LineWidth kann die Breite der Linien angegeben werden. Die selektierten Linien werden sowohl in Hessescher Normalform als auch als Regionen zurückgeliefert.

Die Auswahl der Linien erfolgt iterativ: In einer Schleife wird als erstes die Linie aus der Menge der Eingabelinien ausgewählt, die die größte Überschneidung mit der Eingaberegion besitzt. Diese Linie wird in die Ausgabemenge übernommen, alle Punkte, die zu dieser Linie gehören, werden im Folgenden nicht mehr für die Bestimmung von Überschneidungen berücksichtigt. Unterschreitet, die maximale Überschneidung zwischen der Region und den Linien einen Schwellenwert (Thresh), wird die Schleife verlassen. Die ausgewählten Linien werden sowohl als Regionen, als auch in Hessescher Normalform zurückgegeben.

Parameter

- ▷ **RegionIn** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Region, in denen die Linien gematcht werden sollen.
- ▷ **RegionLines** (output_object) ..... region(-array) ⇝ *object*
  Regionen-Array, mit den gematchten Linien.
- ▷ **AngleIn** (input_control) ..... hesseline.angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Winkel (im Bogenmaß) der Normalen-Vektoren der Eingabe-Linien.
  Wertebereich: -1.5707963 ≤ AngleIn ≤ 3.1415927
- ▷ **DistIn** (input_control) ..... hesseline.distance(-array) ⇝ *real*
  Abstände der Eingabe-Linien vom Koordinatenursprung.
  Parameteranzahl: DistIn == AngleIn
- ▷ **LineWidth** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Breite der Linien.
  Default: 7
  Wertebereich: 1 ≤ LineWidth
- ▷ **Thresh** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Schwellenwert für die Anzahl der Linienpunkte in der Region.
  Default: 100
  Wertebereich: 1 ≤ Thresh
- ▷ **AngleOut** (output_control) ..... hesseline.angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Winkel (im Bogenmaß) der Normalen-Vektoren der selektierten Linien.
  Parameteranzahl: AngleOut <= AngleIn
  Wertebereich: -1.5707963 ≤ AngleOut ≤ 3.1415927
- ▷ **DistOut** (output_control) ..... hesseline.distance(-array) ⇝ *real*
  Abstände der selektierten Linien vom Koordinatenursprung.
  Parameteranzahl: DistOut == AngleOut
  Wertebereich: 0 ≤ DistOut

Ergebnis

select_matching_lines liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingaberegionen vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit set_system('empty_region_result',<Result>) bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hough_lines

Modul

Foundation

27.6 Interpolation

clear_scattered_data_interpolator (: : ScatteredDataInterpolatorHandle :)

Löschen eines Interpolators für verstreute Daten.

clear_scattered_data_interpolator löscht den Interpolator für verstreute Daten, der durch ScatteredDataInterpolatorHandle angegeben wird, und gibt sämtlichen für den Interpolator benötigten Speicher frei. Der Interpolator kann nach dem Aufruf von clear_scattered_data_interpolator nicht mehr verwendet werden. Das Handle ScatteredDataInterpolatorHandle ist nach dem Aufruf ungültig.

Parameter

▷ **ScatteredDataInterpolatorHandle** (input_control) ..... scattered_data_interpolator(-array) ⇝ *handle*
Handle des Interpolators für verstreute Daten

Ergebnis

Falls ScatteredDataInterpolatorHandle korrekt ist, dann liefert clear_scattered_data_interpolator den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- ScatteredDataInterpolatorHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_scattered_data_interpolator, interpolate_scattered_data

Modul

Foundation

create_scattered_data_interpolator (: : Method, Rows, Columns, Values, GenParamName, GenParamValue : ScatteredDataInterpolatorHandle)

Erzeugung eines Interpolators zur Interpolation von verstreuten Datenpunkten.

create_scattered_data_interpolator erzeugt den Interpolator ScatteredDataInterpolatorHandle anhand der verstreuten Datenpunkte Rows, Columns und der dazugehörigen Messwerte Values für die Interpolation der Messwerte an unbekannten Datenpunkten. Mit dem Parameter Method wird der Algorithmus festgelegt,

der für die Interpolation mit interpolate_scattered_data verwendet werden soll. Bisher werden nur die *'thin_plate_splines'* unterstützt. Diese Methode interpoliert die Datenpunkte auf globaler Ebene, was bedeutet, dass alle Punkte für die Interpolation verwendet werden, egal wie weit sie von einander weg liegen. Der Einfluss von entfernten Punkten korreliert mit $r^2 \cdot \log(r)$ wobei r die Entfernung zweier Punkte beschreibt. Im Vergleich zu interpolate_scattered_data_image, unterstützt create_scattered_data_interpolator auch subpixelgenaue Koordinaten für Rows und Columns. Nach der Erzeugung des Interpolators wird interpolate_scattered_data für die Interpolation der unbekannten Messwerte aufgerufen. Durch die Aufteilung der Erzeugung (create_scattered_data_interpolator) und der Auswertung (interpolate_scattered_data) des Interpolators, wird die Interpolation an unterschiedlichen Datenpunkten in aufeinanderfolgenden Messungen effizienter, da der Interpolator nur einmal erzeugt werden muss.

Die folgenden Parameter können mit GenParamName und GenParamValue gesetzt werden:

'alpha': Der Parameter *'alpha'* ist ein Glättungsfaktor. Für *'alpha'* $= 0$ werden alle übergebenen Datenpunkte Rows, Columns mit Values exakt interpoliert. Für sehr große Werte von *'alpha'* glättet die Interpolation die Punkte so, dass alle interpolierten Punkte auf einer gemeinsamen Ebene liegen.
Default: *0*
Restriktion: *'alpha'* ≥ 0

Parameter

- ▷ **Method** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Methode für die Interpolation.
  Default: 'thin_plate_splines'
  Wertevorschläge: Method ∈ {'thin_plate_splines'}
- ▷ **Rows** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinaten der Stützstellen.
- ▷ **Columns** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinaten der Stützstellen.
- ▷ **Values** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Messwerte an den Stützstellen.
- ▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter, die angepasst werden können.
  Default: []
  Wertevorschläge: GenParamName ∈ {'alpha'}
- ▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / string / integer
  Werte der generischen Parameter, die angepasst werden können.
  Default: []
  Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {0, 1.0, 10.0, 100.0}
- ▷ **ScatteredDataInterpolatorHandle** (output_control) . . . . . scattered_data_interpolator ⇝ *handle*
  Handle des Interpolators für verstreute Daten

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_scattered_data_interpolator den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

interpolate_scattered_data

Modul

Foundation

interpolate_scattered_data (: : ScatteredDataInterpolatorHandle, Row, Column : ValueInterpolated)

Interpolation von verstreuten Datenpunkten anhand eines Interpolators.

interpolate_scattered_data interpoliert die Messwerte der verstreuten Datenpunkte (Row,Column) anhand des Interpolators ScatteredDataInterpolatorHandle und gibt das Ergebnis in ValueInterpolated zurück. Im Vergleich zu interpolate_scattered_data_image, unterstützt interpolate_scattered_data auch subpixelgenaue Koordinaten für Row und Column. Der Interpolator muss zuvor mit create_scattered_data_interpolator erzeugt werden.

Parameter

- ▷ **ScatteredDataInterpolatorHandle** (input_control) . . . . . scattered_data_interpolator ⇝ *handle*
  Handle des Interpolators für verstreute Daten
- ▷ **Row** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinaten der zu interpolierenden Datenpunkte.
- ▷ **Column** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinaten der zu interpolierenden Datenpunkte.
- ▷ **ValueInterpolated** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Messwerte der interpolierten Punkte.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert interpolate_scattered_data den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_scattered_data_interpolator

Nachfolger

clear_scattered_data_interpolator, gen_object_model_3d_from_points

Modul

Foundation

interpolate_scattered_data_image (Image, RegionInterpolate : ImageInterpolated : Method, GenParamName, GenParamValue :)

Interpolation eines Bildes.

interpolate_scattered_data_image interpoliert das Bild Image innerhalb der Region RegionInterpolate und gibt das Ergebnis in ImageInterpolated zurück. Die Differenz zwischen der Domäne des Bildes Image und der Region RegionInterpolate definiert die gültigen Datenpunkte, die für die Interpolation verwendet werden, wohingegen die Region RegionInterpolate die Punkte definiert, an denen die Grauwerte des Bildes Image bestimmt werden sollen. Mit dem Parameter Method wird der Interpolationsalgorithmus festgelegt. Bisher werden nur die *'thin_plate_splines'* unterstützt. Diese Methode interpoliert die Datenpunkte auf globaler Ebene, was bedeutet, dass alle Punkte für die Interpolation verwendet werden, egal wie weit sie von einander weg liegen. Der Einfluss von entfernten Punkten korreliert mit $r^2 \cdot \log(r)$ wobei r die Entfernung zweier Punkte beschreibt. Wird das selbe Bild Image und unterschiedlichen Regionen RegionInterpolate interpoliert, kann der Operator create_scattered_data_interpolator effizienter sein.

Die folgenden Parameter können mit GenParamName und GenParamValue gesetzt werden:

'alpha': Der Parameter *'alpha'* ist ein Glättungsfaktor. Für *'alpha'* = 0 werden alle Punkte des Bildes `Image` exakt interpoliert. Für sehr große Werte von *'alpha'* glättet die Interpolation die Bildpunkte so, dass alle interpolierten Punkte des Ausgabebildes `ImageInterpolated` auf einer gemeinsamen Ebene liegen.
Default: *0*
Restriktion: *'alpha'* ≥ 0

`interpolate_scattered_data_image` arbeitet am besten mit wenigen Datenpunkten, z.B. weniger als 1000. Zum Rekonstruieren von verlorenen Bilddaten in der Region `RegionInterpolate`, sollte die Anzahl der Datenpunkte entsprechend angepasst werden, z.B. indem nur die Randpixel der zu rekonstruierenden Regionen verwendet werden (siehe Beispielprogramm unten).

Parameter

- ▷ **`Image`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Bild, das interpoliert werden soll.
- ▷ **`RegionInterpolate`** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Region auf der interpoliert werden soll.
- ▷ **`ImageInterpolated`** (output_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* real
  Interpoliertes Ausgabebild.
- ▷ **`Method`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Methode für die Interpolation.
  Default: 'thin_plate_splines'
  Wertevorschläge: `Method` ∈ {'thin_plate_splines'}
- ▷ **`GenParamName`** (input_control) ..... attribute.name-array ⇝ *string*
  Namen der generischen Parameter, die angepasst werden können.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'alpha'}
- ▷ **`GenParamValue`** (input_control) ..... attribute.value-array ⇝ *string* / integer / real
  Werte der generischen Parameter, die angepasst werden können.
  Default: []
  Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0, 1.0, 10.0, 100.0}

Beispiel

```
* This example program shows how to use the scattered data interpolator
* to fill holes in an image
gen_image_surface_second_order (ImageData, 'real', 1, 1, 0, 0, 0, 1, \
                                24, 24, 48, 48)
gen_circle (Circle, 12, 12, 6)
difference (ImageData, Circle, Region)
reduce_domain (ImageData, Region, ImageReduced)
dev_clear_window ()
dev_display (ImageReduced)
stop()
*
* Select only border pixels for the interpolation
dilation_circle (Circle, CircleDilation, 1.5)
intersection (CircleDilation, Region, RegionBorderData)
dev_clear_window ()
dev_display (ImageReduced)
dev_display (RegionBorderData)
stop()
*
* Interpolate pixels
reduce_domain (ImageData, RegionBorderData, ImageReducedBorder)
interpolate_scattered_data_image (ImageReducedBorder, Circle, \
                                  ImageInterpolated, \
                                  'thin_plate_splines', [], [])
paint_gray (ImageInterpolated, ImageData, ImageFilled)
dev_clear_window ()
dev_display (ImageFilled)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `interpolate_scattered_data_image` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`interpolate_scattered_data_points_to_image`

Modul

Foundation

```
interpolate_scattered_data_points_to_image (
    : ImageInterpolated : Method, Rows, Columns, Values, Width,
    Height, GenParamName, GenParamValue : )
```

Generierung eines Bildes durch die Interpolation von verstreuten Datenpunkten.

`interpolate_scattered_data_points_to_image` interpoliert die verstreuten Datenpunkte, die durch `Rows`, `Columns` und die dazugehörigen Messwerte `Values` gegeben sind und gibt das Ergebnis in `ImageInterpolated` zurück. Die Größe des Ausgabebildes wird durch dessen Breite `Width` und dessen Höhe `Height` mit der linken oberen Ecke bei (0,0) festgelegt. Um auch an negativen Koordinaten (`Rows`,`Columns`) zu interpolieren, können einfach alle Eingabepunkte entsprechend verschoben werden. Mit dem Parameter `Method` wird der Interpolationsalgorithmus festgelegt. Bisher werden nur die *'thin_plate_splines'* unterstützt. Diese Methode interpoliert die Datenpunkte auf globaler Ebene, was bedeutet, dass alle Punkte für die Interpolation verwendet werden, egal wie weit sie von einander weg liegen. Der Einfluss von entfernten Punkten korreliert mit $r^2 \cdot \log(r)$ wobei r die Entfernung zweier Punkte beschreibt. Im Vergleich zu `interpolate_scattered_data_image`, unterstützt `interpolate_scattered_data_points_to_image` auch subpixelgenaue Koordinaten für `Rows` und `Columns`. Werden die selben Datenpunkte (`Rows`,`Columns`,`Values`) für die Interpolation von verschiedenen Ausgabebildern verwendet, kann der Operator `create_scattered_data_interpolator` effizienter sein.

Die folgenden Parameter können mit `GenParamName` und `GenParamValue` gesetzt werden:

'alpha': Der Parameter *'alpha'* ist ein Glättungsfaktor. Für *'alpha'* $= 0$ werden alle übergebenen Datenpunkte `Rows`, `Columns` mit `Values` exakt interpoliert. Für sehr große Werte von *'alpha'* glättet die Interpolation die Punkte so, dass alle interpolierten Punkte des Ausgabebildes `ImageInterpolated` auf einer gemeinsamen Ebene liegen.

Default: *0*

Restriktion: *'alpha'* ≥ 0

Parameter

▷ **`ImageInterpolated`** (output_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* real
Interpoliertes Ausgabebild.

▷ **`Method`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Methode für die Interpolation.
Default: 'thin_plate_splines'
Wertevorschläge: `Method` ∈ {'thin_plate_splines'}

▷ **`Rows`** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinaten der Stützstellen.

▷ **`Columns`** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinaten der Stützstellen.

▷ **`Values`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Messwerte an den Stützstellen.

▷ **Width** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Breite des Ausgabebildes.
Default: 640

▷ **Height** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Höhe des Ausgabebildes.
Default: 480

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name-array ⇝ *string*
Namen der generischen Parameter, die angepasst werden können.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamName` ∈ {'alpha'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.value-array ⇝ *real* / string / integer
Werte der generischen Parameter, die angepasst werden können.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0, 1.0, 10.0, 100.0}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `interpolate_scattered_data_points_to_image` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`interpolate_scattered_data_image`

Modul

Foundation

27.7 Linien

line_orientation (: : RowBegin, ColBegin, RowEnd, ColEnd : Phi)

Berechnung der Orientierung von Linien.

`line_orientation` liefert die Orientierung ($-pi/2 < $ `Phi` $\leq pi/2$) der übergebenen Linien. Falls mehr als eine Linie behandelt werden soll, können die Zeilen- und Spaltenindizes als Tupel übergeben werden. In diesem Fall ist `Phi` natürlich ebenfalls ein Tupel und enthält die entsprechenden Orientierungen.

Parameter

▷ **RowBegin** (input_control) . . . . . line.begin.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinaten der Anfangspunkte der Eingabelinien.

▷ **ColBegin** (input_control) . . . . . line.begin.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinaten der Anfangspunkte der Eingabelinien.

▷ **RowEnd** (input_control) . . . . . line.end.y(-array) ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinaten der Endpunkte der Eingabelinien.

▷ **ColEnd** (input_control) . . . . . line.end.x(-array) ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinaten der Endpunkte der Eingabelinien.

▷ **Phi** (output_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
Orientierung der Eingabelinien.

Ergebnis

`line_orientation` liefert immer den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

sobel_amp, edges_image, threshold, hysteresis_threshold, split_skeleton_region, split_skeleton_lines

Nachfolger

set_line_width, disp_line

Alternativen

line_position

Siehe auch

line_position, detect_edge_segments

Modul

Foundation

line_position (: : RowBegin, ColBegin, RowEnd, ColEnd : RowCenter, ColCenter, Length, Phi)

Berechnung des Schwerpunktes, der Länge und der Orientierung von Linien.

line_position liefert den Schwerpunkt (RowCenter, ColCenter), die (euklidische) Länge (Length) und die Orientierung ($-pi/2 <$ Phi $\leq pi/2$) der übergebenen Linien. Falls mehr als eine Linie behandelt werden soll, können die Zeilen- und Spaltenindizes als Tupel übergeben werden. In diesem Fall sind die Ausgabeparameter natürlich ebenfalls Tupel.

Die Routine wird beispielsweise auf Modelllinien angewandt, um Suchbereiche für die Kantendetektion (detect_edge_segments) zu bestimmen.

Parameter

- ▷ **RowBegin** (input_control) ..... line.begin.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinaten der Anfangspunkte der Eingabelinien.
- ▷ **ColBegin** (input_control) ..... line.begin.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinaten der Anfangspunkte der Eingabelinien.
- ▷ **RowEnd** (input_control) ..... line.end.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinaten der Endpunkte der Eingabelinien.
- ▷ **ColEnd** (input_control) ..... line.end.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinaten der Endpunkte der Eingabelinien.
- ▷ **RowCenter** (output_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinaten der Schwerpunkte der Eingabelinien.
- ▷ **ColCenter** (output_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenindizes der Schwerpunkte der Eingabelinien.
- ▷ **Length** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Euklidische Länge der Eingabelinien.
- ▷ **Phi** (output_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Orientierung der Eingabelinien.

Ergebnis

line_position liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

sobel_amp, edges_image, threshold, hysteresis_threshold, split_skeleton_region, split_skeleton_lines

Nachfolger

set_line_width, disp_line

Alternativen

line_orientation

Siehe auch

line_orientation, detect_edge_segments

Modul

Foundation

27.8 Mosaicking

adjust_mosaic_images (Images : CorrectedImages : From, To, ReferenceImage, HomMatrices2D, EstimationMethod, EstimateParameters, OECFModel :)

Anwenden einer automatischen Farbkorrektur auf Bilder in Panoramen.

adjust_mosaic_images führt eine radiometrische Anpassung von Bildern in Panoramen durch. Die zu korrigierenden Bilder werden im Parameter Images gegeben, die korrigierten Bilder werden in CorrectedImages zurück geliefert.

Die Parameter From und To geben die Start- und Zielindizes der einzelnen Bildpaare innerhalb des Panoramas an. Zu jedem dieser Paare muss im Parameter HomMatrices2D die entsprechende projektive 3x3-Matrix gegeben werden. Der Parameter ReferenceImage legt das Bild fest, dessen Helligkeit und Weißabgleich als Referenz verwendet werden sollen.

Das bedeutet, dass ein Bild über 'perfekte' Belichtung und Weißabgleich verfügt. Alle anderen Bilder werden entsprechend angepasst, so dass deren Belichtung und Weißabgleich dem Referenzbild entspricht. Das Referenzbild wird also nicht verändert, alle anderen Bilder hingegen schon.

EstimationMethod bestimmt, ob nur eine ungenaue, aber dafür schnelle Anpassung durchgeführt werden soll, oder eine langsamere, aber dafür wesentlich genauere. Dies wird mit den Werten *'standard'* bzw. *'gold_standard'* festgelegt.

Die Verfahren, die mit *'standard'* gewählt werden können verwenden nur den durchschnittlichen Grauwertunterschied im Überlappungsbereich jedes Bildpaares. Wenn *'gold_standard'* gewählt ist werden dagegen die Grauwertunterschiede zwischen allen korrespondierenden Bildpunkten im Überlappungsbereich berücksichtigt.

Die zu minimierende Fehlerfunktion ergibt sich in allen Fällen als die Quadratsumme der Grauwertunterschiede zwischen den Bildern bzw. Bildpunkten.

Die Verfügbarkeit der einzelnen Methoden ist jedoch abhängig von den gewählten EstimateParameters. Dieser Parameter bestimmt, welches Modell zur Bestimmung der radiometrischen Korrektur verwendet werden soll. Es ist prinzipiell immer möglich, die Vignettierung der Bilder durch Angabe von *'vignetting'* bestimmen zu lassen. In diesem Fall muss jedoch für EstimationMethod auch *'gold_standard'* gewählt werden. Für die sonstigen radiometrischen Korrekturen bietet das Verfahren drei Optionen:

Die Bestimmung der Vignettierung in Bilder basiert auf dem weithin bekannten

$$\cos^4 Alpha$$

Ansatz. Dabei wird angenommen, dass die Vignettierung im Mittelpunkt des Bildes nicht existiert und mit dem Öffnungswinkel des Objektivs gemäß der obigen Gleichung zunimmt.

1. Die Korrektur mit Hilfe eines additiven Verfahrens. Diese ist lediglich für kleinste Unterschiede zu verwenden. Sie wird durch Angabe des Wertes *'add_gray'* in EstimateParameters gewählt. Dieses Modell kann nur alleine mit EstimationMethod = *'standard'*, oder gemeinsam mit EstimateParameters = *'vignetting'* mit EstimationMethod = *'gold_standard'* gewählt werden.

Dieses Verfahren basiert auf der Annahme, dass die Grauwertunterschiede zwischen den Bildern dadurch korrigiert werden können, dass zu den Grauwerten in jedem Bild ein bestimmter Term addiert wird. Dies entspricht im Grunde genau einem Aufruf von scale_image für jedes Bild:

```
scale_image(Image_n, CorrectedImage_n, 1.0, Add_n)
```

mit Add_n dem Korrekturterm für dieses Bild.

2. Die Korrektur mit Hilfe des linearen Verfahrens. In diesem Fall wird angenommen, dass die Eingabebilder mit einer linearen Kamera aufgenommen wurden. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Bildern werden als Multiplikationsfaktoren berechnet, mit denen die Bilder korrigiert werden. Dieses Verfahren wird durch Angabe von *'mult_gray'* gewählt. Es kann sowohl mit EstimationMethod = *'standard'*, als auch mit EstimationMethod = *'gold_standard'* durchgeführt werden. Die Kombination mit EstimateParameters = *'vignetting'* ist ebenfalls möglich, jedoch nur mit EstimationMethod = *'gold_standard'*.

Dieses Verfahren basiert auf der Annahme, dass die Grauwertunterschiede zwischen den Bildern dadurch korrigiert werden können, dass die Grauwerte in jedem Bild mit einem bestimmten Faktor multipliziert werden. Dies entspricht wieder genau einem Aufruf von scale_image für jedes Bild

```
scale_image(Image_n, CorrectedImage_n, Mult_n, 0)
```

mit Mult_n dem Korrekturfaktor für dieses Bild.

3. Die Korrektur mit Hilfe des kalibrierten Verfahrens. Bei diesem Modell wird angenommen, dass die Eingabebilder mit einer nichtlinearen Kamera aufgenommen wurden. Zur Modellierung der Transferfunktion wird die im Parameter OECFModel gewählte Funktionsklasse verwendet. Zusätzlich werden genau wie im linearen Fall die Unterschiede zwischen den Bildern als Multiplikationsfaktoren berechnet und die Bilder entsprechend korrigiert. Dieses Modell wird durch Angabe von *['mult_gray', 'response']* gewählt und kann nur mit EstimationMethod = *'gold_standard'* ausgewählt werden. Eine Kombination mit EstimateParameters = *'vignetting'* ist möglich.

Dieses Verfahren ist dem linearen Verfahren ähnlich. In diesem Fall kann die Kamera jedoch eine nichtlineare Antwortfunktion besitzen. Dies bedeutet, dass die Grauwerte der Bilder zuerst wieder linearisiert werden müssen, bevor sie mit einem Skalierungsfaktor multipliziert werden können. Um diesen Schritt vornehmen zu können muss die Antwortfunktion der Kamera bestimmt werden. Da diese normalerweise innerhalb einer Bildsequenz nicht variiert, wird sie als konstant über alle Bilder angenommen.

Prinzipiell könnte jede Art von Funktion als OECF verwendet werden. So ist es zum Beispiel denkbar polynomielle Funktionen wie in radiometric_self_calibration zu verwenden. Diese Art von Funktion wäre jedoch in der vorliegenden Anwendung zu komplex und würde nicht zu zufriedenstellenden Ergebnissen führen. Der Grund liegt darin, dass eine solche Funktion über zu viele Parameter verfügt. Stattdessen werden nur einfachere Funktionstypen unterstützt. Derzeit sind lediglich sogenannte Laguerre-Funktionen verfügbar.

Die Antwortfunktion einer OECF der Laguerre-Klasse wird von nur einem Parameter mit dem Namen Phi definiert. Im ersten Schritt der Transformation wird also das Grauwertspektrum (für 8bit Bilder also die Werte zwischen 0 und 255) in das Intervall [0:1] abgebildet. Die resultierenden Fließkommazahlen werden dann mittels der OECF linearisiert und die resultierenden Werte werden wieder in das Ursprungsintervall projiziert.

Die inverse Antwortfunktion, mit der Grauwerte wieder linearisiert werden können lässt sich für Laguerre-Funktionen wie folgt berechnen:

$$I_l = I_nl + \frac{2}{\pi} \cdot \arctan\left(\frac{Phi \cdot \sin(\pi \cdot I_nl)}{1 - Phi \cdot \cos(\pi \cdot I_nl)}\right)$$

mit I_l dem linearen Grauwert und I_nl dem nichtlinearen Grauwert.

Der Parameter OECFModel wird nur verwendet, wenn eine Korrektur mittels des kalibrierten Verfahrens durchgeführt wird. Andernfalls werden eventuelle Eingaben ignoriert.

Der Parameter EstimateParameters kann auch dazu benutzt werden, das Laufzeitverhalten und den Speicherverbrauch des Operators zu beeinflussen. Wird der Parameter auf *'no_cache'* gesetzt, so wird der interne Cache Mechanismus des Operators abgeschaltet. Dies bedeutet aber auch, dass diese Einstellung nur dann eine Wirkung hat, wenn EstimationMethod auf *'gold_standard'* gesetzt ist. Andernfalls wird die Einstellung ignoriert. Wird der interne Cache Mechanismus abgeschaltet, so benötigt der Operator deutlich weniger Arbeitsspeicher, da die korrespondierenden Grauwertpaare in jeder Iteration der Minimierung erneut berechnet werden. Aus diesem Grund ist die Abschaltung des internen Cache Mechanismus nur dann angeraten, wenn der Speicherbedarf des Operators den verfügbaren physikalischen Speicher des Rechners übersteigt und das Betriebssystem daher auf die Auslagerungsdatei zurück greift.

Eine weitere Möglichkeit die Laufzeit und den Speicherverbrauch zu beeinflussen bietet sich durch die Verwendung von Subsampling. Wird EstimateParameters auf *'subsampling_2'* gesetzt, so werden alle Bilder intern

um den Faktor 2 verkleinert. Im Gegensatz zu den unten aufgeführten Vorschlägen sind nicht nur die Faktoren 2 und 4 verfügbar, sondern ein beliebiger Ganzzahlwert kann dadurch angegeben werden, dass er an subsampling_ in `EstimateParameters` angehängt wird. Durch dieses Vorgehen kann die gesamte Datenmenge erheblich reduziert werden, was sich in einer deutlich geringeren Laufzeit des verwendeten Minimierungsalgorithmus bemerkbar macht. Zusätzlich kann ein leichtes Subsampling sogar das Ergebnis der Korrektur verbessern, da dadurch der Einfluss von geringfügigen Abbildungsfehlern zwischen den Bildern verringert wird. Obwohl Subsampling auch die Laufzeit beeinflusst, wenn `EstimationMethod` auf *'standard'* gesetzt ist, wird die Verwendung hauptsächlich für *'gold_standard'* empfohlen.

Hier noch einige allgemeine Anmerkungen zur Verwendung von `adjust_mosaic_images`:

- Die Bestimmung der Vignettierung kann nur dann zu sinnvollen Ergebnissen führen, wenn eine signifikante Vignettierung in den Bildern sichtbar ist. Andernfalls kann das Ergebnis verfälscht werden.
- Die Bestimmung der Antwortfunktion benötigt deutlich mehr Rechenzeit. Daher ist es nicht empfehlenswert, die Antwortfunktion in zeitkritischen Anwendungen zu bestimmen. Abgesehen davon kann die Antwortfunktion auch nur dann robust bestimmt werden, wenn die Helligkeitsunterschiede zwischen den Bildern groß sind.
- Es ist nicht möglich Sättigung zu korrigieren. Bereiche, die gesättigt sind werden dies auch nach der Korrektur bleiben.
- `adjust_mosaic_images` kann nur dazu verwendet werden unterschiedliche Helligkeit und Weißabgleich in Bildern zu korrigieren, wenn diese auf unterschiedlichen Belichtung (Zeit, Blende) oder unterschiedliche Beleuchtungsintensität zurück zu führen sind. Der Operator kann nicht dazu verwendet werden Helligkeitsunterschiede auszugleichen, die aus inhomogener Beleuchtung innerhalb der einzelnen Bilder resultieren.

Parameter

▷ **`Images`** (input_object) ..... (multichannel-)image-array ⇝ *object :* byte
Eingabebilder.

▷ **`CorrectedImages`** (output_object) ..... (multichannel-)image-array ⇝ *object :* byte
Ausgabebilder.

▷ **`From`** (input_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Liste der Startbilder.

▷ **`To`** (input_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Liste der Zielbilder.

▷ **`ReferenceImage`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Referenzbild.

▷ **`HomMatrices2D`** (input_control) ..... real-array ⇝ *real*
Projektive Matrizen.

▷ **`EstimationMethod`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Schätzalgorithmus für die Korrektur.
Default: 'standard'
Werteliste: `EstimationMethod` ∈ {'standard', 'gold_standard'}

▷ **`EstimateParameters`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Zu bestimmende Parameter.
Default: ['mult_gray']
Wertevorschläge: `EstimateParameters` ∈ {'add_gray', 'mult_gray', 'response', 'vignetting', 'subsampling_2', 'subsampling_4', 'no_cache'}

▷ **`OECFModel`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Modell zur Bestimmung der OECF.
Default: ['laguerre']
Werteliste: `OECFModel` ∈ {'laguerre'}

Beispiel

```
* For the input data to stationary_camera_self_calibration, please
* refer to the example for stationary_camera_self_calibration.
stationary_camera_self_calibration (4, 640, 480, 1, From, To, \
                                    HomMatrices2D, Rows1, Cols1, \
```

```
                                        Rows2, Cols2, NumMatches, \
                                        'gold_standard', \
                                        ['focus','principal_point'], \
                                        'true', CameraMatrix, Kappa, \
                                        RotationMatrices, X, Y, Z, Error)
adjust_mosaic_images(Images,CorrectedImages,From,To,1,HomMatrices2D, \
                     'gold_standard',['mult_gray','response'],'laguerre')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `adjust_mosaic_images` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`stationary_camera_self_calibration`

Nachfolger

`gen_spherical_mosaic`

Literatur

David Hasler, Sabine Süsstrunk: Mapping colour in image stitching applications. Journal of Visual Communication and Image Representation, 15(1):65-90, 2004.

Modul

Foundation

bundle_adjust_mosaic (: : NumImages, ReferenceImage, MappingSource, MappingDest, HomMatrices2D, Rows1, Cols1, Rows2, Cols2, NumCorrespondences, Transformation : MosaicMatrices2D, Rows, Cols, Error)

Bündelausgleichung eines Mosaiks.

`bundle_adjust_mosaic` führt eine Bündelausgleichung eines Mosaiks durch. Dies kann dazu verwendet werden, die Geometrie eines Mosaiks möglichst stabil zu berechnen und somit die Abbildungen des Mosaiks genauer zu berechnen, als dies mit den einzelnen Bildpaaren möglich ist.

Um dies zu erreichen, sollte mit `proj_match_points_ransac` für jedes überlappende Bildpaar die projektive Abbildung zwischen den zwei beteiligten Bildern bestimmt werden. So sind z.B. für einen 2×2 Block von Bildern in folgender Anordnung

1	2
3	4

unter der Annahme, dass sich alle Bilder gegenseitig überlappen, folgende projektive Abbildungen zu bestimmen: 1↦2, 1↦3, 1↦4, 2↦3, 2↦4 und 3↦4. Die Indizes der Bilder, die die jeweilige Abbildung bestimmen, werden in `MappingSource` und `MappingDest` übergeben. Die Indizes der Bilder beginnen ab 1. In obigem Beispiel ist also `MappingSource` = *[1,1,1,2,2,3]* und `MappingDest` = *[2,3,4,3,4,4]* zu verwenden. Die Gesamtanzahl von Bildern, aus denen das Mosaik besteht, wird in `NumImages` übergeben. Sie wird verwendet, um zu überprüfen, ob jedes Bild über eine Kette von Abbildungen erreicht werden kann. Der Index des Referenzbildes wird in `ReferenceImage` übergeben. Dieses Bild erhält in der Ausgabe als Abbildung die Einheitsmatrix.

Die zu den Bildpaaren gehörigen 3×3 projektiven Transformationsmatrizen werden in `HomMatrices2D` übergeben. Zusätzlich müssen in `Rows1`, `Cols1`, `Rows2` und `Cols2` die Koordinaten der zugeordneten Punktpaare in den einzelnen Bildpaaren übergeben werden. Sie können aus der Ausgabe von `proj_match_points_ransac` mit `tuple_select` oder mit der HDevelop-Funktion `subset` bestimmt

werden. Damit `bundle_adjust_mosaic` bestimmen kann, zu welcher Abbildung ein Punktpaar gehört, muss in `NumCorrespondences` für jedes Bildpaar die Anzahl der gefundenen Zuordnungen übergeben werden.

Der Parameter `Transformation` bestimmt die Klasse der Transformationen, die zur Berechnung der Bündelausgleichung für die Transformationen der Bilder verwendet werden. Dies kann verwendet werden, um die zulässigen Transformationen einzuschränken. Für `Transformation` = *'projective'* werden projektive Abbildungen verwendet (siehe `vector_to_proj_hom_mat2d`). Für `Transformation` = *'affine'* werden affine Abbildungen verwendet (siehe `vector_to_hom_mat2d`), für `Transformation` = *'similarity'* Ähnlichkeitsabbildungen (siehe `vector_to_similarity`) und für `Transformation` = *'rigid'* starre Abbildungen (siehe `vector_to_rigid`).

Die berechneten Transformationsmatrizen werden als ein Array von 3×3 projektiven Transformationsmatrizen in `MosaicMatrices2D` zurückgegeben. Zusätzlich werden in (`Rows`, `Cols`) die durch die Bündelausgleichung rekonstruierten Punkte zurückgegeben. Der mittlere Projektionsfehler der rekonstruierten Punkte wird in `Error` zurückgegeben. Dies kann verwendet werden, um zu überprüfen, ob die Optimierung zu sinnvollen Werten konvergiert ist.

Parameter

- ▷ **`NumImages`** (input_control) . . . integer ⇝ *integer*
  Anzahl der verschiedenen Bilder, die zur Kalibrierung verwendet werden.
  Restriktion: NumImages >= 2
- ▷ **`ReferenceImage`** (input_control) . . . integer ⇝ *integer*
  Index des Referenzbildes.
- ▷ **`MappingSource`** (input_control) . . . integer-array ⇝ *integer*
  Indizes der Ausgangsbilder der Transformationen.
- ▷ **`MappingDest`** (input_control) . . . integer-array ⇝ *integer*
  Indizes der Zielbilder der Transformationen.
- ▷ **`HomMatrices2D`** (input_control) . . . hom_mat2d-array ⇝ *real*
  Array von 3×3 projektiven Transformationsmatrizen.
- ▷ **`Rows1`** (input_control) . . . point.x-array ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinaten korrespondierender Punkte in den jeweiligen Ausgangsbildern.
- ▷ **`Cols1`** (input_control) . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinaten korrespondierender Punkte in den jeweiligen Ausgangsbildern.
- ▷ **`Rows2`** (input_control) . . . point.x-array ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinaten korrespondierender Punkte in den jeweiligen Zielbildern.
- ▷ **`Cols2`** (input_control) . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinaten korrespondierender Punkte in den jeweiligen Zielbildern.
- ▷ **`NumCorrespondences`** (input_control) . . . integer-array ⇝ *integer*
  Anzahl der Punktkorrespondenzen im jeweiligen Bildpaar.
- ▷ **`Transformation`** (input_control) . . . string ⇝ *string*
  Verwendete Transformationsklasse.
  Default: 'projective'
  Werteliste: `Transformation` ∈ {'projective', 'affine', 'similarity', 'rigid'}
- ▷ **`MosaicMatrices2D`** (output_control) . . . hom_mat2d-array ⇝ *real*
  Array von 3×3 projektiven Transformationsmatrizen, die die Lage der Bilder im Mosaik bestimmen.
- ▷ **`Rows`** (output_control) . . . point.x-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinaten der durch die Bündelausgleichung rekonstruierten Punkte.
- ▷ **`Cols`** (output_control) . . . point.y-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinaten der durch die Bündelausgleichung rekonstruierten Punkte.
- ▷ **`Error`** (output_control) . . . real(-array) ⇝ *real*
  Durchschnittlicher Fehler pro rekonstruiertem Punkt.

Beispiel

```
* Assume that Images contains the four images of the mosaic in the
* layout given in the above description.  Then the following example
* computes the bundle-adjusted transformation matrices.
From := [1,1,1,2,2,3]
To := [2,3,4,3,4,4]
```

```
HomMatrices2D := []
Rows1 := []
Cols1 := []
Rows2 := []
Cols2 := []
NumMatches := []
for J := 0 to |From|-1 by 1
    select_obj (Images, ImageF, From[J])
    select_obj (Images, ImageT, To[J])
    points_foerstner (ImageF, 1, 2, 3, 100, 0.1, 'gauss', 'true', \
                      RowsF, ColsF, _, _, _, _, _, _, _, _)
    points_foerstner (ImageT, 1, 2, 3, 100, 0.1, 'gauss', 'true', \
                      RowsT, ColsT, _, _, _, _, _, _, _, _)
    proj_match_points_ransac (ImageF, ImageT, RowsF, ColsF, RowsT, ColsT, \
                              'ncc', 10, 0, 0, 480, 640, 0, 0.5, \
                              'gold_standard', 2, 42, HomMat2D, \
                              Points1, Points2)
    HomMatrices2D := [HomMatrices2D,HomMat2D]
    Rows1 := [Rows1,subset(RowsF,Points1)]
    Cols1 := [Cols1,subset(ColsF,Points1)]
    Rows2 := [Rows2,subset(RowsT,Points2)]
    Cols2 := [Cols2,subset(ColsT,Points2)]
    NumMatches := [NumMatches,|Points1|]
endfor
bundle_adjust_mosaic (4, 1, From, To, HomMatrices2D, Rows1, Cols1, \
                      Rows2, Cols2, NumMatches, 'rigid', MosaicMatrices, \
                      Rows, Columns, Error)
gen_bundle_adjusted_mosaic (Images, MosaicImage, HomMatrices2D, \
                            'default', 'false', TransMat2D)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `bundle_adjust_mosaic` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`proj_match_points_ransac`, `proj_match_points_ransac_guided`

Nachfolger

`gen_bundle_adjusted_mosaic`

Siehe auch

`gen_projective_mosaic`

Modul

Matching

gen_bundle_adjusted_mosaic (Images : MosaicImage : HomMatrices2D, StackingOrder, TransformDomain : TransMat2D)

Kombinieren mehrerer Bilder zu einem Mosaikbild.

`gen_bundle_adjusted_mosaic` setzt die Eingabebilder, welche im Objekt `Images` enthalten sind, zu einem Mosaikbild `MosaicImage` zusammen. Die Relativpositionen der Bilder zueinander werden dabei durch

3×3 projektive Transformationsmatrizen beschrieben. Das Array `HomMatrices2D` besteht aus einer Aufeinanderfolge solcher linearisierter Matrizen. Die Transformationsmatrizen können mit `bundle_adjust_mosaic` berechnet werden.

Der Bildausschnitt von `MosaicImage` und seine Größe werden so gewählt, dass alle Ausgangsbilder gerade ganz sichtbar sind.

Die Reihenfolge, in der die Bilder dem Mosaik hinzugefügt werden, wird durch `StackingOrder` bestimmt. Das erste Element dieses Arrays bildet das unterste Bild des Mosaiks, während das letzte ganz oben auf dem Mosaik erscheint. Wird statt einem Array von ganzen Zahlen der Wert *'default'* angegeben, so wird die kanonische Ordnung (Bilder in der Reihenfolge in `Images`) verwendet.

Mit `TransformDomain` kann festgelegt werden, ob auch die Definitionsbereiche von `Images` transformiert werden. Da die Transformation der Definitionsbereiche Zeit kostet, kann dieser Parameter dazu verwendet werden, festzulegen, ob dies erwünscht ist. Wenn `TransformDomain` auf *'false'* gesetzt wird, wird der Definitionsbereich der Eingabebilder ignoriert. Somit werden die kompletten Bilder transformiert.

Als Ausgabe gibt der Parameter `TransMat2D` eine projektive 3×3 Transformationsmatrix, die die Translation beschreibt, die notwendig war, um alle Bilder vollständig in das Ausgabebild abzubilden.

Parameter

- ▷ **`Images`** (input_object) ..... (multichannel-)image-array ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebilder.
- ▷ **`MosaicImage`** (output_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ergebnisbild.
- ▷ **`HomMatrices2D`** (input_control) ..... hom_mat2d-array ⇝ *real*
  Array von 3×3 projektiven Transformationsmatrizen.
- ▷ **`StackingOrder`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / integer
  Reihenfolge der Bilder im Mosaik.
  Default: 'default'
  Wertevorschläge: `StackingOrder` ∈ {'default'}
- ▷ **`TransformDomain`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Sollen die Regionen der Eingabebilder auch transformiert werden?
  Default: 'false'
  Werteliste: `TransformDomain` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **`TransMat2D`** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  3×3 projektive Transformationsmatrix, die die Translation beschreibt, die notwendig war, um alle Bilder vollständig in das Ausgabebild abzubilden.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`bundle_adjust_mosaic`

Alternativen

`gen_projective_mosaic`

Siehe auch

`projective_trans_image`, `projective_trans_image_size`, `projective_trans_region`, `projective_trans_contour_xld`, `projective_trans_point_2d`, `projective_trans_pixel`

Literatur

Richard Hartley, Andrew Zisserman: „Multiple View Geometry in Computer Vision“; Cambridge University Press, Cambridge; 2000.

Olivier Faugeras, Quang-Tuan Luong: „The Geometry of Multiple Images: The Laws That Govern the Formation of Multiple Images of a Scene and Some of Their Applications“; MIT Press, Cambridge, MA; 2001.

Modul

Matching

gen_cube_map_mosaic (Images : Front, Rear, Left, Right, Top, Bottom : CameraMatrices, RotationMatrices, CubeMapDimension, StackingOrder, Interpolation :)

Erzeugen von 6 Cube Maps eines sphärischen Mosaiks.

gen_cube_map_mosaic erzeugt 6 Cube Maps eines sphärischen Mosaiks Front, Left, Rear, Right, Top und Bottom aus den in Images übergebenen Bildern. Die Lage der Bilder im Raum, aus der die Lage der Bilder in Bezug auf die Kugeloberfläche berechnet wird, kann mit stationary_camera_self_calibration bestimmt werden. Die dort berechneten Kameramatrizen und Rotationsmatrizen können direkt in CameraMatrices und RotationMatrices übergeben werden. Ein sphärisches Mosaik kann nur von Aufnahmen einer stationären Kamera berechnet werden (siehe stationary_camera_self_calibration).

Die Breite und Höhe der Cube Maps wird durch CubeMapDimension festgelegt. Dieser Parameter wird in Pixeln angegeben.

Der Modus, in dem die Bilder dem Mosaik hinzugefügt werden, wird durch StackingOrder bestimmt. Für StackingOrder = *'voronoi'* werden die Punkte im Mosaikbild aus der Voronoi-Zelle des jeweiligen Eingabebildes entnommen. Das heißt, dass die Grauwerte aus den zum Mittelpunkt des jeweiligen Bildes auf der Kugeloberfläche am nächsten gelegenen Punkten bestimmt werden. Dieser Modus hat den Vorteil, dass eventuelle Vignettierungen oder unkorrigierte radiale Verzeichnungen im Mosaik weniger auffällig sind, da sie typischerweise symmetrisch zum Bildmittelpunkt sind. Alternativ kann mit der im folgenden beschriebenen Wahl der Parameter ein Modus gewählt werden, der denselben Effekt hat, wie wenn die Bilder nacheinander in das Mosaikbild gezeichnet würden. Hierbei ist die Reihenfolge des Eintragens der Bilder in das Mosaik wichtig. Deswegen kann in StackingOrder ein Array von ganzen Zahlen angegeben werden. Das erste Element dieses Arrays bildet das unterste Bild des Mosaiks, während das letzte ganz oben auf dem Mosaik erscheint. Wird statt einem Array von ganzen Zahlen der Wert *'default'* angegeben, so wird die kanonische Ordnung (Bilder in der Reihenfolge in Images) verwendet. Wenn weder *'voronoi'* noch *'default'* verwendet wird, muss also in StackingOrder eine Permutation der Zahlen 1,...,n verwendet werden, wobei n die Anzahl der in Images übergebenen Bilder ist. Es ist zu beachten, dass der Modus *'voronoi'* nicht immer angewendet werden kann. So müssen z.B. mindestens zwei Bilder übergeben werden. Weiterhin können die Voronoi-Zellen für sehr spezielle Lagen der Bildmittelpunkte auf der Kugel nicht eindeutig bestimmt werden. Darüber hinaus steht mit dem Modus *'blend'* ein Modus bereit, welcher die Bilder des Mosaiks weich ineinander überblendet. Als Grenzen zwischen den Bildern werden hier die gleichen Voronoi-Zellen verwendet, wie im Modus *'voronoi'*. Dieser Modus liefert besonders angenehm wirkende Bilder, benötigt jedoch erheblich mehr Ressourcen. Sollte der Modus *'voronoi'* oder *'blend'* aus irgendeinem Grund nicht anwendbar sein, wird intern automatisch auf den Modus *'default'* umgeschaltet.

Mit dem Parameter Interpolation wird der gewünschte Interpolationsmodus für die Erstellung der Cube Maps gewählt. Es besteht die Wahlmöglichkeit zwischen bilinearer und bikubischer Interpolation für alle Modi von StackingOrder. *'nearest_neighbor'* ist nur verfügbar wenn für StackingOrder *'default'* oder *'voronoi'* gewählt ist.

Parameter

- ▷ **Images** (input_object) ..... (multichannel-)image-array ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebilder.
- ▷ **Front** (output_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Vordere Cube Map.
- ▷ **Rear** (output_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Hinterer Cube Map.
- ▷ **Left** (output_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Linke Cube Map.
- ▷ **Right** (output_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Rechte Cube Map.
- ▷ **Top** (output_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Obere Cube Map.
- ▷ **Bottom** (output_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Untere Cube Map.
- ▷ **CameraMatrices** (input_control) ..... hom_mat2d-array ⇝ *real*
  (Array von) 3×3 projektiven Kameramatrizen, die die internen Kameraparameter bestimmen.

▷ **RotationMatrices** (input_control) . . . . . hom_mat2d-array ⇝ *real*
Array von 3×3 Transformationsmatrizen, die die Rotation der Kamera im jeweiligen Bild bestimmen.

▷ **CubeMapDimension** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Breite und Höhe der zu berechnenden Cube Maps.
Default: 1000
Restriktion: CubeMapDimension >= 0

▷ **StackingOrder** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer
Modus des Eintragens der Bilder in das Mosaik.
Default: 'voronoi'
Wertevorschläge: `StackingOrder` ∈ {'blend', 'voronoi', 'default'}

▷ **Interpolation** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Modus der Interpolation der Bilder.
Default: 'bilinear'
Wertevorschläge: `Interpolation` ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic'}

Beispiel

```
* For the input data to stationary_camera_self_calibration, please
* refer to the example for stationary_camera_self_calibration.
stationary_camera_self_calibration (4, 640, 480, 1, From, To, \
                                    HomMatrices2D, Rows1, Cols1, \
                                    Rows2, Cols2, NumMatches, \
                                    'gold_standard', \
                                    ['focus','principal_point'], \
                                    'true', CameraMatrix, Kappa, \
                                    RotationMatrices, X, Y, Z, Error)
gen_cube_map_mosaic (Images, Front, Left, Rear, Right, Top, Bottom, \
                     CameraMatrix, RotationMatrices, 1000, 'default', \
                     'bicubic')

* Alternatively, if kappa should be determined, the following calls
* can be made:
stationary_camera_self_calibration (4, 640, 480, 1, From, To, \
                                    HomMatrices2D, Rows1, Cols1, \
                                    Rows2, Cols2, NumMatches, \
                                    'gold_standard', \
                                    ['focus','principal_point','kappa'], \
                                    'true', CameraMatrix, Kappa, \
                                    RotationMatrices, X, Y, Z, Error)
cam_mat_to_cam_par (CameraMatrix, Kappa, 640, 480, CamParam)
change_radial_distortion_cam_par ('fixed', CamParam, 0, CamParOut)
gen_radial_distortion_map (Map, CamParam, CamParOut, 'bilinear')
map_image (Images, Map, ImagesRect)
gen_cube_map_mosaic (Images, Front, Left, Rear, Right, Top, Bottom, \
                     CameraMatrix, RotationMatrices, 1000, 'default', \
                     'bicubic')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_cube_map_mosaic` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

stationary_camera_self_calibration

Alternativen

gen_spherical_mosaic, gen_projective_mosaic

Literatur

Lourdes Agapito, E. Hayman, I. Reid: „Self-Calibration of Rotating and Zooming Cameras“; International Journal of Computer Vision; vol. 45, no. 2; pp. 107–127; 2001.

Olivier Faugeras, Quang-Tuan Luong: „The Geometry of Multiple Images: The Laws That Govern the Formation of Multiple Images of a Scene and Some of Their Applications“; MIT Press, Cambridge, MA; 2001.

Modul

Matching

```
gen_projective_mosaic ( Images : MosaicImage : StartImage,
    MappingSource, MappingDest, HomMatrices2D, StackingOrder,
    TransformDomain : MosaicMatrices2D )
```

Kombinieren mehrerer Bilder zu einem Mosaikbild.

gen_projective_mosaic setzt die Eingabebilder, welche im Objekt Images enthalten sind, zu einem Mosaikbild MosaicImage zusammen. Die Relativpositionen der Bilder zueinander werden dabei durch 3×3 projektive Transformationsmatrizen beschrieben. Das Array HomMatrices2D besteht aus einer Aufeinanderfolge solcher linearisierter Matrizen. Die Werte in MappingSource und MappingDest geben an, zwischen welchen Bildern die zugehörige Matrix anzuwenden ist. MappingSource=*4* und MappingDest=*7* bedeutet also, dass die Matrix die Transformation des Inhalts von Bild *4* in die Ebene des Bildes *7* beschreibt. Die Transformationsmatrizen zwischen den jeweiligen durch MappingSource und MappingDest gegebenen Bildpaaren werden typischerweise mit proj_match_points_ransac bestimmt.

Wie bei den Bildobjektzugriffsoperatoren (z.B. select_obj) üblich werden die Bilder ab 1 gezählt, d.h. MappingSource, MappingDest, StartImage und StackingOrder) müssen Werte zwischen 1 und der Anzahl der übergebenen Bilder enthalten.

Der Parameter StartImage gibt an, welches der Bilder die Bildebene des Gesamtbildes darstellen soll, welches Bild also unverändert ins Zielbild übernommen wird. Dies ist im allgemeinen ein Bild, das sich in der Mitte des Mosaiks befindet.

Der Bildausschnitt von MosaicImage und seine Größe werden so gewählt, dass alle Ausgangsbilder gerade ganz sichtbar sind.

Die Reihenfolge, in der die Bilder dem Mosaik hinzugefügt werden, wird durch StackingOrder bestimmt. Das erste Element dieses Arrays bildet das unterste Bild des Mosaiks, während das letzte ganz oben auf dem Mosaik erscheint. Wird statt einem Array von ganzen Zahlen der Wert *'default'* angegeben, so wird die kanonische Ordnung (Bilder in der Reihenfolge in Images) verwendet.

Mit TransformDomain kann festgelegt werden, ob auch die Definitionsbereiche von Images transformiert werden. Da die Transformation der Definitionsbereiche Zeit kostet, kann dieser Parameter dazu verwendet werden, festzulegen, ob dies erwünscht ist. Wenn TransformDomain auf *'false'* gesetzt wird, wird der Definitionsbereich der Eingabebilder ignoriert. Somit werden die kompletten Bilder transformiert.

Als Ausgabe gibt der Parameter MosaicMatrices2D eine Menge von 3×3 projektiven Transformationsmatrizen, die für jedes Bild in Images die Abbildung des Bildes an seine Position im Mosaik beschreibt.

Parameter

- ▷ **Images** (input_object) ..... (multichannel-)image-array ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebilder.
- ▷ **MosaicImage** (output_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ergebnisbild.
- ▷ **StartImage** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Index des zentralen Eingabebildes.
- ▷ **MappingSource** (input_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Indizes der Ausgangsbilder der Transformationen.

▷ **MappingDest** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Indizes der Zielbilder der Transformationen.

▷ **HomMatrices2D** (input_control) . . . . . hom_mat2d-array ⇝ *real*
Array von 3×3 projektiven Transformationsmatrizen.

▷ **StackingOrder** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer
Reihenfolge der Bilder im Mosaik.
Default: 'default'
Wertevorschläge: `StackingOrder` ∈ {'default'}

▷ **TransformDomain** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Sollen die Regionen der Eingabebilder auch transformiert werden?
Default: 'false'
Werteliste: `TransformDomain` ∈ {'true', 'false'}

▷ **MosaicMatrices2D** (output_control) . . . . . hom_mat2d-array ⇝ *real*
Array von 3×3 projektiven Transformationsmatrizen, die die Lage der Bilder im Mosaik bestimmen.

Beispiel

```
gen_empty_obj (Images)
for J := 1 to 6 by 1
    read_image (Image, 'mosaic/pcb_'+J$'02')
    concat_obj (Images, Image, Images)
endfor
From := [1,2,3,4,5]
To := [2,3,4,5,6]
Num := |From|
ProjMatrices := []
for J := 0 to Num-1 by 1
    F := From[J]
    T := To[J]
    select_obj (Images, ImageF, F)
    select_obj (Images, ImageT, T)
    points_foerstner (ImageF, 1, 2, 3, 200, 0.3, 'gauss', 'false', \
                      RowJunctionsF, ColJunctionsF, CoRRJunctionsF, \
                      CoRCJunctionsF, CoCCJunctionsF, RowAreaF, \
                      ColAreaF, CoRRAreaF, CoRCAreaF, CoCCAreaF)
    points_foerstner (ImageT, 1, 2, 3, 200, 0.3, 'gauss', 'false', \
                      RowJunctionsT, ColJunctionsT, CoRRJunctionsT, \
                      CoRCJunctionsT, CoCCJunctionsT, RowAreaT, \
                      ColAreaT, CoRRAreaT, CoRCAreaT, CoCCAreaT)
    proj_match_points_ransac (ImageF, ImageT, RowJunctionsF, \
                               ColJunctionsF, RowJunctionsT, \
                               ColJunctionsT, 'ncc', 21, 0, 0, 480, 640, \
                               0, 0.5, 'gold_standard', 1, 4364537, \
                               ProjMatrix, Points1, Points2)
    ProjMatrices := [ProjMatrices,ProjMatrix]
endfor
gen_projective_mosaic (Images, MosaicImage, 2, From, To, ProjMatrices, \
                       'default', 'false', MosaicMatrices2D)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

proj_match_points_ransac, proj_match_points_ransac_guided, vector_to_proj_hom_mat2d, hom_vector_to_proj_hom_mat2d

Siehe auch

projective_trans_image, projective_trans_image_size, projective_trans_region, projective_trans_contour_xld, projective_trans_point_2d, projective_trans_pixel

Literatur

Richard Hartley, Andrew Zisserman: „Multiple View Geometry in Computer Vision“; Cambridge University Press, Cambridge; 2000.

Olivier Faugeras, Quang-Tuan Luong: „The Geometry of Multiple Images: The Laws That Govern the Formation of Multiple Images of a Scene and Some of Their Applications“; MIT Press, Cambridge, MA; 2001.

Modul

Matching

gen_spherical_mosaic (Images : MosaicImage : CameraMatrices, RotationMatrices, LatMin, LatMax, LongMin, LongMax, LatLongStep, StackingOrder, Interpolation :)

Erzeugen eines sphärischen Mosaikbildes.

gen_spherical_mosaic erzeugt ein sphärisches Mosaik MosaicImage aus den in Images übergebenen Bildern. Die Lage der Bilder im Raum, aus der die Lage der Bilder in Bezug auf die Kugeloberfläche berechnet wird, kann mit stationary_camera_self_calibration bestimmt werden. Die dort berechneten Kameramatrizen und Rotationsmatrizen können direkt in CameraMatrices und RotationMatrices übergeben werden. Ein sphärisches Mosaik kann nur von Aufnahmen einer stationären Kamera berechnet werden (siehe stationary_camera_self_calibration).

Das Mosaik wird in Kugelkoordinaten (Länge und Breite) berechnet. Dabei entspricht die Breite der Zeilenachse und die Länge der Spaltenachse von MosaicImage. Der berechnete Ausschnitt der Kugeloberfläche wird durch LatMin, LatMax, LongMin und LongMax festgelegt. Diese Parameter werden in Grad angegeben und legen einen rechteckigen Ausschnitt der Längen- und Breitenkoordinaten fest. Dabei entspricht eine Breite von *-90* dem Nordpol (also der Blickrichtung senkrecht nach oben) und eine Breite von *90* dem Südpol (Blickrichtung senkrecht nach unten). Die Länge von *0* entspricht der Betrachtungsrichtung nach vorne. Negative Längen entsprechen Blickwinkeln nach links, positive Längen Blickwinkeln nach rechts. Um ein vollständiges Bild der Kugeloberfläche zu erhalten, ist also LatMin = *-90*, LatMax = *90*, LongMin = *-180* und LongMax = *180* zu verwenden. In vielen Fällen wird das Mosaik nicht die gesamte Kugeloberfläche abdecken. In diesem Fall ist es sinnvoll, einen Ausschnitt der Kugeloberfläche mit den obigen Parametern auszuwählen. Dies kann zum einen geschehen, indem das Rechteck explizit angegeben wird. Oftmals ist es aber wünschenswert, das kleinstmögliche Rechteck, das alle Bilder enthält, automatisch bestimmen zu lassen. Dies kann geschehen, indem LatMin < *-90*, LatMax > *90*, LongMin < *-180* und LongMax > *180* spezifiziert wird. Dabei werden nur diejenigen Parameter automatisch bestimmt, die außerhalb des normalen Wertebereichs liegen.

Die Winkelschrittweite pro Pixel in MosaicImage kann mit LatLongStep festgelegt werden. LatLongStep wird auch in Grad angegeben. Hiermit kann die Auflösung des Mosaikbildes bestimmt werden. Falls LatLongStep auf *0* gesetzt wird, wird die Winkelschrittweite automatisch bestimmt, indem versucht wird, die Pixelgröße der Originalbilder so gut wie möglich zu erhalten.

Der Modus, in dem die Bilder dem Mosaik hinzugefügt werden, wird durch StackingOrder bestimmt. Für StackingOrder = *'voronoi'* werden die Punkte im Mosaikbild aus der Voronoi-Zelle des jeweiligen Eingabebildes entnommen. Das heißt, dass die Grauwerte aus den zum Mittelpunkt des jeweiligen Bildes auf der Kugeloberfläche am nächsten gelegenen Punkten bestimmt werden. Dieser Modus hat den Vorteil, dass eventuelle Vignettierungen oder unkorrigierte radiale Verzeichnungen im Mosaik weniger auffällig sind, da sie typischerweise symmetrisch zum Bildmittelpunkt sind. Alternativ kann mit der im Folgenden beschriebenen Wahl der Parameter ein Modus gewählt werden, der denselben Effekt hat, wie wenn die Bilder nacheinander in das Mosaikbild gezeichnet würden. Hierbei ist die Reihenfolge des Eintragens der Bilder in das Mosaik wichtig. Deswegen kann in StackingOrder ein Array von ganzen Zahlen angegeben werden. Das erste Element dieses Arrays bildet das unterste Bild des Mosaiks, während das letzte ganz oben auf dem Mosaik erscheint. Wird statt einem Array von ganzen Zahlen der Wert *'default'* angegeben, so wird die kanonische Ordnung (Bilder in der Reihenfolge in Images) verwendet. Wenn weder *'voronoi'* noch *'default'* verwendet wird, muss in StackingOrder eine Permutation der Zahlen 1,...,n verwendet werden, wobei n die Anzahl der in Images übergebenen Bilder ist. Es ist zu beachten, dass der Modus *'voronoi'* nicht immer angewendet werden kann. So müssen z.B. mindestens zwei Bil-

der übergeben werden. Weiterhin können die Voronoi-Zellen für sehr spezielle Lagen der Bildmittelpunkte auf der Kugel nicht eindeutig bestimmt werden. Darüber hinaus steht mit dem Modus *'blend'* ein Modus bereit, welcher die Bilder des Mosaiks weich ineinander überblendet. Als Grenzen zwischen den Bildern werden hier die gleichen Voronoi-Zellen verwendet, wie im Modus *'voronoi'*. Dieser Modus liefert besonders angenehm wirkende Bilder, benötigt jedoch erheblich mehr Ressourcen. Sollte der Modus *'voronoi'* oder *'blend'* aus irgendeinem Grund nicht anwendbar sein, wird intern automatisch auf den Modus *'default'* umgeschaltet.

Mit dem Parameter `Interpolation` wird gewünschte Interpolationsmodus für die Erstellung des Mosaiks gewählt. Es besteht die Wahlmöglichkeit zwischen bilinearer und bikubischer Interpolation für alle Modi von `StackingOrder`. *'nearest_neighbor'* ist nur verfügbar wenn für `StackingOrder` *'default'* oder *'voronoi'* gewählt ist.

Parameter

- ▷ **`Images`** (input_object) ..... (multichannel-)image-array ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Eingabebilder.
- ▷ **`MosaicImage`** (output_object) ..... (multichannel-)image ⇝ *object :* byte / uint2 / real
  Ergebnisbild.
- ▷ **`CameraMatrices`** (input_control) ..... hom_mat2d-array ⇝ *real*
  (Array von) 3×3 projektiven Kameramatrizen, die die internen Kameraparameter bestimmen.
- ▷ **`RotationMatrices`** (input_control) ..... hom_mat2d-array ⇝ *real*
  Array von 3×3 Transformationsmatrizen, die die Rotation der Kamera im jeweiligen Bild bestimmen.
- ▷ **`LatMin`** (input_control) ..... angle.deg ⇝ *real* / integer
  Minimaler Breitengrad der Punkte im sphärischen Mosaik.
  Default: -90
  Wertevorschläge: `LatMin` ∈ {-100, -90, -80, -70, -60, -50, -40, -30, -20, -10}
  Restriktion: LatMin <= 90
- ▷ **`LatMax`** (input_control) ..... angle.deg ⇝ *real* / integer
  Maximaler Breitengrad der Punkte im sphärischen Mosaik.
  Default: 90
  Wertevorschläge: `LatMax` ∈ {10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100}
  Restriktion: LatMax >= -90 && LatMax > LatMin
- ▷ **`LongMin`** (input_control) ..... angle.deg ⇝ *real* / integer
  Minimaler Längengrad der Punkte im sphärischen Mosaik.
  Default: -180
  Wertevorschläge: `LongMin` ∈ {-200, -180, -160, -140, -120, -100, -90, -80, -70, -60, -50, -40, -30, -20, -10}
  Restriktion: LongMin <= 180
- ▷ **`LongMax`** (input_control) ..... angle.deg ⇝ *real* / integer
  Maximaler Längengrad der Punkte im sphärischen Mosaik.
  Default: 180
  Wertevorschläge: `LongMax` ∈ {10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200}
  Restriktion: LongMax >= -90 && LongMax > LongMin
- ▷ **`LatLongStep`** (input_control) ..... angle.deg ⇝ *real* / integer
  Winkelschrittweite der Längen und Breiten.
  Default: 0.1
  Wertevorschläge: `LatLongStep` ∈ {0, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1}
  Restriktion: LatLongStep >= 0
- ▷ **`StackingOrder`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / integer
  Modus des Eintragens der Bilder in das Mosaik.
  Default: 'voronoi'
  Wertevorschläge: `StackingOrder` ∈ {'blend', 'voronoi', 'default'}
- ▷ **`Interpolation`** (input_control) ..... string ⇝ *string* / integer
  Interpolationsmodus für die Berechnung des Mosaiks.
  Default: 'bilinear'
  Wertevorschläge: `Interpolation` ∈ {'nearest_neighbor', 'bilinear', 'bicubic'}

Beispiel

```
* For the input data to stationary_camera_self_calibration, please
* refer to the example for stationary_camera_self_calibration.
```

```
stationary_camera_self_calibration (4, 640, 480, 1, From, To, \
                                    HomMatrices2D, Rows1, Cols1, \
                                    Rows2, Cols2, NumMatches, \
                                    'gold_standard', \
                                    ['focus','principal_point'], \
                                    'true', CameraMatrix, Kappa, \
                                    RotationMatrices, X, Y, Z, Error)
gen_spherical_mosaic (Images, MosaicImage, CameraMatrix, \
                      RotationMatrices, -100, 100, -200, 200, 0, \
                      'default','bilinear')

* Alternatively, if kappa should be determined, the following calls
* can be made:
stationary_camera_self_calibration (4, 640, 480, 1, From, To, \
                                    HomMatrices2D, Rows1, Cols1, \
                                    Rows2, Cols2, NumMatches, \
                                    'gold_standard', \
                                    ['focus','principal_point','kappa'], \
                                    'true', CameraMatrix, Kappa, \
                                    RotationMatrices, X, Y, Z, Error)
cam_mat_to_cam_par (CameraMatrix, Kappa, 640, 480, CamParam)
change_radial_distortion_cam_par ('fixed', CamParam, 0, CamParOut)
gen_radial_distortion_map (Map, CamParam, CamParOut, 'bilinear')
map_image (Images, Map, ImagesRect)
gen_spherical_mosaic (ImagesRect, MosaicImage, CameraMatrix, \
                      RotationMatrices, -100, 100, -200, 200, 0, \
                      'default','bilinear')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_spherical_mosaic` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`stationary_camera_self_calibration`

Alternativen

`gen_cube_map_mosaic`, `gen_projective_mosaic`

Literatur

Lourdes Agapito, E. Hayman, I. Reid: „Self-Calibration of Rotating and Zooming Cameras“; International Journal of Computer Vision; vol. 45, no. 2; pp. 107–127; 2001.

Olivier Faugeras, Quang-Tuan Luong: „The Geometry of Multiple Images: The Laws That Govern the Formation of Multiple Images of a Scene and Some of Their Applications“; MIT Press, Cambridge, MA; 2001.

Modul

Matching

proj_match_points_distortion_ransac (Image1, Image2 : : Rows1, Cols1, Rows2, Cols2, GrayMatchMethod, MaskSize, RowMove, ColMove, RowTolerance, ColTolerance, Rotation, MatchThreshold, EstimationMethod, DistanceThreshold, RandSeed : HomMat2D, Kappa, Error, Points1, Points2)

Automatische Bestimmung der projektiven Transformationsmatrix zwischen zwei Bildern und des radialen Verzeichnungskoeffizienten durch Zuordnung von Bildpunkten.

Ausgehend von einer Menge charakteristischer Punkte (Rows1, Cols1) und (Rows2, Cols2) in den beiden Eingabebildern Image1 und Image2, welche dieselbe Größe besitzen müssen, bestimmt proj_match_points_distortion_ransac automatisch die Korrespondenz der Punkte, die homogene projektive Transformationsmatrix HomMat2D und den radialen Verzeichnungskoeffizienten Kappa (κ), welche die folgende Gleichung am besten erfüllen:

$$\begin{pmatrix} r_2 \\ c_2 \\ 1 \end{pmatrix} = \texttt{HomMat2D} \cdot \begin{pmatrix} r_1 \\ c_1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Hierbei sind (r_1, c_1) und (r_2, c_2) Bildpunkte, die durch Entzerrung der Eingabebildpunkte mit dem Divisionsmodell entstehen (siehe Kalibrierung):

$$r = \frac{\tilde{r}}{1 + \kappa(\tilde{r}^2 + \tilde{c}^2)} \qquad c = \frac{\tilde{c}}{1 + \kappa(\tilde{r}^2 + \tilde{c}^2)}$$

Hierbei bezeichnen $(\tilde{r}_1, \tilde{c}_1) = (\texttt{Rows1} - 0.5(h-1), \texttt{Cols1} - 0.5(w-1))$
und $(\tilde{r}_2, \tilde{c}_2) = (\texttt{Rows2} - 0.5(h-1), \texttt{Cols2} - 0.5(w-1))$
die verzerrten Bildpunkte relativ zum Bildmittelpunkt und w und h die Breite und Höhe der Eingabebilder. proj_match_points_distortion_ransac nimmt also an, dass der Hauptpunkt, d.h. das Zentrum der radialen Verzeichnungen, im Bildmittelpunkt liegt.

Das zurückgelieferte Kappa kann dazu verwendet werden, Kameraparameter zu konstruieren, die zur Entzerrung von Bildern oder Bildpunkten verwendet werden können (siehe change_radial_distortion_cam_par, change_radial_distortion_image und change_radial_distortion_points):

$$\begin{aligned} \texttt{CamPar} \quad = \quad & ['area_scan_telecentric_division', 1.0, \texttt{Kappa}, 1.0, 1.0, \\ & 0.5(w-1), 0.5(h-1), w, h] \end{aligned}$$

Das Matchingverfahren beruht auf charakteristischen Punkten, welche mit Punktoperatoren, wie z.B. points_foerstner oder points_harris, extrahiert wurden. Die Bestimmung der Korrespondenzen erfolgt in 2 Schritten: Zuerst werden die Grauwertkorrelationen der Umgebungen der Eingabepunkte im ersten und zweiten Bild bestimmt und anhand dieser ein initiales Matching zwischen den Punkten ermittelt. Dann wird das RANSAC-Verfahren angewendet, um die projektive Transformationsmatrix und den radialen Verzeichnungskoeffizienten zu finden, welche die Anzahl der korrespondierenden Punktpaare unter Erfüllung der obigen Bedingung maximieren.

Die Größe der Grauwertfenster, die für das Matching verwendet werden, beträgt MaskSize $\times$ MaskSize. Es können drei Metriken für die Korrelation gewählt werden. Hat GrayMatchMethod den Wert *'ssd'*, so wird das Quadrat der Grauwertdifferenzen verwendet, *'sad'* entspricht dem Betrag der Grauwertdifferenzen und *'ncc'* ist die normierte Kreuzkorrelation (siehe auch binocular_disparity). Diese Metrik wird über alle Punktpaare minimiert (*'ssd'*, *'sad'*) bzw. maximiert (*'ncc'*), eine so gefundene Korrespondenz wird aber nur akzeptiert, falls der Wert der Metrik unter dem Wert von MatchThreshold (*'ssd'*, *'sad'*) bzw. über demselben (*'ncc'*) liegt.

Zur Geschwindigkeitssteigerung kann der Suchbereich für die Match-Kandidaten auf ein Rechteck, das durch Größe und Verschiebung spezifiziert wird, eingeschränkt werden. Nur Punkte innerhalb eines $2 \cdot$ RowTolerance $\times 2 \cdot$ ColTolerance Punkte großen Fensters werden betrachtet. Die Verschiebung des Mittelpunkts dieses Fensters im zweiten Bild gegenüber der Position des aktuellen Punktes im ersten Bild wird durch die Parameter RowMove und ColMove bestimmt.

Enthält die gesuchte Transformation eine Drehung, ist also das eine gegenüber dem anderen Bild gedreht, kann im Parameter Rotation eine Schätzung des Drehwinkels bzw. ein Winkelintervall im Bogenmaß übergeben werden. Eine gute Schätzung des Winkels erhöht die Qualität des Grauwertwertmatchings. Falls sich die tatsächliche Rotation zu stark von der angegebenen Schätzung unterscheidet, schlägt das Matching typischerweise fehl. In diesem Fall sollte ein Winkelintervall angegeben werden. Je größer das angegebene Winkelintervall, desto langsamer läuft der Operator, denn für alle relevanten (automatisch bestimmten) Winkel innerhalb des Intervalls wird das Verfahren komplett durchlaufen.

Ist das initiale Punktmatching bestimmt, wird es anschließend durch einen randomisierten Auswahlalgorithmus (RANSAC) zur Bestimmung der projektiven Transformationsmatrix HomMat2D und des radialen Verzeichnungskoeffizienten Kappa benutzt. Dabei wird versucht, diese Parameter so zu wählen, dass sie bezüglich der Schranke DistanceThreshold zu möglichst vielen Punktpaaren konsistent ist.

Der Parameter EstimationMethod gibt an, welches Verfahren zur Berechnung der projektiven Transformationsmatrix angewendet wird. Falls EstimationMethod auf *'linear'* gesetzt wird, wird ein lineares Verfahren verwendet, das einen algebraischen Fehler basierend auf den obigen Gleichungen minimiert. Dieses Verfahren ist sehr schnell und liefert genaue Ergebnisse für geringes bis mittleres Rauschen der Punktkoordinaten und für die meisten Verzeichnungen (außer kleinen Verzeichnungen). Für EstimationMethod = *'gold_standard'* wird eine mathematisch optimale, dafür aber langsamere, Optimierung durchführt, die den geometrischen Reprojektionsfehler minimiert. Im allgemeinen sollte EstimationMethod = *'gold_standard'* gewählt werden.

Der Wert Error gibt die Qualität des Matchings an und ist der mittlere symmetrische euklidische Abstand der Punkte zu ihren korrespondierenden transformierten Punkten, gemessen in Pixeln.

Punktpaare, welche die Konsistenzbedingungen erfüllen, werden als Korrespondenzen akzeptiert. Points1 enthält die Indizes der zugeordneten Eingabepunkte im ersten Bild, Points2 die Indizes der dazu korrespondierenden Punkte im zweiten Bild.

Der Parameter RandSeed kann benutzt werden, um das randomisierte Verhalten des RANSAC-Verfahrens zu kontrollieren und somit reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Wird RandSeed auf einen positiven Wert gesetzt, so liefert der Operator bei jedem Aufruf mit denselben Parametern auch dasselbe Resultat, da der intern verwendete Zufallsgenerator mit RandSeed initialisiert wird. Ist RandSeed = *0*, so wird der Zufallsgenerator mit der aktuellen Zeit initialisiert. Daher sind in diesem Fall die Ergebnisse unter Umständen nicht reproduzierbar. Welcher Wert für den HALCON Systemparameter *'seed_rand'* (siehe set_system) gesetzt ist hat keinen Einfluss auf das Ergebnis von proj_match_points_distortion_ransac.

Parameter

- ▷ **Image1** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild 1.
- ▷ **Image2** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild 2.
- ▷ **Rows1** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 1 (Zeilenkoordinate).
  Restriktion: length(Rows1) >= 5
- ▷ **Cols1** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 1 (Spaltenkoordinate).
  Restriktion: length(Cols1) == length(Rows1)
- ▷ **Rows2** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 2 (Zeilenkoordinate).
  Restriktion: length(Rows2) >= 5
- ▷ **Cols2** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 2 (Spaltenkoordinate).
  Restriktion: length(Cols2) == length(Rows2)
- ▷ **GrayMatchMethod** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Metrik für den Vergleich der Grauwerte.
  Default: 'ncc'
  Werteliste: GrayMatchMethod ∈ {'ncc', 'ssd', 'sad'}
- ▷ **MaskSize** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Größe der Grauwertmasken.
  Default: 10
  Wertevorschläge: MaskSize ∈ {3, 7, 15}
  Wertebereich: 1 ≤ MaskSize

▷ **RowMove** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Mittlere Zeilenverschiebung.
Default: 0

▷ **ColMove** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Mittlere Spaltenverschiebung.
Default: 0

▷ **RowTolerance** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Halbe Höhe des Suchfensters für das Punktmatching.
Default: 200
Restriktion: RowTolerance >= 1

▷ **ColTolerance** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Halbe Breite des Suchfensters für das Punktmatching.
Default: 200
Restriktion: ColTolerance >= 1

▷ **Rotation** (input_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
Schätzung für die Rotation des zweiten Bildes relativ zum ersten Bild.
Default: 0.0
Wertevorschläge: `Rotation` ∈ {0.0, 0.1, -0.1, 0.7854, 1.571, 3.142}

▷ **MatchThreshold** (input_control) ..... number ⇝ *integer* / real
Schwellenwert für Grauwertkorrespondenzen.
Default: 0.7
Wertevorschläge: `MatchThreshold` ∈ {0.9, 0.7, 0.5, 10, 20, 50, 100}

▷ **EstimationMethod** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Algorithmus zur Berechnung der projektiven Transformationsmatrix.
Default: 'gold_standard'
Werteliste: `EstimationMethod` ∈ {'linear', 'gold_standard'}

▷ **DistanceThreshold** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Schwelle für Konsistenzüberprüfung.
Default: 1
Restriktion: DistanceThreshold > 0

▷ **RandSeed** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Startwert für den Zufallszahlengenerator.
Default: 0

▷ **HomMat2D** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Berechnete homogene projektive Transformationsmatrix.

▷ **Kappa** (output_control) ..... real ⇝ *real*
Berechneter Verzeichnungskoeffizient.

▷ **Error** (output_control) ..... real ⇝ *real*
Mittlerer quadratischer Transformationsfehler.

▷ **Points1** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Indizes der zugeordneten Eingabepunkte aus Bild 1.

▷ **Points2** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Indizes der zugeordneten Eingabepunkte aus Bild 2.

Beispiel

```
points_foerstner (Image1, 1, 2, 3, 50, 0.1, 'gauss', 'true', \
                  Rows1, Cols1, _, _, _, _, _, _, _, _)
points_foerstner (Image2, 1, 2, 3, 50, 0.1, 'gauss', 'true', \
                  Rows2, Cols2, _, _, _, _, _, _, _, _)
get_image_size (Image1, Width, Height)
proj_match_points_distortion_ransac (Image1, Image2, Rows1, Cols1, \
                                     Rows2, Cols2, 'ncc', 10, 0, 0, \
                                     Height, Width, 0, 0.5, \
                                     'gold_standard', 1, 42, \
                                     HomMat2D, Kappa, Error, \
                                     Points1, Points2)
CamParDist := ['area_scan_division',0.0,Kappa,1.0,1.0, \
```

```
                0.5*(Width-1),0.5*(Height-1),Width,Height]
change_radial_distortion_cam_par ('fixed', CamParDist, 0, CamPar)
change_radial_distortion_image (Image1, Image1, Image1Rect, \
                                CamParDist, CamPar)
change_radial_distortion_image (Image2, Image2, Image2Rect, \
                                CamParDist, CamPar)
concat_obj (Image1Rect, Image2Rect, ImagesRect)
gen_projective_mosaic (ImagesRect, MosaicImage, 1, 1, 2, HomMat2D, \
                       'default', 'false', MosaicMatrices2D)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

points_foerstner, points_harris

Nachfolger

vector_to_proj_hom_mat2d_distortion, change_radial_distortion_cam_par, change_radial_distortion_image, change_radial_distortion_points, gen_binocular_proj_rectification, projective_trans_image, projective_trans_image_size, projective_trans_region, projective_trans_contour_xld, projective_trans_point_2d, projective_trans_pixel

Alternativen

proj_match_points_distortion_ransac_guided

Siehe auch

proj_match_points_ransac, proj_match_points_ransac_guided, hom_vector_to_proj_hom_mat2d, vector_to_proj_hom_mat2d

Literatur

Richard Hartley, Andrew Zisserman: „Multiple View Geometry in Computer Vision“; Cambridge University Press, Cambridge; 2003.

Olivier Faugeras, Quang-Tuan Luong: „The Geometry of Multiple Images: The Laws That Govern the Formation of Multiple Images of a Scene and Some of Their Applications“; MIT Press, Cambridge, MA; 2001.

Modul

Matching

proj_match_points_distortion_ransac_guided (Image1, Image2 : : Rows1, Cols1, Rows2, Cols2, GrayMatchMethod, MaskSize, HomMat2DGuide, KappaGuide, DistanceTolerance, MatchThreshold, EstimationMethod, DistanceThreshold, RandSeed : HomMat2D, Kappa, Error, Points1, Points2)

Automatische Bestimmung der projektiven Transformationsmatrix zwischen zwei Bildern und des radialen Verzeichnungskoeffizienten durch Zuordnung von Bildpunkten basierend auf bekannten Näherungen der projektiven Transformationsmatrix und des radialen Verzeichnungskoeffizienten.

Ausgehend von einer Menge charakteristischer Punkte (Rows1, Cols1) und (Rows2, Cols2) in den beiden Eingabebildern Image1 und Image2, welche dieselbe Größe besitzen müssen, und bekannten Näherungen HomMat2DGuide und KappaGuide für die Transformation von Image1 zu Image2 bestimmt proj_match_points_distortion_ransac_guided automatisch die Korrespondenz der Punkte, die homogene projektive Transformationsmatrix HomMat2D und den radialen Verzeichnungskoeffizienten Kappa (κ), welche die folgende Gleichung am besten erfüllen:

$$\begin{pmatrix} r_2 \\ c_2 \\ 1 \end{pmatrix} = \texttt{HomMat2D} \cdot \begin{pmatrix} r_1 \\ c_1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Hierbei sind (r_1, c_1) und (r_2, c_2) Bildpunkte, die durch Entzerrung der Eingabebildpunkte mit dem Divisionsmodell entstehen (siehe Kalibrierung):

$$r = \frac{\tilde{r}}{1 + \kappa(\tilde{r}^2 + \tilde{c}^2)} \qquad c = \frac{\tilde{c}}{1 + \kappa(\tilde{r}^2 + \tilde{c}^2)}$$

Hierbei bezeichnen $(\tilde{r}_1, \tilde{c}_1) = (\texttt{Rows1} - 0.5(h-1), \texttt{Cols1} - 0.5(w-1))$

und $(\tilde{r}_2, \tilde{c}_2) = (\texttt{Rows2} - 0.5(h-1), \texttt{Cols2} - 0.5(w-1))$

die verzerrten Bildpunkte relativ zum Bildmittelpunkt und w und h die Breite und Höhe der Eingabebilder. `proj_match_points_distortion_ransac_guided` nimmt also an, dass der Hauptpunkt, d.h. das Zentrum der radialen Verzeichnungen, im Bildmittelpunkt liegt.

Das zurückgelieferte `Kappa` kann dazu verwendet werden, Kameraparameter zu konstruieren, die zur Entzerrung von Bildern oder Bildpunkten verwendet werden können (siehe `change_radial_distortion_cam_par`, `change_radial_distortion_image` und `change_radial_distortion_points`):

$$\begin{aligned} \texttt{CamPar} \quad = \quad & [\text{'}area_scan_telecentric_division\text{'}, 1.0, \texttt{Kappa}, 1.0, 1.0, \\ & 0.5(w-1), 0.5(h-1), w, h] \end{aligned}$$

Die Näherung `HomMat2DGuide` kann z.B. mit `proj_match_points_distortion_ransac` auf niedriger aufgelösten Versionen von `Image1` zu `Image2` bestimmt werden. Siehe dazu das Beispiel unten.

Das Matchingverfahren beruht auf charakteristischen Punkten, welche mit Punktoperatoren, wie z.B. `points_foerstner` oder `points_harris`, extrahiert wurden. Die Bestimmung der Korrespondenzen erfolgt in 2 Schritten: Zuerst werden die Grauwertkorrelationen von Umgebungen der Eingabepunkte im ersten und zweiten Bild bestimmt und anhand dieser ein initiales Matching zwischen den Punkten ermittelt. Dann wird das RANSAC-Verfahren angewendet, um die projektive Transformationsmatrix und den radialen Verzeichnungskoeffizienten zu finden, welche die Anzahl der korrespondierenden Punktpaare unter Erfüllung der obigen Bedingung maximieren.

Die Größe der Grauwertfenster, die für das Matching verwendet werden, beträgt `MaskSize` × `MaskSize`. Es können drei Metriken für die Korrelation gewählt werden. Hat `GrayMatchMethod` den Wert *'ssd'*, so wird das Quadrat der Grauwertdifferenzen verwendet, *'sad'* entspricht dem Betrag der Grauwertdifferenzen und *'ncc'* ist die normierte Kreuzkorrelation (siehe auch `binocular_disparity`). Diese Metrik wird über alle Punktpaare minimiert (*'ssd'*, *'sad'*) bzw. maximiert (*'ncc'*), eine so gefundene Korrespondenz wird aber nur akzeptiert, falls der Wert der Metrik unter dem Wert von `MatchThreshold` (*'ssd'*, *'sad'*) bzw. über demselben (*'ncc'*) liegt.

Zur Performanzsteigerung wird der Suchbereich für die Match-Kandidaten basierend auf der Näherung der Transformation eingeschränkt, die durch `HomMat2DGuide` und `KappaGuide` bestimmt wird. Nur Punkte, die innerhalb eines Abstandes von `DistanceTolerance` um die Transformation eines Punktes aus `Image1` mittelsHomMat2DGuide und `KappaGuide` in `Image2` liegen, werden für das Matching in Betracht gezogen.

Ist das initiale Punktmatching bestimmt, wird es anschließend durch einen randomisierten Auswahlalgorithmus (RANSAC) zur Bestimmung der projektiven Transformationsmatrix `HomMat2D` und des radialen Verzeichnungskoeffizienten `Kappa` benutzt. Dabei wird versucht, diese Parameter so zu wählen, dass sie bezüglich der Schranke `DistanceThreshold` zu möglichst vielen Punktpaaren konsistent sind. `DistanceThreshold` sollte also kleiner als `DistanceTolerance` sein.

Der Parameter `EstimationMethod` gibt an, welches Verfahren zur Berechnung der projektiven Transformationsmatrix angewendet wird. Falls `EstimationMethod` auf *'linear'* gesetzt wird, wird ein lineares Verfahren verwendet, das einen algebraischen Fehler basierend auf den obigen Gleichungen minimiert. Dieses Verfahren ist sehr schnell und liefert genaue Ergebnisse für geringes bis mittleres Rauschen der Punktkoordinaten und für die meisten Verzeichnungen (außer kleinen Verzeichnungen). Für `EstimationMethod` = *'gold_standard'* wird eine mathematisch optimale, dafür aber langsamere, Optimierung durchführt, die den geometrischen Reprojektionsfehler minimiert. Im allgemeinen sollte `EstimationMethod` = *'gold_standard'* gewählt werden.

Der Wert `Error` gibt die Qualität des Matchings an und ist der mittlere symmetrische euklidische Abstand der Punkte zu ihren korrespondierenden transformierten Punkten, gemessen in Pixeln.

Punktpaare, welche die Konsistenzbedingungen erfüllen, werden als Korrespondenzen akzeptiert. `Points1` enthält die Indizes der zugeordneten Eingabepunkte im ersten Bild, `Points2` die Indizes der dazu korrespondierenden Punkte im zweiten Bild.

Der Parameter `RandSeed` kann benutzt werden, um das randomisierte Verhalten des RANSAC-Verfahrens zu kontrollieren und somit reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Wird `RandSeed` auf einen positiven Wert gesetzt, so liefert der Operator bei jedem Aufruf mit denselben Parametern auch dasselbe Resultat, da der intern verwendete Zufallsgenerator mit `RandSeed` initialisiert wird. Ist `RandSeed` = *0*, so wird der Zufallsgenerator mit der aktuellen Zeit initialisiert. Daher sind in diesem Fall die Ergebnisse unter Umständen nicht reproduzierbar. Welcher Wert für den HALCON Systemparameter *'seed_rand'* (siehe `set_system`) gesetzt ist hat keinen Einfluss auf das Ergebnis von `proj_match_points_distortion_ransac_guided`.

Parameter

- ▷ **`Image1`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild 1.
- ▷ **`Image2`** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild 2.
- ▷ **`Rows1`** (input_control) ..... point.y-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 1 (Zeilenkoordinate).
  Restriktion: length(Rows1) >= 5
- ▷ **`Cols1`** (input_control) ..... point.x-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 1 (Spaltenkoordinate).
  Restriktion: length(Cols1) == length(Rows1)
- ▷ **`Rows2`** (input_control) ..... point.y-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 2 (Zeilenkoordinate).
  Restriktion: length(Rows2) >= 5
- ▷ **`Cols2`** (input_control) ..... point.x-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 2 (Spaltenkoordinate).
  Restriktion: length(Cols2) == length(Rows2)
- ▷ **`GrayMatchMethod`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Metrik für den Vergleich der Grauwerte.
  Default: 'ncc'
  Werteliste: `GrayMatchMethod` ∈ {'ncc', 'ssd', 'sad'}
- ▷ **`MaskSize`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Größe der Grauwertmasken.
  Default: 10
  Wertevorschläge: `MaskSize` ∈ {3, 7, 15}
  Wertebereich: 1 ≤ MaskSize
- ▷ **`HomMat2DGuide`** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Näherung der projektiven Transformationsmatrix zwischen den zwei Bildern.
- ▷ **`KappaGuide`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Näherung des radialen Verzeichnungskoeffizienten in den zwei Bildern.
- ▷ **`DistanceTolerance`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Toleranz des Suchfensters für das Punktmatching.
  Default: 20.0
  Wertevorschläge: `DistanceTolerance` ∈ {0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 10.0, 20.0, 50.0}
  Restriktion: DistanceTolerance > 0
- ▷ **`MatchThreshold`** (input_control) ..... number ⇝ *integer* / real
  Schwellenwert für Grauwertkorrespondenzen.
  Default: 0.7
  Wertevorschläge: `MatchThreshold` ∈ {0.9, 0.7, 0.5, 10, 20, 50, 100}
- ▷ **`EstimationMethod`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Schätzalgorithmus für die Transformationsmatrix.
  Default: 'gold_standard'
  Werteliste: `EstimationMethod` ∈ {'linear', 'gold_standard'}

▷ **DistanceThreshold** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Schwelle für die Konsistenzüberprüfung.
Default: 1
Restriktion: DistanceThreshold > 0

▷ **RandSeed** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Startwert für den Zufallszahlengenerator.
Default: 0

▷ **HomMat2D** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Berechnete homogene projektive Transformationsmatrix.

▷ **Kappa** (output_control) ..... real ⇝ *real*
Berechneter Verzeichnungskoeffizient.

▷ **Error** (output_control) ..... real ⇝ *real*
Mittlerer quadratischer Transformationsfehler.

▷ **Points1** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Indizes der zugeordneten Eingabepunkte aus Bild 1.

▷ **Points2** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
Indizes der zugeordneten Eingabepunkte aus Bild 2.

Beispiel

```
Factor := 0.5
zoom_image_factor (Image1, Image1Zoomed, Factor, Factor, 'constant')
zoom_image_factor (Image2, Image2Zoomed, Factor, Factor, 'constant')
points_foerstner (Image1Zoomed, 1, 2, 3, 200, 0.3, 'gauss', 'true', \
                  Rows1, Cols1, _, _, _, _, _, _, _, _)
points_foerstner (Image2Zoomed, 1, 2, 3, 200, 0.3, 'gauss', 'true', \
                  Rows2, Cols2, _, _, _, _, _, _, _, _)
get_image_size (Image1Zoomed, Width, Height)
proj_match_points_distortion_ransac (Image1Zoomed, Image2Zoomed, \
                                     Rows1, Cols1, Rows2, Cols2, \
                                     'ncc', 10, 0, 0, Height, Width, \
                                     0, 0.5, 'gold_standard', 2, 0, \
                                     HomMat2D, Kappa, Error, \
                                     Points1, Points2)
hom_mat2d_scale_local (HomMat2D, Factor, Factor, HomMat2DGuide)
hom_mat2d_scale (HomMat2DGuide, 1.0/Factor, 1.0/Factor, 0, 0, \
                 HomMat2DGuide)
KappaGuide := Kappa*Factor*Factor
points_foerstner (Image1, 1, 2, 3, 200, 0.3, 'gauss', 'true', \
                  Rows1, Cols1, _, _, _, _, _, _, _, _)
points_foerstner (Image2, 1, 2, 3, 200, 0.3, 'gauss', 'true', \
                  Rows2, Cols2, _, _, _, _, _, _, _, _)
proj_match_points_distortion_ransac_guided (Image1, Image2, \
                                            Rows1, Cols1, \
                                            Rows2, Cols2, \
                                            'ncc', 10, \
                                            HomMat2DGuide, \
                                            KappaGuide, 5, 0.5, \
                                            'gold_standard', 2, 0, \
                                            HomMat2D, Kappa, \
                                            Error, Points1, Points2)
get_image_size (Image1, Width, Height)
CamParDist := ['area_scan_division',0.0,Kappa,1.0,1.0, \
               0.5*(Width-1),0.5*(Height-1),Width,Height]
change_radial_distortion_cam_par ('fixed', CamParDist, 0, CamPar)
change_radial_distortion_image (Image1, Image1, Image1Rect, \
                                CamParDist, CamPar)
change_radial_distortion_image (Image2, Image2, Image2Rect, \
                                CamParDist, CamPar)
```

```
concat_obj (Image1Rect, Image2Rect, ImagesRect)
gen_projective_mosaic (ImagesRect, MosaicImage, 1, 1, 2, HomMat2D, \
                       'default', 'false', MosaicMatrices2D)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

points_foerstner, points_harris

Nachfolger

vector_to_proj_hom_mat2d_distortion, change_radial_distortion_cam_par, change_radial_distortion_image, change_radial_distortion_points, gen_binocular_proj_rectification, projective_trans_image, projective_trans_image_size, projective_trans_region, projective_trans_contour_xld, projective_trans_point_2d, projective_trans_pixel

Alternativen

proj_match_points_distortion_ransac

Siehe auch

proj_match_points_ransac, proj_match_points_ransac_guided, hom_vector_to_proj_hom_mat2d, vector_to_proj_hom_mat2d

Literatur

Richard Hartley, Andrew Zisserman: „Multiple View Geometry in Computer Vision“; Cambridge University Press, Cambridge; 2003.

Olivier Faugeras, Quang-Tuan Luong: „The Geometry of Multiple Images: The Laws That Govern the Formation of Multiple Images of a Scene and Some of Their Applications“; MIT Press, Cambridge, MA; 2001.

Modul

Matching

proj_match_points_ransac (Image1, Image2 : : Rows1, Cols1, Rows2, Cols2, GrayMatchMethod, MaskSize, RowMove, ColMove, RowTolerance, ColTolerance, Rotation, MatchThreshold, EstimationMethod, DistanceThreshold, RandSeed : HomMat2D, Points1, Points2)

Bestimmt eine projektive Transformationsmatrix automatisch durch Zuordnung von Punkten zwischen zwei Bildern.

Ausgehend von einer Menge charakteristischer Punkte (Cols1,Rows1) und (Cols2,Rows2) in den beiden Eingabebildern Image1 und Image2 bestimmt proj_match_points_ransac automatisch die Korrespondenz der Punkte und die homogene projektive Transformationsmatrix HomMat2D, die die korrespondierenden Punkte in den beiden Bildern am besten ineinander überführt. Die charakteristischen Punkte können z.B. mit points_foerstner oder points_harris extrahiert werden.

Die Bestimmung der Transformation erfolgt in 2 Schritten: Zuerst werden die Grauwertkorrelationen von Umgebungen der Eingabepunkte im ersten und zweiten Bild bestimmt und anhand dieser ein initiales Matching zwischen den Punkten ermittelt. Die Größe dieser Grauwertfenster beträgt MaskSize $\times$ MaskSize . Es können drei Metriken für die Korrelation gewählt werden. Hat GrayMatchMethod den Wert *'ssd'*, so wird das Quadrat der Grauwertdifferenzen verwendet, *'sad'* entspricht dem Betrag der Grauwertdifferenzen und *'ncc'* ist die normierte Kreuzkorrelation (siehe auch binocular_disparity). Diese Metrik wird über alle Punktepaare minimiert (*'ssd'*, *'sad'*) bzw. maximiert (*'ncc'*), ein so gefundenes Matching wird aber nur akzeptiert, falls der Wert der Metrik unter dem Wert von MatchThreshold (*'ssd'*, *'sad'*) bzw. über demselben (*'ncc'*) liegt.

Zur Performanzsteigerung kann der Suchbereich für die Matchings eingeschränkt werden. Nur Punkte innerhalb eines $2 \cdot$ RowTolerance $\times 2 \cdot$ ColTolerance Punkte großen Fensters werden betrachtet. Die Verschiebung

des Mittelpunkts dieses Fensters im zweiten Bild gegenüber der Position des aktuellen Punktes im ersten Bild wird durch die Parameter RowMove und ColMove bestimmt.

Enthält die gesuchte Transformation eine Drehung, ist also das eine gegenüber dem anderen Bild gedreht, so kann im Parameter Rotation eine Schätzung des Drehwinkels bzw. ein Winkelintervall im Bogenmaß übergeben werden. Eine gute Schätzung des Winkels erhöht die Qualität des Grauwertwertmatchings. Falls sich die tatsächliche Rotation zu stark von der angegebenen Schätzung unterscheidet, schlägt das Matching typischerweise fehl. Je größer das angegebene Winkelintervall, desto langsamer läuft der Operator, denn für alle relevanten (endlich vielen) Winkel innerhalb des Intervalls wird das Verfahren komplett durchlaufen.

Ist das initiale Punktmatching bestimmt, wird es anschließend durch einen randomisierten Auswahlalgorithmus (RANSAC) zur Bestimmung der Transformationsmatrix HomMat2D benutzt. Dabei wird versucht die Matrix so zu wählen, dass sie bezüglich der Schranke DistanceThreshold zu möglichst vielen Punktpaaren konsistent ist.

Ist eine solche Auswahl getroffen, wird die zugehörige Matrix unter Einbeziehung aller konsistenten Punkte nochmals optimiert. Dabei kann mit EstimationMethod zwischen der langsameren, dafür aber mathematisch optimalen *'gold_standard'* Methode und der schnelleren *'normalized_dlt'* gewählt werden. Dabei werden die Verfahren von vector_to_proj_hom_mat2d verwendet.

Punktepaare, die die Konsistenzbedingung für diese endgültige Transformation immer noch verletzen, werden aussortiert, der Rest als Steuerparameter zurückgeliefert. Points1 enthält die Indizes der gematchten Eingabepunkte im ersten Bild, Points2 die Indizes der dazu korrespondierenden Punkte im zweiten Bild.

Der Parameter RandSeed kann benutzt werden, um das randomisierte Verhalten des RANSAC-Verfahrens zu kontrollieren und somit reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Wird RandSeed auf einen positiven Wert gesetzt, so liefert der Operator bei jedem Aufruf mit denselben Parametern auch dasselbe Resultat, da der intern verwendete Zufallsgenerator mit dem angegebenen Startwert initialisiert wird. Ist RandSeed $= 0$, so wird der Zufallsgenerator mit der aktuellen Zeit initialisiert. Daher sind in diesem Fall die Ergebnisse unter Umständen nicht reproduzierbar. Welcher Wert für den HALCON Systemparameter *'seed_rand'* (siehe set_system) gesetzt ist hat keinen Einfluss auf das Ergebnis von proj_match_points_ransac.

Parameter

- ▷ **Image1** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild 1.
- ▷ **Image2** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild 2.
- ▷ **Rows1** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 1.
- ▷ **Cols1** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 1.
- ▷ **Rows2** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 2.
- ▷ **Cols2** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 2.
- ▷ **GrayMatchMethod** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Metrik für den Vergleich der Grauwerte.
  Default: 'ssd'
  Werteliste: GrayMatchMethod ∈ {'ssd', 'sad', 'ncc'}
- ▷ **MaskSize** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Größe der Grauwertmaske.
  Default: 10
  Wertebereich: MaskSize ≤ 90
- ▷ **RowMove** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Mittlere Zeilenverschiebung.
  Default: 0
- ▷ **ColMove** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Mittlere Spaltenverschiebung.
  Default: 0
- ▷ **RowTolerance** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Halbe Höhe des Suchfensters für das Punktmatching.
  Default: 256

▷ **ColTolerance** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Halbe Breite des Suchfensters für das Punktmatching.
Default: 256

▷ **Rotation** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Drehwinkelbereich.
Default: 0.0
Wertevorschläge: `Rotation` ∈ {0.0, 0.7854, 1.571, 3.142}

▷ **MatchThreshold** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer* / real
Schwellenwert für Grauwertkorrespondenzen.
Default: 10
Wertevorschläge: `MatchThreshold` ∈ {10, 20, 50, 100, 0.9, 0.7}

▷ **EstimationMethod** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Schätzalgorithmus für Transformationsmatrix.
Default: 'normalized_dlt'
Werteliste: `EstimationMethod` ∈ {'normalized_dlt', 'gold_standard'}

▷ **DistanceThreshold** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Schwelle für Konsistenzüberprüfung.
Default: 0.2

▷ **RandSeed** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Startwert für den Zufallszahlengenerator.
Default: 0

▷ **HomMat2D** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Homogene projektive Transformationsmatrix.

▷ **Points1** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Indizes der akzeptierten Eingabepunkte aus Bild 1.

▷ **Points2** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Indizes der akzeptierten Eingabepunkte aus Bild 2.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`points_foerstner`, `points_harris`

Nachfolger

`projective_trans_image`, `projective_trans_image_size`, `projective_trans_region`, `projective_trans_contour_xld`, `projective_trans_point_2d`, `projective_trans_pixel`

Alternativen

`hom_vector_to_proj_hom_mat2d`, `vector_to_proj_hom_mat2d`

Siehe auch

`proj_match_points_ransac_guided`

Literatur

Richard Hartley, Andrew Zisserman: „Multiple View Geometry in Computer Vision“; Cambridge University Press, Cambridge; 2000.

Olivier Faugeras, Quang-Tuan Luong: „The Geometry of Multiple Images: The Laws That Govern the Formation of Multiple Images of a Scene and Some of Their Applications“; MIT Press, Cambridge, MA; 2001.

Modul

Matching

proj_match_points_ransac_guided (Image1, Image2 : : Rows1, Cols1, Rows2, Cols2, GrayMatchMethod, MaskSize, HomMat2DGuide, DistanceTolerance, MatchThreshold, EstimationMethod, DistanceThreshold, RandSeed : HomMat2D, Points1, Points2)

Bestimmt eine projektive Transformationsmatrix automatisch durch Zuordnung von Punkten zwischen zwei Bildern basierend auf einer bekannten Näherung der projektiven Transformationsmatrix.

Ausgehend von einer Menge charakteristischer Punkte (Cols1,Rows1) und (Cols2,Rows2) in den beiden Eingabebildern Image1 und Image2 und einer bekannten Näherung HomMat2DGuide für die Transformation von Image1 zu Image2 bestimmt proj_match_points_ransac_guided automatisch die Korrespondenz der Punkte und die homogene projektive Transformationsmatrix HomMat2D, die die korrespondierenden Punkte in den beiden Bildern am besten ineinander überführt. Die charakteristischen Punkte können z.B. mit points_foerstner oder points_harris extrahiert werden. Die Näherung HomMat2DGuide kann z.B. mit proj_match_points_ransac auf niedriger aufgelösten Versionen von Image1 zu Image2 bestimmt werden.

Die Bestimmung der Transformation erfolgt in 2 Schritten: Zuerst werden die Grauwertkorrelationen von Umgebungen der Eingabepunkte im ersten und zweiten Bild bestimmt und anhand dieser ein initiales Matching zwischen den Punkten ermittelt. Die Größe dieser Grauwertfenster beträgt MaskSize × MaskSize . Es können drei Metriken für die Korrelation gewählt werden. Hat GrayMatchMethod den Wert *'ssd'*, so wird das Quadrat der Grauwertdifferenzen verwendet, *'sad'* entspricht dem Betrag der Grauwertdifferenzen und *'ncc'* ist die normierte Kreuzkorrelation (siehe auch binocular_disparity). Diese Metrik wird über alle Punktepaare minimiert (*'ssd'*, *'sad'*) bzw. maximiert (*'ncc'*), ein so gefundenes Matching wird aber nur akzeptiert, falls der Wert der Metrik unter dem Wert von MatchThreshold (*'ssd'*, *'sad'*) bzw. über demselben (*'ncc'*) liegt.

Zur Performanzsteigerung wird der Suchbereich für die Matchings basierend auf der Näherung der Transformation HomMat2DGuide eingeschränkt. Nur Punkte innerhalb eines Abstandes von DistanceTolerance um die Transformation eines Punktes aus Image1 mittelsHomMat2DGuide in Image2 liegen, werden für das Matching in Betracht gezogen.

Ist das initiale Punktmatching bestimmt, wird es anschließend durch einen randomisierten Auswahlalgorithmus (RANSAC) zur Bestimmung der Transformationsmatrix HomMat2D benutzt. Dabei wird versucht die Matrix so zu wählen, dass sie bezüglich der Schranke DistanceThreshold zu möglichst vielen Punktpaaren konsistent ist. DistanceThreshold sollte also kleiner als DistanceTolerance sein.

Ist eine solche Auswahl getroffen, wird die zugehörige Matrix unter Einbeziehung aller konsistenten Punkte nochmals optimiert. Dabei kann mit EstimationMethod zwischen der langsameren, dafür aber mathematisch optimalen *'gold_standard'* Methode und der schnelleren *'normalized_dlt'* gewählt werden. Dabei werden die Verfahren von vector_to_proj_hom_mat2d verwendet.

Punktepaare, die die Konsistenzbedingung für diese endgültige Transformation immer noch verletzen, werden aussortiert, der Rest als Steuerparameter zurückgeliefert. Points1 enthält die Indizes der gematchten Eingabepunkte im ersten Bild, Points2 die Indizes der dazu korrespondierenden Punkte im zweiten Bild.

Der Parameter RandSeed kann benutzt werden, um das randomisierte Verhalten des RANSAC-Verfahrens zu kontrollieren und somit reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Wird RandSeed auf einen positiven Wert gesetzt, so liefert der Operator bei jedem Aufruf mit denselben Parametern auch dasselbe Resultat, da der intern verwendete Zufallsgenerator mit dem angegebenen Startwert initialisiert wird. Ist RandSeed = *0*, so wird der Zufallsgenerator mit der aktuellen Zeit initialisiert. Daher sind in diesem Fall die Ergebnisse unter Umständen nicht reproduzierbar. Welcher Wert für den HALCON Systemparameter *'seed_rand'* (siehe set_system) gesetzt ist hat keinen Einfluss auf das Ergebnis von proj_match_points_ransac_guided.

Parameter

- ▷ **Image1** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild 1.
- ▷ **Image2** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* byte / uint2
  Eingabebild 2.
- ▷ **Rows1** (input_control) ..... point.x-array ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 1.
- ▷ **Cols1** (input_control) ..... point.y-array ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 1.
- ▷ **Rows2** (input_control) ..... point.x-array ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 2.

▷ **Cols2** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinaten charakteristischer Punkte in Bild 2.

▷ **GrayMatchMethod** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Metrik für den Vergleich der Grauwerte.
Default: 'ssd'
Werteliste: `GrayMatchMethod` ∈ {'ssd', 'sad', 'ncc'}

▷ **MaskSize** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Größe der Grauwertmaske.
Default: 10
Wertebereich: MaskSize ≤ 90

▷ **HomMat2DGuide** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Näherung der projektiven Transformationsmatrix zwischen den zwei Bildern.

▷ **DistanceTolerance** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Toleranz des Suchfensters für das Punktmatching.
Default: 20.0
Wertevorschläge: `DistanceTolerance` ∈ {0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 10.0, 20.0, 50.0}

▷ **MatchThreshold** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer* / real
Schwellenwert für Grauwertkorrespondenzen.
Default: 10
Wertevorschläge: `MatchThreshold` ∈ {10, 20, 50, 100, 0.9, 0.7}

▷ **EstimationMethod** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Schätzalgorithmus für Transformationsmatrix.
Default: 'normalized_dlt'
Werteliste: `EstimationMethod` ∈ {'normalized_dlt', 'gold_standard'}

▷ **DistanceThreshold** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Schwelle für Konsistenzüberprüfung.
Default: 0.2

▷ **RandSeed** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Startwert für den Zufallszahlengenerator.
Default: 0

▷ **HomMat2D** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Homogene projektive Transformationsmatrix.

▷ **Points1** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Indizes der akzeptierten Eingabepunkte aus Bild 1.

▷ **Points2** (output_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
Indizes der akzeptierten Eingabepunkte aus Bild 2.

Beispiel

```
zoom_image_factor (Image1, Image1Zoomed, 0.5, 0.5, 'constant')
zoom_image_factor (Image2, Image2Zoomed, 0.5, 0.5, 'constant')
points_foerstner (Image1Zoomed, 1, 2, 3, 200, 0.3, 'gauss', 'false', \
                  Rows1, Cols1, _, _, _, _, _, _, _, _)
points_foerstner (Image2Zoomed, 1, 2, 3, 200, 0.3, 'gauss', 'false', \
                  Rows2, Cols2, _, _, _, _, _, _, _, _)
get_image_pointer1 (Image1Zoomed, Pointer, Type, Width, Height)
proj_match_points_ransac (Image1Zoomed, Image2Zoomed, Rows1, Cols1, \
                          Rows2, Cols2, 'ncc', 10, 0, 0, \
                          Height, Width, 0, 0.5, 'gold_standard', \
                          5, 0, HomMat2D, Points1, Points2)
hom_mat2d_scale_local (HomMat2D, 0.5, 0.5, HomMat2DGuide)
hom_mat2d_scale (HomMat2DGuide, 2, 2, 0, 0, HomMat2DGuide)
points_foerstner (Image1, 1, 2, 3, 200, 0.3, 'gauss', 'false', \
                  Rows1, Cols1, _, _, _, _, _, _, _, _)
points_foerstner (Image2, 1, 2, 3, 200, 0.3, 'gauss', 'false', \
                  Rows2, Cols2, _, _, _, _, _, _, _, _)
proj_match_points_ransac_guided (Image1, Image2, Rows1, Cols1, \
                                  Rows2, Cols2, 'ncc', 10, \
```

```
HomMat2DGuide, 40, 0.5, \
'gold_standard', 10, 0, HomMat2D, \
Points1, Points2)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

points_foerstner, points_harris

Nachfolger

projective_trans_image, projective_trans_image_size, projective_trans_region, projective_trans_contour_xld, projective_trans_point_2d, projective_trans_pixel

Alternativen

hom_vector_to_proj_hom_mat2d, vector_to_proj_hom_mat2d

Siehe auch

proj_match_points_ransac

Literatur

Richard Hartley, Andrew Zisserman: „Multiple View Geometry in Computer Vision“; Cambridge University Press, Cambridge; 2000.

Olivier Faugeras, Quang-Tuan Luong: „The Geometry of Multiple Images: The Laws That Govern the Formation of Multiple Images of a Scene and Some of Their Applications“; MIT Press, Cambridge, MA; 2001.

Modul

Matching

Kapitel 28

Transformationen

28.1 2D-Transformationen

Um den Ort eines Punktes in einem Bild festzulegen, braucht es eine Konvention, wie dies geschehen soll. Eine solche Konvention wird durch das Koordinatensystem festgelegt. In HALCON werden verschiedene Koordinatensysteme verwendet. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Systeme, die in 2D verwendet werden.

Pixel sind eigenständig und um sie zu adressieren gibt es ein Koordinatensystem, welches nur die ganzen Zahlen verwendet, das Pixel-Koordinatensystem. Mit einer feineren Auflösung werden Koordinaten in Fließkommazahlen benötigt, z.B. $(3.6, 4.1)$. Dies führt zu Subpixel-genauen Koordinatensystemen. In HALCON verwenden wir drei verschiedene Implementierungen dieser Subpixel-Koordinatensystemen:

- Pixel-zentrierte Koordinaten, das HALCON Standard-Koordinatensystem
- Ecken-zentrierte Koordinaten
- Polarkoordinaten

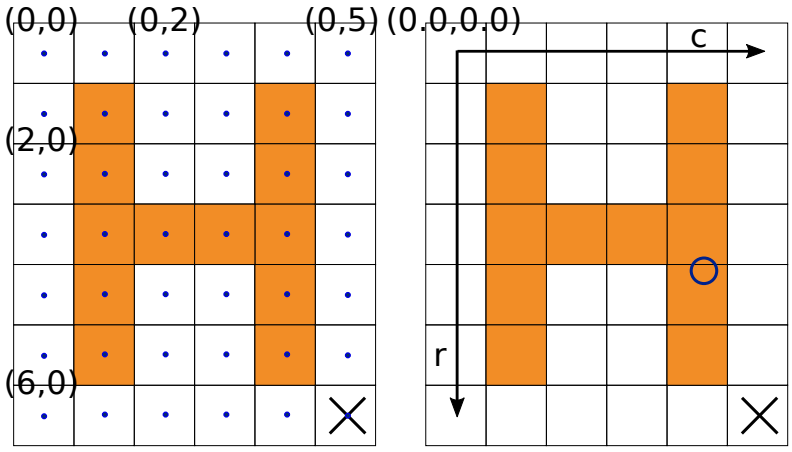
Davon unterscheiden sich die ersten beiden bloß in der Wahl des Ursprungspunktes, wie in den folgenden Abbildungen ersichtlich wird. Kalibrierung ermöglicht die Zuordnung von Bild-Koordinaten und reellen Distanzen. Für mehr Informationen zu kalibrierten Koordinaten wird auf den „`Solution Guide III-C - 3D Vision`“ verwiesen.

HALCON Standard-Koordinatensystem

Pixel-genaues Koordinaten Das Pixel-Koordinatensystem behandelt das Bild wie ein Netz diskreter Einheiten, den Pixeln. In HALCON setzen wir den Ursprung $(0, 0)$ in die Mitte des Pixels oben links. Zur Zuordnung der Koordinaten eines Pixels werden wie in einer Matrix Zeile und Spalte angegeben.

Für ein Bild der Größe Höhe $\times$ Breite = $m \times n$ Pixel bedeutet dies, dass die Zeilen-Koordinate von 0 bis $m-1$ läuft und die Spalten-Koordinate von 0 bis $n-1$, eine Visualisierung findet sich in der unten folgenden Abbildung.

Subpixel-genaues Koordinatensystem: Pixel-zentriert Der Ursprung dieses Koordinatensystems liegt im Zentrum des Pixels oben links mit den Achsen in Zeilen- (row, r), respektive Spaltenrichtung (column, c). Damit bettet diese Konvention das Pixel-Koordinatensystem ein. Dies bedeutet, dass die Ecke oben links die Koordinaten $(-0.5, -0.5)$ hat und für ein Bild der Größe Höhe $\times$ Breite = $m \times n$ Pixel hat die Ecke unten rechts die Koordinaten $(m - 0.5, n - 0.5)$ (=$(m - 1 + 0.5, n - 1 + 0.5)$, die Koordinaten-Werte starten bei 0). Der Pixel (k,l) bedeckt die Fläche des Rechteckes $(k - 0.5, l - 0.5)$, $(k + 0.5, l - 0.5)$, $(k - 0.5, l + 0.5)$, $(k + 0.5, l + 0.5)$. Diese Konvention wird in HALCON das Standard-Koordinatensystem oder auch das Bild-Koordinatensystem genannt.



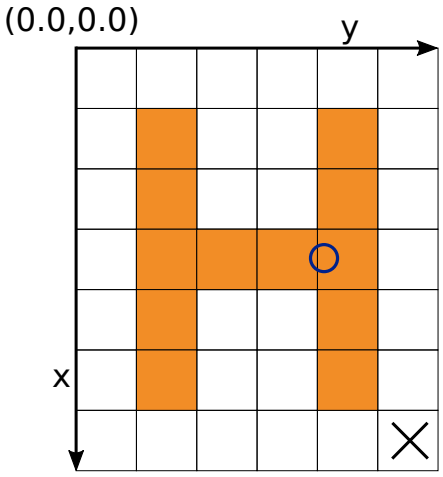
(1) (2)

Darstellung der standard Pixel- und Subpixel-Koordinatensysteme in HALCON. Das Kreuz bezeichnet den Pixel in der Ecke unten rechts. Seine Mitte hat die Koordinaten $(6, 5)$ (in Pixel-Koordinaten (1)), $(6.0, 5.0)$ (Standard-Koordinaten (2)). Das Kreiszentrum hat die Koordinaten $(3.6, 4.1)$.

Kartesisches Nicht-Standard Koordinatensystem in HALCON

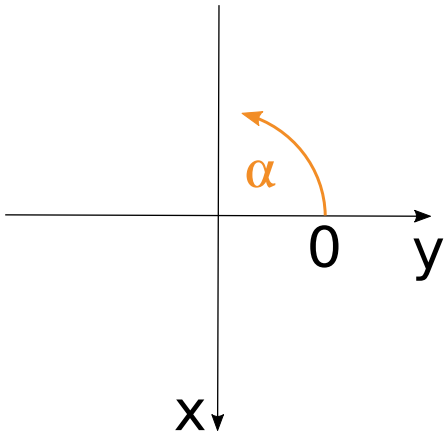
Wird ein Bild um $\pi/2$ (=90 Grad) um seinen Ursprung rotiert, so erwartet man, dass sich ursprüngliches Bild und gedrehtes Bild in einer Ecke berühren, sich aber nicht überlagern. Ebenso soll eine Skalierung des Bildes nicht zu negativen Bild-Koordinaten führen. Dafür muss der Ursprung $(0.0, 0.0)$ in einer Ecke sein. Dies motiviert das folgende Koordinatensystem.

Subpixel-genaues Koordinatensystem: Ecken-zentriert: In diesem Koordinatensystem liegt der Ursprung $(0.0, 0.0)$ in der Ecke oben links. Somit hat das Zentrum des Pixels oben links die Koordinaten $(0.5, 0.5)$ und für ein Bild der Größe Höhe $\times$ Breite = $m \times n$ Pixel hat die Ecke unten rechts die Koordinaten (m, n). Der Pixel (k, l) bedeckt die Fläche des Rechtecks (k, l), $(k, l + 1)$, $(k + 1, l)$, $(k + 1, l + 1)$.



Darstellung des kartesischen Ecken-zentrierten Subpixel-genauen Koordinatensystems in HALCON. Das Kreuz bezeichnet den Pixel in der Ecke unten rechts. Seine Mitte hat die Koordinaten $(6.5, 5.5)$. Das Kreiszentrum hat auch in dieser Darstellung die Koordinaten $(3.6, 4.1)$.

Für dieses Koordinatensystem sind Rotationen im mathematisch positiven Drehsinn und somit gegen den Uhrzeigersinn definiert. Somit bildet eine Rotation um $\pi/2$ (=90 Grad) die erste Achse (= x-Achse) auf die zweite Achse (= y-Achse) ab. Entsprechend sind die Achsen wie folgt zugeordnet, Zeile: x-Koordinate, Spalte: y-Koordinate.



Darstellung einer Rotation (α) im Ecken-zentrierten Koordinatensystem.

Operatoren, welche die Parameter in beliebigen Kartesischen Koordinatensysteme akzeptieren

Der Operator `affine_trans_point_2d` wendet die durch `HomMat2D` definierte Transformation auf die Punkt-Koordinaten an. Das heißt, der Operator `affine_trans_point_2d` kann in beiden Kartesischen Koordinatensystemen verwendet werden, solange die Transformation und die Punkte im selben Koordinatensystem gegeben werden.

Die Operatoren `angle_ll` und `angle_lx` können zwar Eingabepunkte in Pixel-zentrierten Koordinaten erhalten, doch der Winkel wird stets nach der Konvention der Rotationen im mathematisch positiven Drehsinn zurückgegeben, d.h., gegen den Uhrzeigersinn, und mit der horizontalen Achse als *0*-Wert, wie im ecken-zentrierter Koordinatensystem.

Operatoren, welche die Parameter in verschiedenen Koordinatensystemen erwarten

In HALCON gibt es Operatoren, welche die Eingaben in verschiedenen Koordinatensystemen erwarten. Einerseits ist das Objekt in seinen üblichen Koordinaten, den Standard-Koordinaten anzugeben. Andererseits erwartet der Operator für die Transformationsmatrix `HomMat2D` ecken-zentrierte Koordinaten mit deren oben erläuterten Vorteilen bezüglich Transformationen. Diese Operatoren transformieren die Koordinaten des Objekts von Standard-Koordinaten (mit dem Ursprung in der Mitte des Pixels oben links) in ecken-zentrierte Koordinaten (mit dem Ursprung in der Ecke oben links des Pixels oben links). Nach der Transformation mit `HomMat2D` wird das Resultat zurücktransformiert und in Standard-Koordinaten ausgegeben.

Dies gilt für folgende Operatoren:

- `affine_trans_contour_xld`
- `affine_trans_image`
- `affine_trans_image_size`
- `affine_trans_pixel`
- `affine_trans_polygon_xld`
- `affine_trans_region`
- `projective_trans_contour_xld`
- `projective_trans_image`
- `projective_trans_image_size`
- `projective_trans_pixel`
- `projective_trans_region`

Eine Transformation (z.B. eine Rotation um einen bestimmten Punkt), die durch eine Matrix im Standard-Koordinatensystem repräsentiert wird, kann z.B. über folgende Transformation als entsprechende Matrix in Ecken-zentrierten Koordinaten notiert werden:

```
hom_mat2d_translate(HomMat2D, 0.5, 0.5, HomMat2DTmp)
hom_mat2d_translate_local(HomMat2DTmp, -0.5, -0.5,
HomMat2DAdapted)
```

Es ist zu beachten, dass die zuvor erwähnten Operatoren beginnend mit `projective_` eine projektive Transformationsmatrix verwenden. Diese Transformationsmatrix kann z.B. über 3D Kamera-Posen erhalten werden. Wird dies getan, so ist die verwendete Matrix in einer Projektion der xy-Ebene des 3D Koordinatensystems gegeben. Entsprechend haben die Achsen die Zuordnung Zeile: y-Koordinate, Spalte: x-Koordinate.

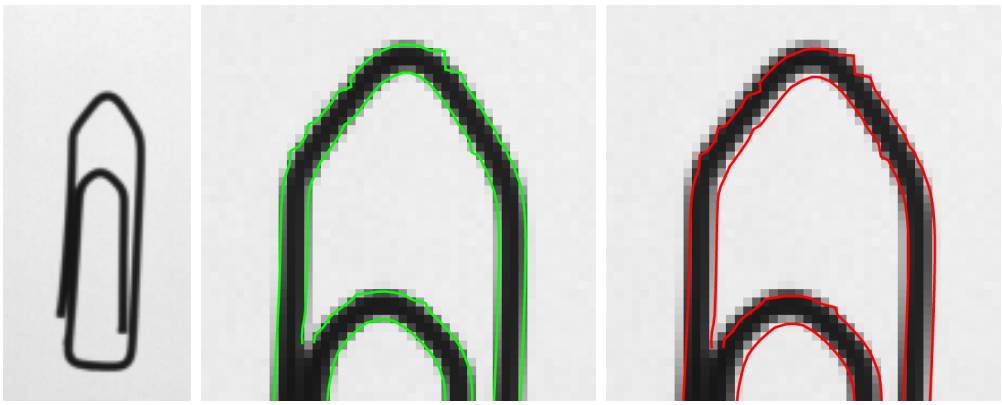
Form-basiertes Matching und Korrelations-basiertes Matching

Die Resultate von Form-basiertem Matching, wie z.B. `find_generic_shape_model`, werden in ecken-zentrierten Koordinaten gegeben. Die Matches werden bereits in transformiertem Zustand ausgegeben. Die zugehörigen homographischen Transformationsmatrizen können mit `get_generic_shape_model_result` abgerufen werden.

Die Resultate von Korrelations-basiertem Matching, wie z.B. `find_ncc_model` und `find_ncc_models`, werden ebenso in ecken-zentrierten Koordinaten berechnet, allerdings werden die Parameter zur Transformation gesondert zurückgegeben. Aus diesen Parametern kann eine Transformationsmatrix `HomMat2D` erstellt werden, welche zur direkten Anwendung mit Operatoren wie z.B. `affine_trans_contour_xld` und weiteren unter `Operatoren, welche die Parameter in verschiedenen Koordinatensystemen erwarten` gelisteten Operatoren geeignet ist.

Zur Darstellung der Resultate Korrelations-basierten Matchings wird die Prozedur `dev_display_ncc_matching_results` stark empfohlen.

Die folgenden Abbildungen zeigen ein Beispiel, wie die Darstellung eines Matches aussieht, wenn die verwendete Transformationsmatrix in den korrekten, respektive falschen Koordinaten angegeben wird. Für Letztgenanntes, gezeigt in Abbildung (3), wurde die Transformationsmatrix in Pixel-zentrierten Koordinaten verwendet und so liegt der gezeigte Match mit `affine_trans_contour_xld` um 0.5 Pixel falsch. Man beachte, dass dieser Effekt nur sichtbar wird, wenn Rotationen involviert sind.



(1) (2) (3)

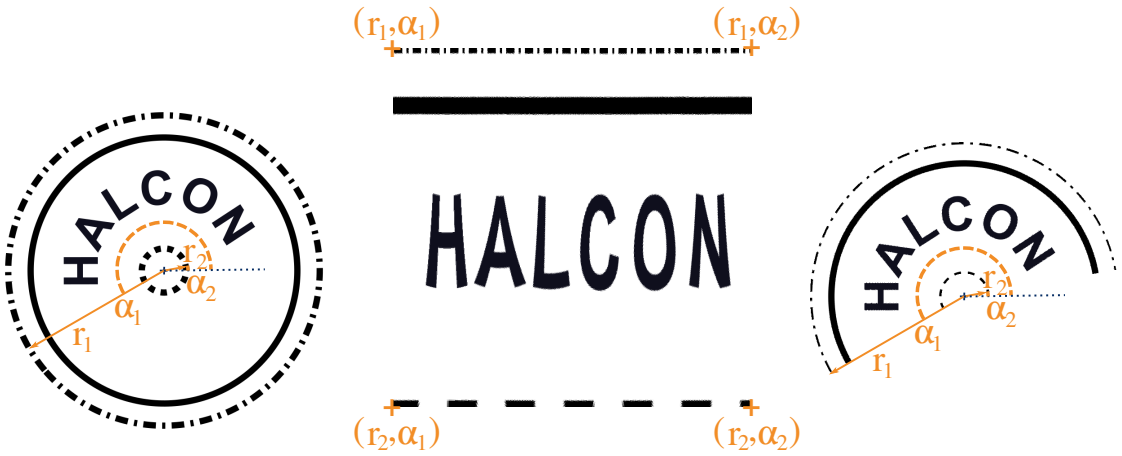
Das Originalbild der Büroklammer (1), ein Teil des Matches mit den Eingabegrößen in vom Operator erwarteten Koordinaten (2) und ein Match, bei dem die Transformationsmatrix in nicht-passenden Koordinaten verwendet wurde.

Nicht-Kartesische Koordinatensysteme

Subpixel-genaues Koordinatensystem: Polarkoordinaten In Polarkoordinaten werden Punkte durch einen Abstand und einen Winkel definiert. Der Abstand, Radialkoordinate genannt, wird zum festen Punkt, dem Pol, angegeben. Die Winkelkoordinate wird in Bezug zu einer fixen Achse, der Polarachse gemessen. In HALCON wird der Pol über (`Row`, `Column`) festgelegt und die horizontalen Achse bildet die Polarachse.

Bei einer Transformation mit `polar_trans_image_ext` entspricht der Pixel oben links des Ausgabebildes jenem Punkt des Kreisrings im Eingabebild, der durch `RadiusStart` und `AngleStart` festgelegt wurde. Analog entspricht der Pixel unten rechts des Ausgabebildes jenem Punkt des Kreisrings im Eingabebild, der durch `RadiusEnd` und `AngleEnd` spezifiziert wurde. Dies bedeutet, dass in der üblichen

Verwendungsweise (AngleStart < AngleEnd und RadiusStart < RadiusEnd) die Transformation im mathematisch positiven Drehsinn (für den Betrachter gegen den Uhrzeigersinn) durchgeführt wird. Weiter werden dann Punkte mit kleinerem Radius weiter oben im Ausgabebild angezeigt. Durch geeignetes Austauschen der Parameterwerte (z.B. AngleStart > AngleEnd oder RadiusStart > RadiusEnd) kann jeder beliebige Drehsinn des Ausgabebildes erreicht werden.



(1) (2) (3)

Der Kreisbogen ist gegeben durch den Pol (Row,Column) (+), die Polarachse (...), die zwei Winkelkoordinaten AngleStart ($\alpha 1$), AngleEnd ($\alpha 2$) und die zwei Radialkoordinaten RadiusStart ($r1$), RadiusEnd ($r2$). (1) Das Originalbild sowie die den Kreisbogen definierenden Parameter. (2) Der Kreisbogen, erhalten durch polar_trans_image_ext, in einer Darstellung bei der die Polarkoordinaten Winkel und Radius ein äquidistantes Koordinatennetz formen. (3) Der Kreisbogen in der selben Darstellung wie das Originalbild. Die Kartesischen Koordinaten wurden durch Anwendung von polar_trans_image_inv auf Bild (2) erhalten. Der Ursprung liegt im Zentrum des Pixels oben links.

Folgende Operatoren verwenden Polarkoordinaten:

- polar_trans_image_ext
- polar_trans_image_inv
- polar_trans_region
- polar_trans_region_inv
- polar_trans_contour_xld
- polar_trans_contour_xld_inv
- polar_trans_image (legacy)

Bilder mit reduzierter Domäne, Regionen und Modelle

In den vorherigen Abschnitten wurden die Koordinaten von Bildern behandelt. In Bezug auf den Ursprung und das benutzte Koordinatensystem werden Bilder mit reduzierter Domäne, Regionen und Modelle jedoch unterschiedlich behandelt.

Bilder mit reduzierter Domäne und Regionen Sowohl Bilder mit reduzierter Domäne als auch Regionen behalten das Koordinatensystem des Bildes, auf welchem sie erstellt wurden. Dies bedeutet, dass sie den Ursprung erben und die Koordinatenwerte, die sie im Originalbild hatten, behalten.

Modelle Modelle, können ein lokales Koordinatensystem haben. So haben z.B. Modelle, die über create_generic_shape_model erhalten wurden, ihren Ursprung im Schwerpunkt der ROI, aus der sie erstellt wurden. Für mehr Informationen wird auf den „Solution Guide II-B - Matching“ verwiesen.

Kalibrierte Koordinaten

Aus Pixel-Einheiten kann keine direkte Information über reelle Distanzen gewonnen werden. Durch die Kalibrierung der Kamera ist es jedoch möglich, die Bilder zu entzerren. Dann können den Bildern Welt-Koordinaten zugeordnet werden. Für mehr Informationen wird auf den „Solution Guide III-C - 3D Vision“ verwiesen.

affine_trans_pixel (: : HomMat2D, Row, Col : RowTrans, ColTrans)

Wendet eine beliebige affine 2D-Transformation auf Pixelkoordinaten an.

affine_trans_pixel wendet eine beliebige affine 2D-Transformation (Skalierung, Drehung, Verschiebung, Scherung) auf die Eingabepixel (Row,Col) an und liefert die Ergebnispixel in (RowTrans,ColTrans) zurück; die Ein- und Ausgabepixel sind jeweils subpixelgenaue Punkte. Die Transformation wird durch eine homogene Transformationsmatrix beschrieben, die in HomMat2D übergeben wird.

Im Gegensatz zu affine_trans_point_2d transformiert affine_trans_pixel die Eingabepixelkoordinaten zuerst vom HALCON-Standard-Koordinatensystem (mit dem Ursprung im Mittelpunkt des oberen linken Pixels) in ein Koordinatensystem mit dem Ursprung in der oberen linken Ecke des oberen linken Pixels. Das Ergebnis der darauf folgenden Transformation mit HomMat2D wird dann wieder in das Standard-Koordinatensystem zurücktransformiert. Dadurch ist affine_trans_pixel mit den Operatoren affine_trans_image, affine_trans_image_size, affine_trans_region, affine_trans_contour_xld und affine_trans_polygon_xld kompatibel.

Eine Transformation mit affine_trans_pixel entspricht der folgenden Kette von Transformationen (Ein- und Ausgabepixel als homogene Vektoren dargestellt):

$$\begin{pmatrix} \texttt{RowTrans} \\ \texttt{ColTrans} \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -0.5 \\ 0 & 1 & -0.5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat2D} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & +0.5 \\ 0 & 1 & +0.5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \texttt{Row} \\ \texttt{Col} \\ 1 \end{pmatrix}$$

Damit entspricht affine_trans_pixel(HomMat2D, Row, Col, RowTrans, ColTrans) der folgenden Operatorfolge:

```
affine_trans_point_2d(HomMat2D, Row+0.5, Col+0.5, RowTmp, ColTmp)
RowTrans := RowTmp-0.5
ColTrans := ColTmp-0.5
```

Weitere Informationen

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Parameter

- ▷ **HomMat2D** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.
- ▷ **Row** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepixel (Zeilenkoordinate).
  Default: 64
  Wertevorschläge: Row ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Col** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepixel (Spaltenkoordinate).
  Default: 64
  Wertevorschläge: Col ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **RowTrans** (output_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepixel (Zeilenkoordinate).
- ▷ **ColTrans** (output_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepixel (Spaltenkoordinate).

Ergebnis

Falls die Matrix HomMat2D eine affine Abbildung darstellt (d.h. keine projektive Abbildung), liefert affine_trans_pixel den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Ansonsten wird eine Ausnahmebehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

hom_mat2d_translate, hom_mat2d_translate_local, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_scale_local, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_rotate_local, hom_mat2d_slant, hom_mat2d_slant_local, hom_mat2d_reflect, hom_mat2d_reflect_local

Alternativen

affine_trans_point_2d

Modul

Foundation

affine_trans_point_2d (: : HomMat2D, Px, Py : Qx, Qy)

Wendet eine beliebige affine 2D-Transformation auf Punkte an.

affine_trans_point_2d wendet eine beliebige affine 2D-Transformation (Skalierung, Drehung, Verschiebung, Scherung) auf die Eingabepunkte (Px,Py) an und liefert die Ergebnispunkte in (Qx,Qy) zurück. Die Transformation wird durch eine homogene Transformationsmatrix beschrieben, die in HomMat2D übergeben wird. Dies entspricht der folgenden Gleichung (Ein- und Ausgabepunkte als homogene Vektoren dargestellt):

$$\begin{pmatrix} Qx \\ Qy \\ 1 \end{pmatrix} = HomMat2D \cdot \begin{pmatrix} Px \\ Py \\ 1 \end{pmatrix}$$

Falls die zu transformierenden Punkte in Standard-Bildkoordinaten vorliegen, müssen die *Zeilen*-Koordinaten der Punkte in Px und die *Spalten*-Koordinaten in Py übergeben werden. Dies ist notwendig, um für das Bild ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten. Insbesondere werden dadurch Rotationen im korrekten Drehsinn ausgeführt. Die Koordinatenreihenfolge (x,y) der Matrizen entspricht dann der üblichen Koordinatenreihenfolge (Zeile,Spalte) der Bilder.

Die Transformationsmatrix kann mit Hilfe der Operatoren hom_mat2d_identity, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_translate etc. aufgebaut werden oder das Resultat von Operatoren wie vector_angle_to_rigid sein.

Falls zum Beispiel HomMat2D eine starre Transformation ist, also aus Rotation und Translation besteht, werden die Punkte folgendermaßen transformiert:

$$\begin{pmatrix} Qx \\ Qy \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{R} & \mathbf{T} \\ 0\,0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Px \\ Py \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{R} \cdot \begin{pmatrix} Px \\ Py \end{pmatrix} + \mathbf{T} \\ 1 \end{pmatrix}$$

Parameter

- ▷ **HomMat2D** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.
- ▷ **Px** (input_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt(e) (x- bzw. Zeilen-Koordinate).
  Default: 64
  Wertevorschläge: Px ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Py** (input_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt(e) (y- bzw. Spalten-Koordinate).
  Default: 64
  Wertevorschläge: Py ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Qx** (output_control) . . . . . point.x(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt(e) (x- bzw. Zeilen-Koordinate).
- ▷ **Qy** (output_control) . . . . . point.y(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt(e) (y- bzw. Spalten-Koordinate).

Ergebnis

Falls die Matrix `HomMat2D` eine affine Abbildung darstellt (d.h. keine projektive Abbildung), liefert `affine_trans_point_2d` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Ansonsten wird eine Ausnahmebehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`hom_mat2d_translate`, `hom_mat2d_translate_local`, `hom_mat2d_scale`, `hom_mat2d_scale_local`, `hom_mat2d_rotate`, `hom_mat2d_rotate_local`, `hom_mat2d_slant`, `hom_mat2d_slant_local`, `hom_mat2d_reflect`, `hom_mat2d_reflect_local`

Nachfolger

`hom_mat2d_translate`, `hom_mat2d_translate_local`, `hom_mat2d_scale`, `hom_mat2d_scale_local`, `hom_mat2d_rotate`, `hom_mat2d_rotate_local`, `hom_mat2d_slant`, `hom_mat2d_slant_local`, `hom_mat2d_reflect`, `hom_mat2d_reflect_local`

Modul

Foundation

deserialize_hom_mat2d (: : SerializedItemHandle : HomMat2D)

Deserialisieren einer homogenen 2D-Transformationsmatrix.

`deserialize_hom_mat2d` deserialisiert eine homogene 2D-Transformationsmatrix, welche mit `serialize_hom_mat2d` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Die serialisierte Transformationsmatrix wird in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einer dafür automatisch erzeugten Transformationsmatrix mit dem Handle `HomMat2D` gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **HomMat2D** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Transformationsmatrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_hom_mat2d` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_hom_mat2d`

Modul

Foundation

gen_image_warp_map (: Map : Row1, Column1, Row2, Column2, ImageWidth, ImageHeight, MapWidth, MapHeight, Method, MapType, GenParamName, GenParamValue :)

Erzeugung einer Abbildungsvorschrift basierend auf nichtregelmäßigen Korrespondenzpunkten.

gen_image_warp_map erzeugt eine Abbildungsvorschrift Map basierend auf den nichtregelmäßigen Korrespondenzpunkten (Row1, Column1) und (Row2, Column2).

Ausgehend von den Korrespondenzpunkten (Row1, Column1) und (Row2, Column2), bildet die Abbildungsvorschrift Map die Punkte von (Row2, Column2) auf (Row1, Column1) ab, während sie für alle anderen Koordinaten eine glatte Abbildung erzeugt.

Die Größe des Eingabebildes für die Abbildung wird mit ImageWidth und ImageHeight angegeben. Die Abbildungsvorschrift wird auf den Bereich reduziert, in dem nur Werte innerhalb eines Bildes dieser Größe abgerufen werden.

Die Größe der generierten Abbildungsvorschrift Map kann mit MapWidth und MapHeight festgelegt werden. In Kombination damit, wie (Row1, Column1) ausgewählt werden, kann die Abbildungsvorschrift so parametrisiert werden, dass nur ein spezifischer Teil des Eingabebildes transformiert wird.

Mit Method kann der Algorithmus zur Generierung der Abbildungsvorschrift ausgewählt werden. Derzeit ist nur *'thin_plate_spline'* verfügbar. Diese Methode interpoliert auf globaler Ebene, was bedeutet, dass alle Punkte für die Interpolation berücksichtigt werden, unabhängig von ihrer Entfernung. Der Einfluss entfernterer Punkte ist korreliert mit $r^2 \cdot \log(r)$, wobei r die Distanz zwischen zwei Punkten definiert.

Mit MapType kann der Typ der Abbildungsvorschrift ausgewählt werden. Derzeit ist nur *'coord_map_sub_pix'* verfügbar (convert_map_type beschreibt die Typen).

Weitere methodenspezifische Parameter können mit GenParamName und GenParamValue übergeben werden. Die aktuell unterstützte Methode akzeptiert keine zusätzlichen Parameter.

Parameter

- ▷ **Map** (output_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* vector_field
  Generierte Abbildungsvorschrift.
- ▷ **Row1** (input_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Zeilen-Koordinate der Originalkorrespondenzpunkte.
- ▷ **Column1** (input_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  Spalten-Koordinate der Originalkorrespondenzpunkte.
  Restriktion: number(Row1) == number(Column1)
- ▷ **Row2** (input_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Zeilen-Koordinate der Zielkorrespondenzpunkte.
  Restriktion: number(Row2) == number(Row1)
- ▷ **Column2** (input_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  Spalten-Koordinate der Zielkorrespondenzpunkte.
  Restriktion: number(Column2) == number(Column1)
- ▷ **ImageWidth** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite des abzubildenden Bildes.
  Restriktion: ImageWidth > 0
- ▷ **ImageHeight** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe des zu abzubildenden Bildes
  Restriktion: ImageHeight > 0
- ▷ **MapWidth** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
  Breite der erzeugten Abbildungsvorschrift.
  Restriktion: MapWidth > 0
- ▷ **MapHeight** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
  Höhe der erzeugten Abbildungsvorschrift.
  Restriktion: MapHeight > 0
- ▷ **Method** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Verwendete Methode zur Erstellung der Abbildungsvorschrift.
  Default: 'thin_plate_spline'

▷ **MapType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Typ der erzeugten Abbildungsvorschrift.
Default: 'coord_map_sub_pix'

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Namen zusätzlicher Parameter.
Default: []

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *real* / integer / string
Werte zusätzlicher Parameter.
Default: []

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Nachfolger

map_image

Alternativen

gen_arbitrary_distortion_map, gen_grid_rectification_map

Modul

Foundation

hom_mat2d_compose (: : HomMat2DLeft,
HomMat2DRight : HomMat2DCompose)

Multipliziert zwei homogene 2D-Transformationsmatrizen.

hom_mat2d_compose generiert eine neue 2D-Transformationsmatrix durch Multiplikation der zwei Eingabe-Transformationsmatrizen:

$$\texttt{HomMat2DCompose} = \texttt{HomMat2DLeft} \cdot \texttt{HomMat2DRight}$$

Falls zum Beispiel die Eingabematrizen starre Transformationen darstellen, also Transformationen bestehend aus Rotation und Translation, wird die Ergebnismatrix wie folgt bestimmt:

$$\texttt{HomMat2DCompose} = \begin{bmatrix} \mathbf{R}_l & \mathbf{T}_l \\ 0\,0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{R}_r & \mathbf{T}_r \\ 0\,0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{R}_l \cdot \mathbf{R}_r & \mathbf{R}_l \cdot \mathbf{T}_r + \mathbf{T}_l \\ 0 \quad 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Achtung

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & tc \\ rd & re & tf \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, tc, rd, re, tf] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 3×3 Matrizen, die eine projektive 2D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

▷ **HomMat2DLeft** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Linke Eingabe-Transformationsmatrix.

▷ **HomMat2DRight** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Rechte Eingabe-Transformationsmatrix.

▷ **HomMat2DCompose** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `hom_mat2d_compose` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`hom_mat2d_compose`, `hom_mat2d_translate`, `hom_mat2d_translate_local`, `hom_mat2d_scale`, `hom_mat2d_scale_local`, `hom_mat2d_rotate`, `hom_mat2d_rotate_local`, `hom_mat2d_slant`, `hom_mat2d_slant_local`, `hom_mat2d_reflect`, `hom_mat2d_reflect_local`

Nachfolger

`hom_mat2d_compose`, `hom_mat2d_translate`, `hom_mat2d_translate_local`, `hom_mat2d_scale`, `hom_mat2d_scale_local`, `hom_mat2d_rotate`, `hom_mat2d_rotate_local`, `hom_mat2d_slant`, `hom_mat2d_slant_local`, `hom_mat2d_reflect`, `hom_mat2d_reflect_local`

Modul

Foundation

hom_mat2d_determinant (: : HomMat2D : Determinant)

Berechnet die Determinante einer homogenen 2D-Transformationsmatrix.

`hom_mat2d_determinant` berechnet die Determinante der homogenen 2D-Transformationsmatrix, die in `HomMat2D` übergeben wird und gibt die Determinante in `Determinant` zurück.

Parameter

▷ **HomMat2D** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Eingabe-Transformationsmatrix.

▷ **Determinant** (output_control) ..... real ⇝ *real*
Determinante der Eingabematrix.

Ergebnis

`hom_mat2d_determinant` liefert immer den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`hom_mat2d_translate`, `hom_mat2d_translate_local`, `hom_mat2d_scale`, `hom_mat2d_scale_local`, `hom_mat2d_rotate`, `hom_mat2d_rotate_local`, `hom_mat2d_slant`, `hom_mat2d_slant_local`, `hom_mat2d_reflect`, `hom_mat2d_reflect_local`

Modul

Foundation

hom_mat2d_identity (: : : HomMat2DIdentity)

Erzeugt die homogene Transformationsmatrix der identischen 2D-Abbildung.

hom_mat2d_identity erzeugt die homogene Transformationsmatrix HomMat2DIdentity, die die identische 2D-Abbildung beschreibt:

$$\texttt{HomMat2DIdentity} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Achtung

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Demnach wird die Matrix HomMat2DIdentity als das Tupel [1,0,0,0,1,0] abgespeichert.

Parameter

▷ **HomMat2DIdentity** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Transformationsmatrix.

Ergebnis

hom_mat2d_identity liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

hom_mat2d_translate, hom_mat2d_translate_local, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_scale_local, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_rotate_local, hom_mat2d_slant, hom_mat2d_slant_local, hom_mat2d_reflect, hom_mat2d_reflect_local

Modul

Foundation

hom_mat2d_invert (: : HomMat2D : HomMat2DInvert)

Invertiert eine homogene 2D-Transformationsmatrix.

hom_mat2d_invert invertiert die homogene 2D-Transformationsmatrix, die in HomMat2D übergeben wird. Die resultierende Matrix wird in HomMat2DInvert zurückgeliefert.

Achtung

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & tc \\ rd & re & tf \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, tc, rd, re, tf] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 3×3 Matrizen, die eine projektive 2D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

▷ **HomMat2D** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Eingabe-Transformationsmatrix.

▷ **HomMat2DInvert** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

hom_mat2d_invert liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameterwerte korrekt sind und die Eingabematrix invertierbar ist. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat2d_translate, hom_mat2d_translate_local, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_scale_local, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_rotate_local, hom_mat2d_slant, hom_mat2d_slant_local, hom_mat2d_reflect, hom_mat2d_reflect_local

Nachfolger

hom_mat2d_translate, hom_mat2d_translate_local, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_scale_local, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_rotate_local, hom_mat2d_slant, hom_mat2d_slant_local, hom_mat2d_reflect, hom_mat2d_reflect_local

Modul

Foundation

hom_mat2d_reflect (: : HomMat2D, Px, Py, Qx, Qy : HomMat2DReflect)

Fügt eine Spiegelung zu einer homogenen 2D-Transformationsmatrix hinzu.

hom_mat2d_reflect fügt zur homogenen 2D-Transformationsmatrix HomMat2D eine Spiegelung um die Achse, die durch die zwei Punkte (Px,Py) und (Qx,Qy) gegeben wird, hinzu und liefert die resultierende Matrix in HomMat2DReflect zurück. Die Spiegelung wird durch eine 2×2 Spiegelungsmatrix $\mathbf{M}$ beschrieben. Sie wird relativ zum globalen (d.h. feststehenden) Koordinatensystem ausgeführt; dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\texttt{HomMat2DReflect} = \begin{bmatrix} \mathbf{M} & \begin{matrix}0\\0\end{matrix} \\ \begin{matrix}0 & 0\end{matrix} & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat2D} \qquad \mathbf{M} = \mathbf{I} - \frac{2}{v^T v} v v^T$$

Hierbei ist $v = (\texttt{Py} - \texttt{Qy}, \texttt{Qx} - \texttt{Px})^T$ der Normalenvektor zur Achse.

Die Achse $(\texttt{Px}, \texttt{Py}) - (\texttt{Qx}, \texttt{Qy})$ ist bei der Spiegelung fixiert, d.h. die Achse bleibt unverändert, wenn man sie mit HomMat2DReflect transformiert. Dieses Verhalten wird erreicht, indem zur Eingabe-Transformationsmatrix zuerst eine Translation hinzugefügt wird, die die Achse in den Ursprung des globalen Koordinatensystems verschiebt. Dann wird die Spiegelung hinzugefügt, und zuletzt eine Translation, die die Achse wieder zurück in ihre Ausgangsposition verschiebt. Dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\texttt{HomMat2DReflect} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & +\texttt{Px} \\ 0 & 1 & +\texttt{Py} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{M} & \begin{matrix}0\\0\end{matrix} \\ \begin{matrix}0 & 0\end{matrix} & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & -\texttt{Px} \\ 0 & 1 & -\texttt{Py} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat2D}$$

Um die Transformation im lokalen Koordinatensystem, das durch HomMat2D beschrieben ist, durchzuführen, kann hom_mat2d_reflect_local verwendet werden.

Achtung

Es ist zu beachten, dass homogene Transformationsmatrizen sich auf ein allgemeines rechtshändiges mathematisches Koordinatensystem beziehen. Falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, ist zu beachten, dass die Zeilenkoordinaten in den x-Koordinaten und die Spaltenkoordinaten in den y-Koordinaten übergeben werden müssen. Die Übergabereihenfolge von Zeilen- und Spaltenkoordinaten entspricht also der üblichen Reihenfolge (Row,Column). Diese Konvention ist unerlässlich, um bei der Transformation von Bilddaten ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten, so dass z.B. insbesondere Rotationen in der mathematisch korrekten Drehrichtung ausgeführt werden.

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & tc \\ rd & re & tf \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, tc, rd, re, tf] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 3×3 Matrizen, die eine projektive 2D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

- ▷ **HomMat2D** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.
- ▷ **Px** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *real* / integer
  Erster Punkt auf der Achse (x-Koordinate).
  Default: 0
  Wertevorschläge: Px ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Py** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *real* / integer
  Erster Punkt auf der Achse (y-Koordinate).
  Default: 0
  Wertevorschläge: Py ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Qx** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *real* / integer
  Zweiter Punkt auf der Achse (x-Koordinate).
  Default: 16
  Wertevorschläge: Qx ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Qy** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *real* / integer
  Zweiter Punkt auf der Achse (y-Koordinate).
  Default: 32
  Wertevorschläge: Qy ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **HomMat2DReflect** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

hom_mat2d_reflect liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls beide Punkte auf der Achse verschieden sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat2d_identity, hom_mat2d_translate, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_slant, hom_mat2d_reflect

Nachfolger

hom_mat2d_translate, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_slant, hom_mat2d_reflect

Siehe auch

hom_mat2d_reflect_local

Modul

Foundation

hom_mat2d_reflect_local (: : HomMat2D, Px, Py : HomMat2DReflect)

Fügt eine Spiegelung zu einer homogenen 2D-Transformationsmatrix hinzu.

hom_mat2d_reflect_local fügt zur homogenen 2D-Transformationsmatrix HomMat2D eine Spiegelung um die Achse, die durch die zwei Punkte (0,0) und (Px,Py) gegeben wird, hinzu und liefert die resultierende Matrix in HomMat2DReflect zurück. Die Spiegelung wird durch eine 2×2 Spiegelungsmatrix $\mathbf{M}$ beschrieben.

Im Gegensatz zu hom_mat2d_reflect wird sie relativ zum lokalen Koordinatensystem, das durch HomMat2D beschrieben ist, ausgeführt; dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\texttt{HomMat2DReflect} = \begin{bmatrix} \mathbf{M} & & 0 \\ & & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat2D} \qquad \mathbf{M} = \mathbf{I} - \frac{2}{v^T v} v v^T$$

Hierbei ist $v = (-\texttt{Py}, \texttt{Px})^T$ der Normalenvektor zur Achse.

Die Achse $(0,0) - (\texttt{Px}, \texttt{Py})$ ist bei der Spiegelung fixiert, d.h. die Achse bleibt unverändert, wenn man sie mit HomMat2DReflect transformiert.

Achtung

Es ist zu beachten, dass homogene Transformationsmatrizen sich auf ein allgemeines rechtshändiges mathematisches Koordinatensystem beziehen. Falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, ist zu beachten, dass die Zeilenkoordinaten in den x-Koordinaten und die Spaltenkoordinaten in den y-Koordinaten übergeben werden müssen. Die Übergabereihenfolge von Zeilen- und Spaltenkoordinaten entspricht also der üblichen Reihenfolge (Row,Column). Diese Konvention ist unerlässlich, um bei der Transformation von Bilddaten ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten, so dass z.B. insbesondere Rotationen in der mathematisch korrekten Drehrichtung ausgeführt werden.

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & tc \\ rd & re & tf \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, tc, rd, re, tf] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 3×3 Matrizen, die eine projektive 2D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

- ▷ **HomMat2D** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.
- ▷ **Px** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Punkt, der die Achse definiert (x-Koordinate).
  Default: 16
  Wertevorschläge: Px ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Py** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Punkt, der die Achse definiert (y-Koordinate).
  Default: 32
  Wertevorschläge: Py ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **HomMat2DReflect** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

hom_mat2d_reflect_local liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls der Punkt (Px, Py) nicht $(0,0)$ ist. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat2d_identity, hom_mat2d_translate_local, hom_mat2d_scale_local, hom_mat2d_rotate_local, hom_mat2d_slant_local, hom_mat2d_reflect_local

Nachfolger

hom_mat2d_translate_local, hom_mat2d_scale_local, hom_mat2d_rotate_local, hom_mat2d_slant_local, hom_mat2d_reflect_local

Siehe auch

hom_mat2d_reflect

Modul

Foundation

hom_mat2d_rotate (: : HomMat2D, Phi, Px, Py : HomMat2DRotate)

Fügt eine Rotation zu einer homogenen 2D-Transformationsmatrix hinzu.

hom_mat2d_rotate fügt zur homogenen 2D-Transformationsmatrix HomMat2D eine Rotation um den Winkel Phi hinzu. Die Rotation wird beschrieben durch die 2×2 Rotationsmatrix $\mathbf{R}$. Sie wird relativ zum globalen (d.h. feststehenden) Koordinatensystem ausgeführt; dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\texttt{HomMat2DRotate} = \begin{bmatrix} \mathbf{R} & & 0 \\ & & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat2D} \qquad \mathbf{R} = \begin{bmatrix} \cos(\texttt{Phi}) & -\sin(\texttt{Phi}) \\ \sin(\texttt{Phi}) & \cos(\texttt{Phi}) \end{bmatrix}$$

Der Punkt (Px,Py) ist dabei der Fixpunkt der Rotation, d.h. dieser Punkt bleibt unverändert, wenn man ihn mit HomMat2DRotate transformiert. Dieses Verhalten wird erreicht, indem zur Eingabe-Transformationsmatrix zuerst eine Translation hinzugefügt wird, die den Fixpunkt in den Ursprung des globalen Koordinatensystems verschiebt. Dann wird die Rotation hinzugefügt, und zuletzt eine Translation, die den Fixpunkt wieder zurück in seine Ausgangsposition verschiebt. Dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\texttt{HomMat2DRotate} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & +\texttt{Px} \\ 0 & 1 & +\texttt{Py} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{R} & & 0 \\ & & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & -\texttt{Px} \\ 0 & 1 & -\texttt{Py} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat2D}$$

Um die Transformation im lokalen Koordinatensystem, das durch HomMat2D beschrieben ist, durchzuführen, kann hom_mat2d_rotate_local verwendet werden.

Achtung

Es ist zu beachten, dass homogene Transformationsmatrizen sich auf ein allgemeines rechtshändiges mathematisches Koordinatensystem beziehen. Falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, ist zu beachten, dass die Zeilenkoordinaten in den x-Koordinaten und die Spaltenkoordinaten in den y-Koordinaten übergeben werden müssen. Die Übergabereihenfolge von Zeilen- und Spaltenkoordinaten entspricht also der üblichen Reihenfolge (Row,Column). Diese Konvention ist unerlässlich, um bei der Transformation von Bilddaten ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten, so dass z.B. insbesondere Rotationen in der mathematisch korrekten Drehrichtung ausgeführt werden.

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & tc \\ rd & re & tf \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, tc, rd, re, tf] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 3×3 Matrizen, die eine projektive 2D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

▷ **HomMat2D** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Eingabe-Transformationsmatrix.

▷ **Phi** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / integer
Rotationswinkel.
Default: 0.78
Wertevorschläge: Phi ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.78, 1.57, 3.14}
Wertebereich: 0 ≤ Phi ≤ 6.28318530718

▷ **Px** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *real* / integer
Fixpunkt der Transformation (x-Koordinate).
Default: 0
Wertevorschläge: Px ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}

▷ **Py** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *real* / integer
Fixpunkt der Transformation (y-Koordinate).
Default: 0
Wertevorschläge: Py ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}

▷ **HomMat2DRotate** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert hom_mat2d_rotate den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat2d_identity, hom_mat2d_translate, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_slant, hom_mat2d_reflect

Nachfolger

hom_mat2d_translate, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_slant, hom_mat2d_reflect

Siehe auch

hom_mat2d_rotate_local

Modul

Foundation

hom_mat2d_rotate_local (: : HomMat2D, Phi : HomMat2DRotate)

Fügt eine Rotation zu einer homogenen 2D-Transformationsmatrix hinzu.

hom_mat2d_rotate_local fügt zur homogenen 2D-Transformationsmatrix HomMat2D eine Rotation um den Winkel Phi hinzu. Die Rotation wird beschrieben durch die 2×2 Rotationsmatrix $\mathbf{R}$. Im Gegensatz zu hom_mat2d_rotate wird sie relativ zum lokalen Koordinatensystem, das durch HomMat2D beschrieben ist, ausgeführt; dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\texttt{HomMat2DRotate} = \texttt{HomMat2D} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{R} & & 0 \\ & & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{R} = \begin{bmatrix} \cos(\texttt{Phi}) & -\sin(\texttt{Phi}) \\ \sin(\texttt{Phi}) & \cos(\texttt{Phi}) \end{bmatrix}$$

Der Fixpunkt der Rotation ist der Ursprung des lokalen Koordinatensystems, d.h. dieser Punkt bleibt unverändert, wenn man ihn mit HomMat2DRotate transformiert.

Achtung

Es ist zu beachten, dass homogene Transformationsmatrizen sich auf ein allgemeines rechtshändiges mathematisches Koordinatensystem beziehen. Falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, ist zu beachten, dass die Zeilenkoordinaten in den x-Koordinaten und die Spaltenkoordinaten in den y-Koordinaten übergeben werden müssen. Die Übergabereihenfolge von Zeilen- und Spaltenkoordinaten entspricht also der üblichen Reihenfolge (Row,Column). Diese Konvention ist unerlässlich, um bei der Transformation von Bilddaten ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten, so dass z.B. insbesondere Rotationen in der mathematisch korrekten Drehrichtung ausgeführt werden.

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & tc \\ rd & re & tf \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, tc, rd, re, tf] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 3×3 Matrizen, die eine projektive 2D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

▷ **HomMat2D** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Eingabe-Transformationsmatrix.

▷ **Phi** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / integer
Rotationswinkel.
Default: 0.78
Wertevorschläge: Phi ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.78, 1.57, 3.14}
Wertebereich: 0 ≤ Phi ≤ 6.28318530718

▷ **HomMat2DRotate** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert hom_mat2d_rotate_local den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat2d_identity, hom_mat2d_translate_local, hom_mat2d_scale_local, hom_mat2d_rotate_local, hom_mat2d_slant_local, hom_mat2d_reflect_local

Nachfolger

hom_mat2d_translate_local, hom_mat2d_scale_local, hom_mat2d_rotate_local, hom_mat2d_slant_local, hom_mat2d_reflect_local

Siehe auch

hom_mat2d_rotate

Modul

Foundation

hom_mat2d_scale (: : HomMat2D, Sx, Sy, Px, Py : HomMat2DScale)

Fügt eine Skalierung zu einer homogenen 2D-Transformationsmatrix hinzu.

hom_mat2d_scale fügt zur homogenen 2D-Transformationsmatrix HomMat2D eine Skalierung um die Skalierungsfaktoren Sx und Sy hinzu und liefert die resultierende Matrix in HomMat2DScale zurück. Die Skalierung wird durch eine 2×2 Skalierungsmatrix **S** beschrieben. Sie wird relativ zum globalen (d.h. feststehenden) Koordinatensystem ausgeführt; dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\text{HomMat2DScale} = \begin{bmatrix} & \mathbf{S} & \\ & & \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ \end{matrix} \cdot \text{HomMat2D} \qquad \mathbf{S} = \begin{bmatrix} Sx & 0 \\ 0 & Sy \end{bmatrix}$$

Der Punkt (Px,Py) ist dabei der Fixpunkt der Skalierung, d.h. dieser Punkt bleibt unverändert, wenn man ihn mit HomMat2DScale transformiert. Dieses Verhalten wird erreicht, indem zur Eingabe-Transformationsmatrix

zuerst eine Translation hinzugefügt wird, die den Fixpunkt in den Ursprung des globalen Koordinatensystems verschiebt. Dann wird die Skalierung hinzugefügt, und zuletzt eine Translation, die den Fixpunkt wieder zurück in seine Ausgangsposition verschiebt. Dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\texttt{HomMat2DScale} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & +\texttt{Px} \\ 0 & 1 & +\texttt{Py} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{S} & & 0 \\ & & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & -\texttt{Px} \\ 0 & 1 & -\texttt{Py} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat2D}$$

Um die Transformation im lokalen Koordinatensystem, das durch HomMat2D beschrieben ist, durchzuführen, kann hom_mat2d_scale_local verwendet werden.

Achtung

Es ist zu beachten, dass homogene Transformationsmatrizen sich auf ein allgemeines rechtshändiges mathematisches Koordinatensystem beziehen. Falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, ist zu beachten, dass die Zeilenkoordinaten in den x-Koordinaten und die Spaltenkoordinaten in den y-Koordinaten übergeben werden müssen. Die Übergabereihenfolge von Zeilen- und Spaltenkoordinaten entspricht also der üblichen Reihenfolge (Row,Column). Diese Konvention ist unerlässlich, um bei der Transformation von Bilddaten ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten, so dass z.B. insbesondere Rotationen in der mathematisch korrekten Drehrichtung ausgeführt werden.

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & tc \\ rd & re & tf \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, tc, rd, re, tf] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 3×3 Matrizen, die eine projektive 2D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

- ▷ **HomMat2D** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.
- ▷ **Sx** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Skalierungsfaktor in x-Richtung.
  Default: 2
  Wertevorschläge: Sx ∈ {0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16}
  Restriktion: Sx != 0
- ▷ **Sy** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
  Skalierungsfaktor in y-Richtung.
  Default: 2
  Wertevorschläge: Sy ∈ {0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16}
  Restriktion: Sy != 0
- ▷ **Px** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *real* / integer
  Fixpunkt der Transformation (x-Koordinate).
  Default: 0
  Wertevorschläge: Px ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Py** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *real* / integer
  Fixpunkt der Transformation (y-Koordinate).
  Default: 0
  Wertevorschläge: Py ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **HomMat2DScale** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

hom_mat2d_scale liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls beide Skalierungsfaktoren verschieden von 0 sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat2d_identity, hom_mat2d_translate, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_slant, hom_mat2d_reflect

Nachfolger

hom_mat2d_translate, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_slant, hom_mat2d_reflect

Siehe auch

hom_mat2d_scale_local

Modul

Foundation

hom_mat2d_scale_local (: : HomMat2D, Sx, Sy : HomMat2DScale)

Fügt eine Skalierung zu einer homogenen 2D-Transformationsmatrix hinzu.

hom_mat2d_scale_local fügt zur homogenen 2D-Transformationsmatrix HomMat2D eine Skalierung um die Skalierungsfaktoren Sx und Sy hinzu und liefert die resultierende Matrix in HomMat2DScale zurück. Die Skalierung wird durch eine 2×2 Skalierungsmatrix $\mathbf{S}$ beschrieben. Im Gegensatz zu hom_mat2d_scale wird sie relativ zum lokalen Koordinatensystem, das durch HomMat2D beschrieben ist, ausgeführt; dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\mathtt{HomMat2DScale} = \mathtt{HomMat2D} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{S} & \begin{matrix}0\\0\end{matrix} \\ \begin{matrix}0 & 0\end{matrix} & 1 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{S} = \begin{bmatrix} \mathtt{Sx} & 0 \\ 0 & \mathtt{Sy} \end{bmatrix}$$

Der Fixpunkt der Skalierung ist der Ursprung des lokalen Koordinatensystems, d.h. dieser Punkt bleibt unverändert, wenn man ihn mit HomMat2DScale transformiert.

Achtung

Es ist zu beachten, dass homogene Transformationsmatrizen sich auf ein allgemeines rechtshändiges mathematisches Koordinatensystem beziehen. Falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, ist zu beachten, dass die Zeilenkoordinaten in den x-Koordinaten und die Spaltenkoordinaten in den y-Koordinaten übergeben werden müssen. Die Übergabereihenfolge von Zeilen- und Spaltenkoordinaten entspricht also der üblichen Reihenfolge (Row,Column). Diese Konvention ist unerlässlich, um bei der Transformation von Bilddaten ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten, so dass z.B. insbesondere Rotationen in der mathematisch korrekten Drehrichtung ausgeführt werden.

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & tc \\ rd & re & tf \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, tc, rd, re, tf] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 3×3 Matrizen, die eine projektive 2D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

▷ **HomMat2D** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Eingabe-Transformationsmatrix.

▷ **Sx** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Skalierungsfaktor in x-Richtung.
Default: 2
Wertevorschläge: Sx ∈ {0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16}
Restriktion: Sx != 0

▷ **Sy** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Skalierungsfaktor in y-Richtung.
Default: 2
Wertevorschläge: Sy ∈ {0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16}
Restriktion: Sy != 0

▷ **HomMat2DScale** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

hom_mat2d_scale_local liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls beide Skalierungsfaktoren verschieden von 0 sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat2d_identity, hom_mat2d_translate_local, hom_mat2d_scale_local, hom_mat2d_rotate_local, hom_mat2d_slant_local, hom_mat2d_reflect_local

Nachfolger

hom_mat2d_translate_local, hom_mat2d_scale_local, hom_mat2d_rotate_local, hom_mat2d_slant_local, hom_mat2d_reflect_local

Siehe auch

hom_mat2d_scale

Modul

Foundation

hom_mat2d_slant (: : HomMat2D, Theta, Axis, Px, Py : HomMat2DSlant)

Fügt eine Scherung zu einer homogenen 2D-Transformationsmatrix hinzu.

hom_mat2d_slant fügt zur homogenen 2D-Transformationsmatrix HomMat2D eine Scherung um den Winkel Theta hinzu und liefert die resultierende Matrix in HomMat2DSlant zurück. Eine Scherung ist eine affine Transformation, bei der eine Koordinatenachse festgehalten wird, während die andere Koordinatenachse um den Winkel Theta im Gegenuhrzeigersinn gedreht wird. Der Parameter Axis bestimmt, für welche Koordinatenachse die Scherung ausgeführt werden soll. Für Axis = *'x'* wird die x-Achse geschert und die y-Achse festgehalten, für Axis = *'y'* wird die y-Achse geschert und die x-Achse festgehalten. Die Scherung wird relativ zum globalen (d.h. feststehenden) Koordinatensystem ausgeführt; dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\texttt{Axis} = 'x': \quad \texttt{HomMat2DSlant} = \begin{bmatrix} \cos(\texttt{Theta}) & 0 & 0 \\ \sin(\texttt{Theta}) & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat2D}$$

$$\texttt{Axis} = 'y': \quad \texttt{HomMat2DSlant} = \begin{bmatrix} 1 & -\sin(\texttt{Theta}) & 0 \\ 0 & \cos(\texttt{Theta}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat2D}$$

Der Punkt (Px,Py) ist dabei der Fixpunkt der Scherung, d.h. dieser Punkt bleibt unverändert, wenn man ihn mit HomMat2DSlant transformiert. Dieses Verhalten wird erreicht, indem zur Eingabe-Transformationsmatrix zuerst eine Translation hinzugefügt wird, die den Fixpunkt in den Ursprung des globalen Koordinatensystems verschiebt. Dann wird die Scherung hinzugefügt, und zuletzt eine Translation, die den Fixpunkt wieder zurück in seine Ausgangsposition verschiebt. Dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen für Axis = *'x'*:

$$\texttt{HomMat2DSlant} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & +\texttt{Px} \\ 0 & 1 & +\texttt{Py} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos(\texttt{Theta}) & 0 & 0 \\ \sin(\texttt{Theta}) & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & -\texttt{Px} \\ 0 & 1 & -\texttt{Py} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat2D}$$

Um die Transformation im lokalen Koordinatensystem, das durch HomMat2D beschrieben ist, durchzuführen, kann hom_mat2d_slant_local verwendet werden.

Achtung

Es ist zu beachten, dass homogene Transformationsmatrizen sich auf ein allgemeines rechtshändiges mathematisches Koordinatensystem beziehen. Falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, ist zu beachten, dass die Zeilenkoordinaten in den x-Koordinaten und die Spaltenkoordinaten in den y-Koordinaten übergeben werden müssen. Die Übergabereihenfolge von Zeilen- und Spaltenkoordinaten entspricht also der üblichen Reihenfolge (Row,Column). Diese Konvention ist unerlässlich, um bei der Transformation von Bilddaten ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten, so dass z.B. insbesondere Rotationen in der mathematisch korrekten Drehrichtung ausgeführt werden.

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & tc \\ rd & re & tf \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, tc, rd, re, tf] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 3×3 Matrizen, die eine projektive 2D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

- ▷ **HomMat2D** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.
- ▷ **Theta** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / integer
  Winkel der Scherung.
  Default: 0.78
  Wertevorschläge: Theta ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.78, 1.57, 3.14}
  Wertebereich: 0 ≤ Theta ≤ 6.28318530718
- ▷ **Axis** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Koordinatenachse, die geschert wird.
  Default: 'x'
  Werteliste: Axis ∈ {'x', 'y'}
- ▷ **Px** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *real* / integer
  Fixpunkt der Transformation (x-Koordinate).
  Default: 0
  Wertevorschläge: Px ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Py** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *real* / integer
  Fixpunkt der Transformation (y-Koordinate).
  Default: 0
  Wertevorschläge: Py ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **HomMat2DSlant** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert hom_mat2d_slant den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat2d_identity, hom_mat2d_translate, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_slant, hom_mat2d_reflect

Nachfolger

hom_mat2d_translate, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_slant, hom_mat2d_reflect

Siehe auch

hom_mat2d_slant_local

Modul

Foundation

hom_mat2d_slant_local (: : HomMat2D, Theta, Axis : HomMat2DSlant)

Fügt eine Scherung zu einer homogenen 2D-Transformationsmatrix hinzu.

hom_mat2d_slant_local fügt zur homogenen 2D-Transformationsmatrix HomMat2D eine Scherung um den Winkel Theta hinzu und liefert die resultierende Matrix in HomMat2DSlant zurück. Eine Scherung ist eine affine Transformation, bei der eine Koordinatenachse festgehalten wird, während die andere Koordinatenachse um den Winkel Theta im Gegenuhrzeigersinn gedreht wird. Der Parameter Axis bestimmt, für welche Koordinatenachse die Scherung ausgeführt werden soll. Für Axis = *'x'* wird die x-Achse geschert und die y-Achse festgehalten, für Axis = *'y'* wird die y-Achse geschert und die x-Achse festgehalten. Im Gegensatz zu hom_mat2d_slant wird die Scherung relativ zum lokalen Koordinatensystem, das durch HomMat2D beschrieben ist, ausgeführt; dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\texttt{Axis} = 'x': \quad \texttt{HomMat2DSlant} = \texttt{HomMat2D} \cdot \begin{bmatrix} \cos(\texttt{Theta}) & 0 & 0 \\ \sin(\texttt{Theta}) & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\texttt{Axis} = 'y': \quad \texttt{HomMat2DSlant} = \texttt{HomMat2D} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -\sin(\texttt{Theta}) & 0 \\ 0 & \cos(\texttt{Theta}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Der Fixpunkt der Scherung ist der Ursprung des lokalen Koordinatensystems, d.h. dieser Punkt bleibt unverändert, wenn man ihn mit HomMat2DSlant transformiert.

Achtung

Es ist zu beachten, dass homogene Transformationsmatrizen sich auf ein allgemeines rechtshändiges mathematisches Koordinatensystem beziehen. Falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, ist zu beachten, dass die Zeilenkoordinaten in den x-Koordinaten und die Spaltenkoordinaten in den y-Koordinaten übergeben werden müssen. Die Übergabereihenfolge von Zeilen- und Spaltenkoordinaten entspricht also der üblichen Reihenfolge (Row,Column). Diese Konvention ist unerlässlich, um bei der Transformation von Bilddaten ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten, so dass z.B. insbesondere Rotationen in der mathematisch korrekten Drehrichtung ausgeführt werden.

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & tc \\ rd & re & tf \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, tc, rd, re, tf] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 3×3 Matrizen, die eine projektive 2D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

▷ **HomMat2D** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Eingabe-Transformationsmatrix.

▷ **Theta** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real* / integer
Winkel der Scherung.
Default: 0.78
Wertevorschläge: `Theta` ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.78, 1.57, 3.14}
Wertebereich: 0 ≤ `Theta` ≤ 6.28318530718

▷ **Axis** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Koordinatenachse, die geschert wird.
Default: 'x'
Werteliste: `Axis` ∈ {'x', 'y'}

▷ **HomMat2DSlant** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `hom_mat2d_slant_local` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`hom_mat2d_identity`, `hom_mat2d_translate_local`, `hom_mat2d_scale_local`, `hom_mat2d_rotate_local`, `hom_mat2d_slant_local`, `hom_mat2d_reflect`

Nachfolger

`hom_mat2d_translate_local`, `hom_mat2d_scale_local`, `hom_mat2d_rotate_local`, `hom_mat2d_slant_local`, `hom_mat2d_reflect_local`

Siehe auch

`hom_mat2d_slant`

Modul

Foundation

hom_mat2d_to_affine_par (: : HomMat2D : Sx, Sy, Phi, Theta, Tx, Ty)

Berechnet die affinen Transformationsparameter aus einer homogenen 2D-Transformationsmatrix.

`hom_mat2d_to_affine_par` berechnet aus einer homogenen 2D-Transformationsmatrix `HomMat2D` die zugehörigen affinen Transformationsparameter. Die Parameter `Sx` und `Sy` geben an, wie stark die ursprünglichen x- und y-Achsen von der Transformation skaliert werden. Die beiden Skalierungsfaktoren sind immer positiv. Der Winkel `Theta` beschreibt, ob die transformierten Koordinatenachsen orthogonal sind (`Theta` = 0) oder ob die y-Achse geschert ist. Falls $|\texttt{Theta}| > \pi/2$, enthält die Transformation eine Spiegelung. Der Winkel `Phi` beschreibt die Rotation der x-Achse des transformierten Koordinatensystems gegenüber der x-Achse des ursprünglichen Koordinatensystems. Die Parameter `Tx` und `Ty` beschreiben die Verschiebung der beiden Koordinatensysteme. Die Matrix `HomMat2D` lässt sich mit folgender Operatorsequenz aus den sechs Transformationsparametern erzeugen:

```
hom_mat2d_identity(HomMat2DIdentity)
hom_mat2d_scale(HomMat2DIdentity, Sx, Sy, 0, 0, HomMat2DScale)
hom_mat2d_slant(HomMat2DScale, Theta, 'y', 0, 0, HomMat2DSlant)
hom_mat2d_rotate(HomMat2DSlant, Phi, 0, 0, HomMat2DRotate)
hom_mat2d_translate(HomMat2DRotate, Tx, Ty, HomMat2D)
```

Dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\texttt{HomMat2D} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & +\texttt{Tx} \\ 0 & 1 & +\texttt{Ty} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos(\texttt{Phi}) & -\sin(\texttt{Phi}) & 0 \\ \sin(\texttt{Phi}) & \cos(\texttt{Phi}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -\sin(\texttt{Theta}) & 0 \\ 0 & \cos(\texttt{Theta}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \texttt{Sx} & 0 & 0 \\ 0 & \texttt{Sy} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Parameter

- ▷ **HomMat2D** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.
- ▷ **Sx** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Skalierung in x-Richtung.
- ▷ **Sy** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Skalierung in y-Richtung.
- ▷ **Phi** (output_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Rotationswinkel.
- ▷ **Theta** (output_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Scherungswinkel.
- ▷ **Tx** (output_control) . . . . . point.x ⇝ *real*
  Translation in x-Richtung.
- ▷ **Ty** (output_control) . . . . . point.y ⇝ *real*
  Translation in y-Richtung.

Ergebnis

Falls die Matrix HomMat2D nicht degeneriert ist und eine affine Abbildung darstellt (d.h. keine projektive Abbildung), liefert hom_mat2d_to_affine_par den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Ansonsten wird eine Ausnahmebehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

vector_to_hom_mat2d, vector_to_rigid, vector_to_similarity, vector_to_aniso, point_line_to_hom_mat2d

Nachfolger

hom_mat2d_translate, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_slant

Modul

Foundation

hom_mat2d_translate (: : HomMat2D, Tx, Ty : HomMat2DTranslate)

Fügt eine Translation zu einer homogenen 2D-Transformationsmatrix hinzu.

hom_mat2d_translate fügt zur homogenen 2D-Transformationsmatrix HomMat2D eine Translation um den Vektor $\mathbf{T}$ = (Tx,Ty) hinzu und liefert die resultierende Matrix in HomMat2DTranslate zurück. Die Translation wird relativ zum globalen (d.h. feststehenden) Koordinatensystem ausgeführt; dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\texttt{HomMat2DTranslate} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \\ 0 & 1 & \mathbf{T} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat2D} \qquad \mathbf{T} = \begin{pmatrix} \texttt{Tx} \\ \texttt{Ty} \end{pmatrix}$$

Um die Transformation im lokalen Koordinatensystem, das durch HomMat2D beschrieben ist, durchzuführen, kann hom_mat2d_translate_local verwendet werden.

Achtung

Es ist zu beachten, dass homogene Transformationsmatrizen sich auf ein allgemeines rechtshändiges mathematisches Koordinatensystem beziehen. Falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, ist zu beachten, dass die Zeilenkoordinaten in den x-Koordinaten und die Spaltenkoordinaten in den y-Koordinaten übergeben werden müssen. Die Übergabereihenfolge von Zeilen- und Spaltenkoordinaten entspricht also der üblichen Reihenfolge (`Row`,`Column`). Diese Konvention ist unerlässlich, um bei der Transformation von Bilddaten ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten, so dass z.B. insbesondere Rotationen in der mathematisch korrekten Drehrichtung ausgeführt werden.

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & tc \\ rd & re & tf \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, tc, rd, re, tf] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 3×3 Matrizen, die eine projektive 2D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

- ▷ **`HomMat2D`** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.
- ▷ **`Tx`** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Verschiebung in x-Richtung.
  Default: 64
  Wertevorschläge: `Tx` ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **`Ty`** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Verschiebung in y-Richtung.
  Default: 64
  Wertevorschläge: `Ty` ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **`HomMat2DTranslate`** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `hom_mat2d_translate` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`hom_mat2d_identity`, `hom_mat2d_translate`, `hom_mat2d_scale`, `hom_mat2d_rotate`, `hom_mat2d_slant`, `hom_mat2d_reflect`

Nachfolger

`hom_mat2d_translate`, `hom_mat2d_scale`, `hom_mat2d_rotate`, `hom_mat2d_slant`, `hom_mat2d_reflect`

Siehe auch

`hom_mat2d_translate_local`

Modul

Foundation

```
hom_mat2d_translate_local ( : : HomMat2D,  Tx,
    Ty : HomMat2DTranslate )
```

Fügt eine Translation zu einer homogenen 2D-Transformationsmatrix hinzu.

hom_mat2d_translate_local fügt zur homogenen 2D-Transformationsmatrix HomMat2D eine Translation um den Vektor **T** = (Tx,Ty) hinzu und liefert die resultierende Matrix in HomMat2DTranslate zurück. Im Gegensatz zu hom_mat2d_translate wird die Translation relativ zum lokalen Koordinatensystem, das durch HomMat2D beschrieben ist, ausgeführt; dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\texttt{HomMat2DTranslate} = \texttt{HomMat2D} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & \\ 0 & 1 & \mathbf{T} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{T} = \begin{pmatrix} \texttt{Tx} \\ \texttt{Ty} \end{pmatrix}$$

Achtung

Es ist zu beachten, dass homogene Transformationsmatrizen sich auf ein allgemeines rechtshändiges mathematisches Koordinatensystem beziehen. Falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, ist zu beachten, dass die Zeilenkoordinaten in den x-Koordinaten und die Spaltenkoordinaten in den y-Koordinaten übergeben werden müssen. Die Übergabereihenfolge von Zeilen- und Spaltenkoordinaten entspricht also der üblichen Reihenfolge (Row,Column). Diese Konvention ist unerlässlich, um bei der Transformation von Bilddaten ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten, so dass z.B. insbesondere Rotationen in der mathematisch korrekten Drehrichtung ausgeführt werden.

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & tc \\ rd & re & tf \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, tc, rd, re, tf] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 3×3 Matrizen, die eine projektive 2D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

- ▷ **HomMat2D** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.
- ▷ **Tx** (input_control) . . . . . point.x ⇝ *real* / integer
  Verschiebung in x-Richtung.
  Default: 64
  Wertevorschläge: Tx ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Ty** (input_control) . . . . . point.y ⇝ *real* / integer
  Verschiebung in y-Richtung.
  Default: 64
  Wertevorschläge: Ty ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **HomMat2DTranslate** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert hom_mat2d_translate_local den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat2d_identity, hom_mat2d_translate_local, hom_mat2d_scale_local, hom_mat2d_rotate_local, hom_mat2d_slant_local, hom_mat2d_reflect_local

Nachfolger

hom_mat2d_translate_local, hom_mat2d_scale_local, hom_mat2d_rotate_local, hom_mat2d_slant_local, hom_mat2d_reflect_local

Siehe auch

hom_mat2d_translate

Modul

Foundation

hom_mat2d_transpose (: : HomMat2D : HomMat2DTranspose)

Transponiert eine homogene 2D-Transformationsmatrix.

hom_mat2d_transpose transponiert die homogene 2D-Transformationsmatrix, die in HomMat2D übergeben wird. Die Ergebnismatrix HomMat2DTranspose ist immer eine 3×3 Matrix, selbst wenn die Eingabematrix als 2×3 Matrix dargestellt ist.

Parameter

- ▷ **HomMat2D** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.
- ▷ **HomMat2DTranspose** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

hom_mat2d_transpose liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat2d_translate, hom_mat2d_translate_local, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_scale_local, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_rotate_local, hom_mat2d_slant, hom_mat2d_slant_local, hom_mat2d_reflect, hom_mat2d_reflect_local

Nachfolger

hom_mat2d_compose, hom_mat2d_invert

Modul

Foundation

hom_mat3d_project (: : HomMat3D, PrincipalPointRow, PrincipalPointCol, Focus : HomMat2D)

Projiziert eine Matrix zur affinen 3D-Transformation in eine 2D projektive Transformationsmatrix.

hom_mat3d_project berechnet aus der homogenen 3×4 Transformationsmatrix HomMat3D, die eine affine Transformation im 3D beschreibt, eine homogene projektive Transformationsmatrix, die dazu verwendet werden kann, eine Ebene, insbesondere eine Ebene, die ein Bild enthält, zu projizieren. Die projektive Transformationsmatrix beschreibt eine projektive Transformation zwischen zwei (zweidimensionalen) Ebenen.

Dies kann zur Erzeugung von perspektivischen Verzerrungen genutzt werden, welche durch die Projektion einer Ebene entstehen, die um eine andere Achse als die z-Achse gedreht ist. Im Normalfall werden projektive Transformationen aber aus Punktkorrespondenzen ermittelt (siehe vector_to_proj_hom_mat2d, hom_vector_to_proj_hom_mat2d und proj_match_points_ransac).

Matrizen zur Drehung, Skalierung oder Verschiebung können mit Hilfe der Operatoren hom_mat3d_identity, hom_mat3d_scale, hom_mat3d_rotate, hom_mat3d_translate und pose_to_hom_mat3d konstruiert werden.

Dabei ist zu beachten, dass bei den 3D-Transformationen die x-Achse der Spaltenachse und die y-Achse der Zeilenachse entspricht (siehe auch Kalibrierung), während bei `projective_trans_image` in `HomMat2D` die erste Zeile der Zeilenachse und die zweite Zeile der Transformation der Spaltenachse des Bildes entspricht.

Der Punkt (`PrincipalPointRow`, `PrincipalPointCol`) ist dabei das optische Zentrum der Projektion und der Punkt (`PrincipalPointRow`, `PrincipalPointCol`, *0*) im Dreidimensionalen somit der virtuelle Standpunkt der Kamera. Die Blickrichtung entspricht der positiven z-Achse.

In diesem virtuellen Raum befindet sich die Ebene des Eingabebildes, ebenso wie die Bildebene der Projektion, an der Stelle $z =$ `Focus`, also `Focus` Pixel von der Kamera entfernt. Dies führt dazu, dass die Verwendung der identischen Abbildung als Eingabematrix `HomMat3D` eine Matrix `HomMat2D` ergibt, die ebenfalls die identische Abbildung im Zweidimensionalen darstellt.

Der Parameter `Focus` ist also die „Brennweite“ der verwendeten virtuellen Kamera und in der Einheit Pixel angegeben. Durch ihn kann der Grad der perspektivischen Verzerrungen verändert werden. Dieselbe Eingabematrix `HomMat3D` führt bei großer Brennweite zu schwächeren Verzerrungen als bei kleiner Brennweite.

Sei H die affine 3D-Matrix mit Elementen h_{ij}, $(r, c) =$ (`PrincipalPointRow`, `PrincipalPointCol`)

und $f =$ `Focus`.

Dann wird die projektive Transformationsmatrix wie folgt berechnet: Zunächst wird eine 3×4 Projektionsmatrix berechnet als:

$$Q = \begin{pmatrix} f & 0 & c \\ 0 & f & r \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -c \\ 0 & 1 & 0 & -r \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} & h_{14} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} & h_{24} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} & h_{34} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Da das Bild einer Ebene, in der die Punkte die Form $(x, y, f, 1)^T$ haben, berechnet werden soll, werden die letzten zwei Spalten von Q zusammengefasst:

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & f \cdot q_{13} + q_{14} \\ q_{21} & q_{22} & f \cdot r_{23} + q_{24} \\ q_{31} & q_{32} & f \cdot r_{33} + q_{34} \end{pmatrix} = Q \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Zuletzt werden die Spalten und Zeilen von R so vertauscht, dass die erste Zeile von P der Transformation der Zeilenkoordinaten und die zweite Zeile von P der Transformation der Spaltenkoordinaten entspricht, so dass P direkt in `projective_trans_image` verwendet werden kann:

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot R \cdot \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Insgesamt ergibt sich also:

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} f & 0 & c \\ 0 & f & r \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -c \\ 0 & 1 & 0 & -r \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \cdot H \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Parameter

▷ **HomMat3D** (input_control) ..... hom_mat3d ⇝ *real*
3 × 4 3D-Transformationsmatrix.

▷ **PrincipalPointRow** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des Hauptpunktes.
Default: 256
Wertevorschläge: `PrincipalPointRow` ∈ {16, 32, 64, 128, 240, 256, 512}

▷ **PrincipalPointCol** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des Hauptpunktes.
Default: 256
Wertevorschläge: `PrincipalPointCol` ∈ {16, 32, 64, 128, 256, 320, 512}

▷ **Focus** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Brennweite in Pixeln.
Default: 256
Wertevorschläge: Focus ∈ {1, 2, 5, 256, 32768}

▷ **HomMat2D** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
Homogene projektive Transformationsmatrix.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat3d_identity, hom_mat3d_rotate, hom_mat3d_translate, hom_mat3d_scale

Nachfolger

projective_trans_image, projective_trans_point_2d, projective_trans_region, projective_trans_contour_xld, hom_mat2d_invert

Modul

Foundation

hom_vector_to_proj_hom_mat2d (: : Px, Py, Pw, Qx, Qy, Qw, Method : HomMat2D)

Bestimmt eine projektive Transformationsmatrix unter Verwendung vorgegebener Punktkorrespondenzen.

hom_vector_to_proj_hom_mat2d ermittelt aus mindestens 4 vorgegebenen Punktkorrespondenzen

$$\mathtt{HomMat2D} \cdot \begin{pmatrix} \mathtt{Px} \\ \mathtt{Py} \\ \mathtt{Pw} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathtt{Qx} \\ \mathtt{Qy} \\ \mathtt{Qw} \end{pmatrix}$$

die homogene projektive Transformationsmatrix HomMat2D, die diese Gleichungen am besten erfüllt. Sind weniger als 4 Punktpaare (Px, Py, Pw), (Qx, Qy, Qw) angegeben, so ist eine solche Transformation nicht eindeutig bestimmbar. Sind genau 4 Punktpaare gegeben, so kann eine Matrix gefunden werden, die die Punkte genau ineinander überführt. Andernfalls wird die Matrix so gewählt, dass der Fehler möglichst klein wird. Um dieses Ergebnis zu erreichen, sind verschiedene Algorithmen verfügbar. Welches Verfahren verwendet werden soll, kann mittels des Parameters Method gesteuert werden. Für konventionelle geometrische Transformationen liefert die Einstellung Method=*'normalized_dlt'* im allgemeinen die besseren Ergebnisse. Ist aber eines der Qw oder Pw gleich *0*, so muss Method=*'dlt'* gewählt werden.

Im Gegensatz zu vector_to_proj_hom_mat2d können aufgrund der Verwendung von homogenen Koordinaten mit hom_vector_to_proj_hom_mat2d unendlich ferne Punkte (Pw = *0* oder Qw = *0*) zur Bestimmung der Transformation verwendet werden. Falls endliche Punkte verwendet werden, wird im Normalfall Pw = *1* und Qw = *1* gewählt. In diesem Fall kann auch vector_to_proj_hom_mat2d verwendet werden, wobei dort zusätzlich noch eine weitere Optimierungsmethode zur Verfügung steht und die Kovarianzen der Punkte berücksichtigt werden können. Falls die Korrespondenz zwischen den Punkten nicht bestimmt worden ist, sollte proj_match_points_ransac zur Bestimmung der Korrespondenz sowie der Transformation verwendet werden.

Falls die zu transformierenden Punkte in Standard-Bildkoordinaten vorliegen, müssen die *Zeilen*-Koordinaten der Punkte in Px und die *Spalten*-Koordinaten in Py übergeben werden. Dies ist notwendig, um für das Bild ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten. Insbesondere werden dadurch Rotationen im korrekten Drehsinn ausgeführt. Die Koordinatenreihenfolge (x,y) der Matrizen entspricht dann der üblichen Koordinatenreihenfolge (Zeile,Spalte) der Bilder.

Achtung

Es ist zu beachten, dass homogene Transformationsmatrizen sich auf ein allgemeines rechtshändiges mathematisches Koordinatensystem beziehen. Falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern,

Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, ist zu beachten, dass die Zeilenkoordinaten in den x-Koordinaten und die Spaltenkoordinaten in den y-Koordinaten übergeben werden müssen. Die Übergabereihenfolge von Zeilen- und Spaltenkoordinaten entspricht also der üblichen Reihenfolge (`Row`,`Column`). Diese Konvention ist unerlässlich, um bei der Transformation von Bilddaten ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten, so dass z.B. insbesondere Rotationen in der mathematisch korrekten Drehrichtung ausgeführt werden.

Weiterhin ist zu beachten, dass, falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, angenommen wird, dass der Ursprung des Koordinatensystems der homogenen Transformationsmatrix in der linken oberen Ecke des Pixels liegt. Die Bildverarbeitungsoperatoren, die Punktkoordinaten zurückliefern, nehmen hingegen ein Koordinatensystem an, in dem der Ursprung in der Mitte eines Pixels liegt. Daher muss, um eine konsistente homogene Transformationsmatrix zu erhalten, 0.5 zu den Punktkoordinaten addiert werden, bevor die Transformation berechnet wird.

Parameter

- ▷ **`Px`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte 1 (x-Koordinate).
- ▷ **`Py`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte 1 (y-Koordinate).
- ▷ **`Pw`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte 1 (w-Koordinate).
- ▷ **`Qx`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
  Eingabepunkte 2 (x-Koordinate).
- ▷ **`Qy`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
  Eingabepunkte 2 (y-Koordinate).
- ▷ **`Qw`** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
  Eingabepunkte 2 (w-Koordinate).
- ▷ **`Method`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Schätzalgorithmus.
  Default: 'normalized_dlt'
  Werteliste: `Method` ∈ {'normalized_dlt', 'dlt'}
- ▷ **`HomMat2D`** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  Homogene projektive Transformationsmatrix.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`proj_match_points_ransac`, `proj_match_points_ransac_guided`, `points_foerstner`, `points_harris`

Nachfolger

`projective_trans_image`, `projective_trans_image_size`, `projective_trans_region`, `projective_trans_contour_xld`, `projective_trans_point_2d`, `projective_trans_pixel`

Alternativen

`vector_to_proj_hom_mat2d`, `proj_match_points_ransac`, `proj_match_points_ransac_guided`

Literatur

Richard Hartley, Andrew Zisserman: „Multiple View Geometry in Computer Vision“; Cambridge University Press, Cambridge; 2000.

Olivier Faugeras, Quang-Tuan Luong: „The Geometry of Multiple Images: The Laws That Govern the Formation of Multiple Images of a Scene and Some of Their Applications“; MIT Press, Cambridge, MA; 2001.

Modul

Calibration

point_line_to_hom_mat2d (: : TransformationType, Px, Py, L1x, L1y, L2x, L2y : HomMat2D)

Erzeugt eine Näherung für eine affine Transformation aus Punkt-zu-Gerade-Korrespondenzen.

point_line_to_hom_mat2d berechnet eine Näherung für eine affine Transformation aus Punkt-zu-Gerade-Korrespondenzen und liefert sie in der homogenen Transformationsmatrix HomMat2D zurück (siehe hom_mat2d_to_affine_par für den Aufbau der homogenen Transformationsmatrix).

Die Punkte werden in den Tupeln (Px,Py) übergeben. Ihre korrespondierenden Geraden werden durch zwei Punkte auf der Geraden spezifiziert, die in (L1x,L1y) und (L2x,L2y) übergeben werden. Korrespondierende Punkte und Geraden müssen an denselben Indexpositionen in diesen Tupeln stehen.

Der Typ der zu bestimmenden Transformation wird mit TransformationType festgelegt. Jeder Transformationstyp erfordert eine bestimmte Mindestanzahl von Punkt-zu-Gerade-Korrespondenzen, wie in der folgenden Tabelle beschrieben:

TransformationType	Typ der Transformation	Mindestanzahl von Korrespondenzen
'translation'	Translation	2
'rigid'	Starre affine Transformation	3
'similarity'	Ähnlichkeitstransformation	4
'aniso'	Anisotrope Ähnlichkeitstransformation	5
'affine'	Allgemeine affine Transformation	6

Die unterstützten Transformationstypen können wie folgt beschrieben werden:

'translation': Eine Translation, d.h., eine Transformation, die wie folgt erzeugt werden kann:

```
hom_mat2d_identity(HomMat2D)
hom_mat2d_translate(HomMat2D, Tx, Ty, HomMat2D)
```

Dies bedeutet, dass

$$\begin{aligned} \texttt{HomMat2D} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & \\ 0 & 1 & \mathbf{T} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ &= \mathbf{H}(\mathbf{T}) \end{aligned}$$

wobei $\mathbf{T}$ der Translationsvektor ist.

'rigid': Eine starre affine Transformation, d.h., eine Transformation, die wie folgt erzeugt werden kann:

```
hom_mat2d_identity(HomMat2D)
hom_mat2d_rotate(HomMat2D, Phi, 0, 0, HomMat2D)
hom_mat2d_translate(HomMat2D, Tx, Ty, HomMat2D)
```

Dies bedeutet, dass

$$\begin{aligned} \texttt{HomMat2D} &= \begin{bmatrix} \mathbf{R} & \mathbf{T} \\ 0\,0 & 1 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & \\ 0 & 1 & \mathbf{T} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{R} & 0 \\ & 0 \\ 0\,0 & 1 \end{bmatrix} \\ &= \mathbf{H}(\mathbf{T}) \cdot \mathbf{H}(\mathbf{R}) \end{aligned}$$

wobei $\mathbf{R}$ eine zum Rotationswinkel Phi gehörige Rotationsmatrix und $\mathbf{T}$ der Translationsvektor ist.

'similarity': Eine Ähnlichkeitstransformation, d.h., eine Transformation, die wie folgt erzeugt werden kann (beachten Sie die identischen Skalierungsfaktoren bei hom_mat2d_scale):

```
hom_mat2d_identity(HomMat2D)
hom_mat2d_scale(HomMat2D, S, S, 0, 0, HomMat2D)
hom_mat2d_rotate(HomMat2D, Phi, 0, 0, HomMat2D)
hom_mat2d_translate(HomMat2D, Tx, Ty, HomMat2D)
```

Dies bedeutet, dass

$$\begin{aligned} \texttt{HomMat2D} &= \begin{bmatrix} \mathbf{R}\cdot\mathbf{S} & \mathbf{T} \\ 0\;0 & 1 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & \\ 0 & 1 & \mathbf{T} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{R} & 0 \\ 0\;0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{S} & 0 \\ 0\;0 & 1 \end{bmatrix} \\ &= \mathbf{H}(\mathbf{T}) \cdot \mathbf{H}(\mathbf{R}) \cdot \mathbf{H}(\mathbf{S}) \end{aligned}$$

wobei $\mathbf{S}$ eine Skalierungsmatrix mit identischer Skalierung `S` in x- und y-Richtung, $\mathbf{R}$ eine zum Rotationswinkel `Phi` gehörige Rotationsmatrix und $\mathbf{T}$ der Translationsvektor ist.

'aniso': Eine anisotrope Ähnlichkeitstransformation, d.h., eine Transformation, die wie folgt erzeugt werden kann (beachten Sie die unterschiedlichen Skalierungsfaktoren bei `hom_mat2d_scale`):

```
hom_mat2d_identity(HomMat2D)
hom_mat2d_scale(HomMat2D, Sx, Sy, 0, 0, HomMat2D)
hom_mat2d_rotate(HomMat2D, Phi, 0, 0, HomMat2D)
hom_mat2d_translate(HomMat2D, Tx, Ty, HomMat2D)
```

Dies bedeutet, dass

$$\begin{aligned} \texttt{HomMat2D} &= \begin{bmatrix} \mathbf{R}\cdot\mathbf{S} & \mathbf{T} \\ 0\;0 & 1 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & \\ 0 & 1 & \mathbf{T} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{R} & 0 \\ 0\;0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ &= \mathbf{H}(\mathbf{T}) \cdot \mathbf{H}(\mathbf{R}) \cdot \mathbf{H}(\mathbf{S}) \end{aligned}$$

wobei $\mathbf{S}$ eine Skalierungsmatrix mit nicht-identischer Skalierung `Sx` und `Sy` in x- und y-Richtung, $\mathbf{R}$ eine zum Rotationswinkel `Phi` gehörige Rotationsmatrix und $\mathbf{T}$ der Translationsvektor ist.

'affine': Eine allgemeine affine Transformation, d.h., eine Transformation, die wie folgt erzeugt werden kann:

```
hom_mat2d_identity(HomMat2D)
hom_mat2d_scale(HomMat2D, Sx, Sy, 0, 0, HomMat2D)
hom_mat2d_slant(HomMat2D, Theta, 'y', 0, 0, HomMat2D)
hom_mat2d_rotate(HomMat2D, Phi, 0, 0, HomMat2D)
hom_mat2d_translate(HomMat2D, Tx, Ty, HomMat2D)
```

Dies bedeutet, dass

$$\texttt{HomMat2D} = \begin{bmatrix} h_{1,1} & h_{1,2} & h_{1,3} \\ h_{2,1} & h_{2,2} & h_{2,3} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

wobei $h_{1,1}$–$h_{2,3}$ beliebige Zahlen sind.

Die Transformation wird berechnet, indem die Summe der quadrierten Abstände der mit der berechneten Transformation transformierten Punkte (`Px`,`Py`) zu den Geraden, die durch (`L1x`,`L1y`) und (`L2x`,`L2y`) gegeben sind, minimiert werden. Die Geraden werden dabei als unendlich lange Geraden betrachtet. Das bedeutet, dass die mit der Transformation `HomMat2D` transformierten Punkte (`Px`,`Py`) nicht „zwischen“ (`L1x`,`L1y`) und (`L2x`,`L2y`) liegen müssen. Eine Ausnahme dieser Regel tritt auf, falls starre affine Transformationen oder anisotrope Ähnlichkeitstransformation aus der minimalen Anzahl von 3 bzw. 5 Punkt-zu-Gerade-Korrespondenzen bestimmt werden. In diesem Fall existieren im allgemeinen zwei mögliche Lösungen, die beide einen Fehler von 0 aufweisen. Der Algorithmus liefert die Lösung zurück, für die die transformierten Punkte so nahe wie möglich an dem *Geradenstück* (der *Strecke*) liegen, die durch (`L1x`,`L1y`) und (`L2x`,`L2y`) gegeben ist. Falls eine eindeutige Lösung gewünscht ist, sollte eine zusätzliche Punkt-zu-Gerade-Korrespondenz verwendet werden (d.h. 4 bzw. 6).

`HomMat2D` kann direkt mit den Operatoren, die Daten mit affinen Abbildungen transformieren, z.B. `affine_trans_image`, verwendet werden.

Achtung

Es ist zu beachten, dass homogene Transformationsmatrizen sich auf ein allgemeines rechtshändiges mathematisches Koordinatensystem beziehen. Falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, ist zu beachten, dass die Zeilenkoordinaten in den x-Koordinaten und die Spaltenkoordinaten in den y-Koordinaten übergeben werden müssen. Die Übergabereihenfolge von Zeilen- und Spaltenkoordinaten entspricht also der üblichen Reihenfolge (`Row`,`Column`). Diese Konvention ist unerlässlich, um bei der Transformation von Bilddaten ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten, so dass z.B. insbesondere Rotationen in der mathematisch korrekten Drehrichtung ausgeführt werden.

Weiterhin ist zu beachten, dass, falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, angenommen wird, dass der Ursprung des Koordinatensystems der homogenen Transformationsmatrix in der linken oberen Ecke des Pixels liegt. Die Bildverarbeitungsoperatoren, die Punktkoordinaten zurückliefern, nehmen hingegen ein Koordinatensystem an, in dem der Ursprung in der Mitte eines Pixels liegt. Daher muss, um eine konsistente homogene Transformationsmatrix zu erhalten, 0.5 zu den Punktkoordinaten addiert werden, bevor die Transformation berechnet wird.

Parameter

- ▷ **`TransformationType`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Typ der zu berechnenden Transformation.
  Default: 'rigid'
  Werteliste: `TransformationType` ∈ {'translation', 'rigid', 'similarity', 'aniso', 'affine'}
- ▷ **`Px`** (input_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  X-Koordinaten der originalen Punkte.
- ▷ **`Py`** (input_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Y-Koordinaten der originalen Punkte.
- ▷ **`L1x`** (input_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  X-Koordinaten des ersten Punkts auf der korrespondierenden Gerade.
- ▷ **`L1y`** (input_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Y-Koordinaten des ersten Punkts auf der korrespondierenden Gerade.
- ▷ **`L2x`** (input_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  X-Koordinaten des zweiten Punkts auf der korrespondierenden Gerade.
- ▷ **`L2y`** (input_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Y-Koordinaten des zweiten Punkts auf der korrespondierenden Gerade.
- ▷ **`HomMat2D`** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Ausgabe-Transformationsmatrix.

Beispiel

```
* Use point_line_to_hom_mat2d for alignment.
* Read the reference image.
read_image (Image, ReferenceFileName)
* Set up the metrology model with four lines.  Four lines are used
* since this is the minimum number of point-to-line correspondences
* that results in a unique rigid transformation.
Row1 := [RowB1,RowB2,RowB3,RowB4]
Col1 := [ColB1,ColB2,ColB3,ColB4]
Row2 := [RowE1,RowE2,RowE3,RowE4]
Col2 := [ColE1,ColE2,ColE3,ColE4]
create_metrology_model (MetrologyHandle)
add_metrology_object_line_measure (MetrologyHandle, Row1, Col1, \
                                   Row2, Col2, 40, 5, 1, 30, \
                                   [], [], Index)
* Apply the metrology model to the reference image and read out
* the results.
apply_metrology_model (Image, MetrologyHandle)
get_metrology_object_result (MetrologyHandle, 'all', 'all', \
                             'result_type', 'row_begin', \
```

```
                              RowBegin)
get_metrology_object_result (MetrologyHandle, 'all', 'all', \
                             'result_type', 'column_begin', \
                             ColBegin)
get_metrology_object_result (MetrologyHandle, 'all', 'all', \
                             'result_type', 'row_end', \
                             RowEnd)
get_metrology_object_result (MetrologyHandle, 'all', 'all', \
                             'result_type', 'column_end', \
                             ColEnd)
* The reference points of the model are the center points of the
* detected line segments.  They will be used to compute the
* transformation from the current image to the reference image
* using point_line_to_hom_mat2d below.
RowRef := 0.5*(RowBegin+RowEnd)
ColRef := 0.5*(ColBegin+ColEnd)
for I := 1 to |FileNames|-1 by 1
    read_image (Image, FileNames[I])
    * Apply the metrology model to the current image and read out
    * the line segment coordinates.
    apply_metrology_model (Image, MetrologyHandle)
    get_metrology_object_result (MetrologyHandle, 'all', 'all', \
                                 'result_type', 'row_begin', \
                                 RowBegin)
    get_metrology_object_result (MetrologyHandle, 'all', 'all', \
                                 'result_type', 'column_begin', \
                                 ColBegin)
    get_metrology_object_result (MetrologyHandle, 'all', 'all', \
                                 'result_type', 'row_end', \
                                 RowEnd)
    get_metrology_object_result (MetrologyHandle, 'all', 'all', \
                                 'result_type', 'column_end', \
                                 ColEnd)
    * Determine a rigid transformation based on the point-to-line
    * correspondences from the reference points to the extracted
    * lines.  Note that this determines a transformation from the
    * reference points to the lines in the current image.
    * Therefore, we must invert this transformation to obtain the
    * transformation from the current image to the rerefence image.
    point_line_to_hom_mat2d ('rigid', RowRef+0.5, ColRef+0.5, \
                             RowBegin+0.5, ColBegin+0.5, \
                             RowEnd+0.5, ColEnd+0.5, HomMat2D)
    hom_mat2d_invert (HomMat2D, HomMat2DInvert)
    affine_trans_image (Image, ImageTrans, HomMat2DInvert, \
                        'constant', 'false')
    * Now that the current image has been aligned with the
    * reference image, we can do some processing based on the
    * aligned image ImageTrans.
    * [...]
endfor
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

affine_trans_image, affine_trans_image_size, affine_trans_region, affine_trans_contour_xld, affine_trans_polygon_xld, affine_trans_point_2d

Siehe auch

vector_to_hom_mat2d, vector_to_aniso, vector_to_similarity, vector_to_rigid

Modul

Foundation

projective_trans_pixel (: : HomMat2D, Row, Col : RowTrans, ColTrans)

Projiziert Pixelkoordinaten mittels einer homogenen projektiven Transformationsmatrix.

projective_trans_pixel wendet die homogene projektive Transformationsmatrix HomMat2D auf alle Eingabepixel (Row,Col) an und liefert eine Liste von Ergebnispixeln (RowTrans,ColTrans) zurück. Die Transformation wird durch eine homogene Transformationsmatrix beschrieben, die in HomMat2D übergeben wird.

Der Unterschied zwischen projective_trans_pixel und projective_trans_point_2d liegt im verwendeten Koordinatensystem: projective_trans_pixel nutzt ein Koordinatensystem mit Ursprung in der linken oberen Ecke des Bildes, während projective_trans_point_2d das Standard-Bildkoordinatensystem verwendet, dessen Ursprung in der Mitte des linken oberen Pixels liegt und das auch von Operatoren wie area_center genutzt wird.

projective_trans_pixel entspricht den folgenden Schritten (Ein- und Ausgabepunkte als homogene Vektoren dargestellt):

$$\begin{pmatrix} \mathrm{RTrans} \\ \mathrm{CTrans} \\ \mathrm{WTrans} \end{pmatrix} = \mathrm{HomMat2D} \cdot \begin{pmatrix} \mathrm{Row} \\ \mathrm{Col} \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \mathrm{RowTrans} \\ \mathrm{ColTrans} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\mathrm{RTrans}}{\mathrm{WTrans}} \\ \frac{\mathrm{CTrans}}{\mathrm{WTrans}} \end{pmatrix}$$

Falls bei dieser Transformation ein unendlich ferner Punkt erzeugt wird (WTrans $= 0$), wird eine Fehlermeldung zurückgeliefert.

Weitere Informationen

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Parameter

- ▷ **HomMat2D** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Homogene projektive Transformationsmatrix.
- ▷ **Row** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepixel (Zeilenkoordinate).
  Default: 64
  Wertevorschläge: Row ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Col** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepixel (Spaltenkoordinate).
  Default: 64
  Wertevorschläge: Col ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **RowTrans** (output_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepixel (Zeilenkoordinate).
- ▷ **ColTrans** (output_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepixel (Spaltenkoordinate).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

vector_to_proj_hom_mat2d, hom_vector_to_proj_hom_mat2d, proj_match_points_ransac, proj_match_points_ransac_guided, hom_mat3d_project

Siehe auch

projective_trans_image, projective_trans_image_size, projective_trans_region, projective_trans_contour_xld, projective_trans_point_2d

Modul

Foundation

projective_trans_point_2d (: : HomMat2D, Px, Py, Pw : Qx, Qy, Qw)

Projiziert einen homogenen 2D-Punkt mittels einer projektiven Transformationsmatrix.

projective_trans_point_2d wendet die homogene projektive Transformationsmatrix HomMat2D auf alle homogenen Eingabepunkte (Px,Py,Pw) an und liefert eine Liste von homogenen Ergebnispunkten (Qx,Qy,Qw) zurück. Die Transformation wird durch eine homogene Transformationsmatrix beschrieben, die in HomMat2D übergeben wird. Dies entspricht der folgenden Gleichung (Ein- und Ausgabepunkte als homogene Vektoren dargestellt):

$$\begin{pmatrix} Qx \\ Qy \\ Qw \end{pmatrix} = HomMat2D \cdot \begin{pmatrix} Px \\ Py \\ Pw \end{pmatrix}$$

Um die homogenen Koordinaten in euklidische Koordinaten zu transformieren, muss durch Qw geteilt werden:

$$\begin{pmatrix} Ex \\ Ey \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{Qx}{Qw} \\ \frac{Qy}{Qw} \end{pmatrix}$$

Falls die zu transformierenden Punkte in Standard-Bildkoordinaten vorliegen, müssen die *Zeilen*-Koordinaten der Punkte in Px und die *Spalten*-Koordinaten in Py übergeben werden. Dies ist notwendig, um für das Bild ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten. Insbesondere werden dadurch Rotationen im korrekten Drehsinn ausgeführt. Die Koordinatenreihenfolge (x,y) der Matrizen entspricht dann der üblichen Koordinatenreihenfolge (Zeile,Spalte) der Bilder.

Parameter

- ▷ **HomMat2D** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  Homogene projektive Transformationsmatrix.
- ▷ **Px** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt (x-Koordinate).
- ▷ **Py** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt (y-Koordinate).
- ▷ **Pw** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt (w-Koordinate).
- ▷ **Qx** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt (x-Koordinate).
- ▷ **Qy** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt (y-Koordinate).
- ▷ **Qw** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt (w-Koordinate).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

vector_to_proj_hom_mat2d, hom_vector_to_proj_hom_mat2d, proj_match_points_ransac, proj_match_points_ransac_guided, hom_mat3d_project

Siehe auch

projective_trans_image, projective_trans_image_size, projective_trans_region, projective_trans_contour_xld, projective_trans_pixel

Modul

Foundation

serialize_hom_mat2d (: : HomMat2D : SerializedItemHandle)

Serialisieren einer homogenen 2D-Transformationsmatrix.

serialize_hom_mat2d serialisiert die Daten einer homogenen 2D-Transformationsmatrix (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Die Transformationsmatrix wird in dem Handle HomMat2D übergeben. Die serialisierte Transformationsmatrix wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_hom_mat2d wieder deserialisiert werden.

Parameter

- ▷ **HomMat2D** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Transformationsmatrix.
- ▷ **SerializedItemHandle** (output_control) ..... serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert serialize_hom_mat2d den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

fwrite_serialized_item, send_serialized_item, deserialize_hom_mat2d

Modul

Foundation

vector_angle_to_rigid (: : Row1, Column1, Angle1, Row2, Column2, Angle2 : HomMat2D)

Berechnet eine starre affine Transformation aus Punkten und Winkeln.

vector_angle_to_rigid berechnet aus einer Punktkorrespondenz und zwei zugehörigen Winkeln eine starre affine Transformation, d.h. eine Transformation bestehend aus Rotation und Translation, und liefert sie in der homogenen Transformationsmatrix HomMat2D zurück. Diese beinhaltet 2 Komponenten: eine Rotationsmatrix $\mathbf{R}$ und einen Translationsvektor $\mathbf{T}$ (siehe auch hom_mat2d_rotate und hom_mat2d_translate):

$$\text{HomMat2D} = \begin{bmatrix} \mathbf{R} & \mathbf{T} \\ 0\,0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \mathbf{T} \\ 0 & 1 & \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{R} & 0 \\ & 0 \\ 0\,0 & 1 \end{bmatrix} = \mathbf{H}(\mathbf{T}) \cdot \mathbf{H}(\mathbf{R})$$

Die Koordinaten des ursprünglichen Punktes werden in (Row1,Column1) übergeben, der zugehörige Winkel in Angle1. Die Koordinaten des transformierten Punktes werden in (Row2,Column2) übergeben, der zugehörige Winkel in Angle2. Die folgende Gleichung beschreibt die Transformation des Punktes mit Hilfe homogener Vektoren:

$$\begin{pmatrix} \texttt{Row2} \\ \texttt{Column2} \\ 1 \end{pmatrix} = \texttt{HomMat2D} \cdot \begin{pmatrix} \texttt{Row1} \\ \texttt{Column1} \\ 1 \end{pmatrix}$$

Der Operator vector_angle_to_rigid ist insbesondere sinnvoll, um aus den Ergebnissen von Matching-Operatoren (z.B. find_ncc_model) eine starre Transformation zu konstruieren, die ein Referenzbild in das aktuelle Bild transformiert oder (wenn die Parameter in der umgekehrten Reihenfolge übergeben werden) das aktuelle Bild in das Referenzbild transformiert.

HomMat2D kann direkt mit den Operatoren, die Daten mit affinen Abbildungen transformieren, z.B. affine_trans_image, verwendet werden.

Parameter

- ▷ **Row1** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des Ausgangspunkts.
- ▷ **Column1** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des Ausgangspunkts.
- ▷ **Angle1** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real* / integer
  Winkel des Ausgangspunkts.
- ▷ **Row2** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des transformierten Punkts.
- ▷ **Column2** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des transformierten Punkts.
- ▷ **Angle2** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real* / integer
  Winkel des transformierten Punkts.
- ▷ **HomMat2D** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Ausgabe-Transformationsmatrix.

Beispiel

```
read_image (Image, 'face_masks/face_mask_01')
* Prepare NCC matching.
gen_rectangle2 (ROI, 616.5, 708.5, rad(-82.4054), 50, 35)
reduce_domain (Image, ROI, ImageReduced)
create_ncc_model (ImageReduced, 'auto', rad(0), rad(360), 'auto',\
                  'use_polarity', ModelID)
read_image (SearchImage, 'face_masks/face_mask_02')
find_ncc_model (SearchImage, ModelID, rad(0), rad(360), 0.7, 1, 0.5,\
                'true', 0, Row, Column, Angle, Score)
get_ncc_model_region (ModelRegion, ModelID)
gen_contour_region_xld (ModelRegion, ModelContours, 'border_holes')
* Create transformation matrix for found match.
vector_angle_to_rigid (0, 0, 0, Row, Column, Angle, HomMat2D)
affine_trans_contour_xld (ModelContours, ContoursAffineTrans, HomMat2D)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

get_ncc_model_region

Nachfolger

hom_mat2d_invert, affine_trans_image, affine_trans_region, affine_trans_contour_xld, affine_trans_polygon_xld, affine_trans_point_2d

Alternativen

vector_to_rigid

Siehe auch

vector_field_to_hom_mat2d

Modul

Foundation

vector_field_to_hom_mat2d (VectorField : : : HomMat2D)

Berechnen der Näherung eines Verschiebungsvektorfeldes durch eine affine Transformation.

vector_field_to_hom_mat2d berechnet aus dem Verschiebungsvektorfeld VectorField eine affine Transformation, die die unterliegende Transformation möglichst gut annähert. Diese wird in HomMat2D zurückgeliefert.

Wenn das Verschiebungsvektorfeld aus einem Originalbild I_{orig} und einem zweiten Bild I_{res} berechnet worden ist, so enthält die intern gespeicherte Transformationsmatrix (siehe affine_trans_image) eine Transformation, die beschreibt, wie das erste Bild I_{orig} in das zweite Bild I_{res} transformiert werden kann. Es ist zu beachten, dass das VectorField in relativen Koordinaten angegeben werden muss, wie es z.B. optical_flow_mg liefert.

Parameter

- ▷ **VectorField** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object :* vector_field
  Eingabebild.
- ▷ **HomMat2D** (output_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

optical_flow_mg

Nachfolger

affine_trans_image

Alternativen

vector_to_hom_mat2d

Modul

Foundation

vector_to_aniso (: : Px, Py, Qx, Qy : HomMat2D)

Erzeugt eine Näherung für eine anisotrope Ähnlichkeitstransformation aus Punktkorrespondenzen.

vector_to_aniso erzeugt aus (mindestens drei) Punktkorrespondenzen eine Näherung für eine anisotrope Ähnlichkeitstransformation, d.h. eine Transformation bestehend aus einer ungleichförmigen Skalierung, einer Rotation und einer Translation, und liefert sie in der homogenen Transformationsmatrix HomMat2D zurück. Diese beinhaltet 3 Komponenten: eine Skalierungsmatrix $\mathbf{S}$ mit nicht-identischer Skalierung in x- und y-Richtung, eine Rotationsmatrix $\mathbf{R}$ und einen Translationsvektor $\mathbf{T}$ (siehe auch hom_mat2d_scale, hom_mat2d_rotate und hom_mat2d_translate):

$$\texttt{HomMat2D} = \begin{bmatrix} \mathbf{R}\cdot\mathbf{S} & \mathbf{T} \\ 0\ \ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \\ 0 & 1 & \mathbf{T} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{R} & & 0 \\ & & 0 \\ 0\,0 & & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \mathbf{H}(\mathbf{T})\cdot\mathbf{H}(\mathbf{R})\cdot\mathbf{H}(\mathbf{S})$$

Die Punktkorrespondenzen werden in den Tupeln (Px,Py) und (Qx,Qy) übergeben, wobei korrespondierende Punkte an denselben Indexpositionen stehen müssen. Die Transformation ist durch die mindestens drei Punktkorrespondenzen immer überbestimmt. Deswegen ist die zurückgelieferte Transformation diejenige, die die Abstände zwischen den Eingabepunkten (Px,Py) und den transformierten Zielpunkten (Qx,Qy) minimiert, wie in der folgenden Gleichung beschrieben (Punkte als homogene Vektoren dargestellt):

$$\sum_i \left\| \begin{pmatrix} \texttt{Qx}[i] \\ \texttt{Qy}[i] \\ 1 \end{pmatrix} - \texttt{HomMat2D} \cdot \begin{pmatrix} \texttt{Px}[i] \\ \texttt{Py}[i] \\ 1 \end{pmatrix} \right\|^2 = \text{minimal}$$

HomMat2D kann direkt mit den Operatoren, die Daten mit affinen Abbildungen transformieren, z.B. affine_trans_image, verwendet werden.

In einer anisotropen Ähnlichkeitstransformation, wie sie oben definiert ist, werden die Punkte zuerst skaliert und dann rotiert. Manchmal ist eine Transformation nützlich, bei der zuerst rotiert und dann skaliert wird. Diese Art von Transformation kann mit vector_to_aniso berechnet werden, indem die Punktkorrespondenzen in umgekehrter Reihenfolge übergeben werden, d.h. die Punkte (Px,Py) werden in (Qx,Qy) und umgekehrt. Die so erhaltene Transformation muss danach mit hom_mat2d_invert invertiert werden.

Achtung

Es ist zu beachten, dass homogene Transformationsmatrizen sich auf ein allgemeines rechtshändiges mathematisches Koordinatensystem beziehen. Falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, ist zu beachten, dass die Zeilenkoordinaten in den x-Koordinaten und die Spaltenkoordinaten in den y-Koordinaten übergeben werden müssen. Die Übergabereihenfolge von Zeilen- und Spaltenkoordinaten entspricht also der üblichen Reihenfolge (Row,Column). Diese Konvention ist unerlässlich, um bei der Transformation von Bilddaten ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten, so dass z.B. insbesondere Rotationen in der mathematisch korrekten Drehrichtung ausgeführt werden.

Weiterhin ist zu beachten, dass, falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, angenommen wird, dass der Ursprung des Koordinatensystems der homogenen Transformationsmatrix in der linken oberen Ecke des Pixels liegt. Die Bildverarbeitungsoperatoren, die Punktkoordinaten zurückliefern, nehmen hingegen ein Koordinatensystem an, in dem der Ursprung in der Mitte eines Pixels liegt. Daher muss, um eine konsistente homogene Transformationsmatrix zu erhalten, 0.5 zu den Punktkoordinaten addiert werden, bevor die Transformation berechnet wird.

Parameter

- ▷ **Px** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
  X-Koordinaten der originalen Punkte.
- ▷ **Py** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
  Y-Koordinaten der originalen Punkte.
- ▷ **Qx** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
  X-Koordinaten der transformierten Punkte.
- ▷ **Qy** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
  Y-Koordinaten der transformierten Punkte.
- ▷ **HomMat2D** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

hom_mat2d_invert, affine_trans_image, affine_trans_image_size, affine_trans_region, affine_trans_contour_xld, affine_trans_polygon_xld, affine_trans_point_2d

Alternativen

vector_to_hom_mat2d, vector_to_similarity, vector_to_rigid

Siehe auch

vector_field_to_hom_mat2d, point_line_to_hom_mat2d

Modul

Foundation

vector_to_hom_mat2d (: : Px, Py, Qx, Qy : HomMat2D)

Erzeugt eine Näherung für eine affine Transformation aus Punktkorrespondenzen.

vector_to_hom_mat2d erzeugt aus (mindestens drei) Punktkorrespondenzen eine Näherung für eine affine Transformation und liefert sie in der homogenen Transformationsmatrix HomMat2D zurück (siehe hom_mat2d_to_affine_par für den Aufbau der homogenen Transformationsmatrix).

Die Punktkorrespondenzen werden in den Tupeln (Px,Py) und (Qx,Qy) übergeben, wobei korrespondierende Punkte an denselben Indexpositionen stehen müssen. Die Transformation ist überbestimmt, falls mehr als drei Punktkorrespondenzen übergeben werden. In diesem Fall ist die zurückgelieferte Transformation diejenige, die die Abstände zwischen den Eingabepunkten (Px,Py) und den Zielpunkten (Qx,Qy) minimiert, wie in der folgenden Gleichung beschrieben (Punkte als homogene Vektoren dargestellt):

$$\sum_i \left\| \begin{pmatrix} \mathtt{Qx}[i] \\ \mathtt{Qy}[i] \\ 1 \end{pmatrix} - \mathtt{HomMat2D} \cdot \begin{pmatrix} \mathtt{Px}[i] \\ \mathtt{Py}[i] \\ 1 \end{pmatrix} \right\|^2 = \text{minimal}$$

HomMat2D kann direkt mit den Operatoren, die Daten mit affinen Abbildungen transformieren, z.B. affine_trans_image, verwendet werden.

Achtung

Es ist zu beachten, dass homogene Transformationsmatrizen sich auf ein allgemeines rechtshändiges mathematisches Koordinatensystem beziehen. Falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, ist zu beachten, dass die Zeilenkoordinaten in den x-Koordinaten und die Spaltenkoordinaten in den y-Koordinaten übergeben werden müssen. Die Übergabereihenfolge von Zeilen- und Spaltenkoordinaten entspricht also der üblichen Reihenfolge (Row,Column). Diese Konvention ist unerlässlich, um bei der Transformation von Bilddaten ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten, so dass z.B. insbesondere Rotationen in der mathematisch korrekten Drehrichtung ausgeführt werden.

Weiterhin ist zu beachten, dass, falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, angenommen wird, dass der Ursprung des Koordinatensystems der homogenen Transformationsmatrix in der linken oberen Ecke des Pixels liegt. Die Bildverarbeitungsoperatoren, die Punktkoordinaten zurückliefern, nehmen hingegen ein Koordinatensystem an, in dem der Ursprung in der Mitte eines Pixels liegt. Daher muss, um eine konsistente homogene Transformationsmatrix zu erhalten, 0.5 zu den Punktkoordinaten addiert werden, bevor die Transformation berechnet wird.

Parameter

- ▷ **Px** (input_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  X-Koordinaten der originalen Punkte.
- ▷ **Py** (input_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Y-Koordinaten der originalen Punkte.
- ▷ **Qx** (input_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  X-Koordinaten der transformierten Punkte.
- ▷ **Qy** (input_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Y-Koordinaten der transformierten Punkte.

▷ **HomMat2D** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

affine_trans_image, affine_trans_image_size, affine_trans_region, affine_trans_contour_xld, affine_trans_polygon_xld, affine_trans_point_2d

Alternativen

vector_to_aniso, vector_to_similarity, vector_to_rigid

Siehe auch

vector_field_to_hom_mat2d, point_line_to_hom_mat2d

Modul

Foundation

vector_to_proj_hom_mat2d (: : Px, Py, Qx, Qy, Method, CovXX1, CovYY1, CovXY1, CovXX2, CovYY2, CovXY2 : HomMat2D, Covariance)

Bestimmt eine projektive Transformationsmatrix unter Verwendung vorgegebener Punktkorrespondenzen.

vector_to_proj_hom_mat2d ermittelt aus mindestens 4 vorgegebenen Punktkorrespondenzen

$$\mathtt{HomMat2D} \cdot \begin{pmatrix} \mathtt{Px} \\ \mathtt{Py} \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathtt{Qx} \\ \mathtt{Qy} \\ 1 \end{pmatrix}.$$

die homogene projektive Transformationsmatrix HomMat2D, die die obigen Gleichungen am besten erfüllt. Sind weniger als 4 Punktpaare (Px,Py), (Qx,Qy) angegeben, so ist eine solche Transformation nicht eindeutig bestimmbar. Sind genau 4 Punktpaare gegeben, so kann eine Matrix gefunden werden, die die Punkte genau ineinander überführt. Andernfalls wird die Matrix so gewählt, dass der Fehler möglichst klein wird. Um dieses Ergebnis zu erreichen, sind verschiedene Algorithmen verfügbar. Welches Verfahren verwendet werden soll, kann mittels des Parameters Method gesteuert werden. Method=*'dlt'* verwendet einen einfachen und schnellen, dafür aber ungenaueren Fehlerschätzalgorithmus, Method=*'normalized_dlt'* bietet im allgemeinen einen guten Kompromiss zwischen Geschwindigkeit und Genauigkeit, während Method=*'gold_standard'* eine mathematisch optimale, dafür aber langsamere, Optimierung durchführt.

Falls *'gold_standard'* verwendet wird und die Punkte mit einem Operator wie points_foerstner, der die Kovarianzmatrix für jeden Punkt zurückliefert, extrahiert wurden, kann dies in der Berechnung berücksichtigt werden, indem die Kovarianzen in CovYY1, CovXX1, CovXY1 für die Punkte des ersten Bildes und in CovYY2, CovXX2, CovXY2 für die Punkte des zweiten Bildes übergeben werden. Die Kovarianzmatrizen sind symmetrische 2×2 Matrizen. CovXX1/CovXX2 und CovYY1/CovYY2 sind dabei die Diagonalelemente der Matrizen, während CovXY1/CovXY2 die Subdiagonalelemente angeben. Falls eine andere Methode als *'gold_standard'* verwendet wird oder die Kovarianzen unbekannt sind, können in den Kovarianzparametern leere Tupel übergeben werden.

Im Gegensatz zu hom_vector_to_proj_hom_mat2d können in vector_to_proj_hom_mat2d keine unendlich fernen Punkte zur Bestimmung der Transformation verwendet werden. Falls dies notwendig ist, muss hom_vector_to_proj_hom_mat2d verwendet werden. Falls die Korrespondenz zwischen den Punkten nicht bestimmt worden ist, sollte proj_match_points_ransac zur Bestimmung der Korrespondenz sowie der Transformation verwendet werden.

Falls die zu transformierenden Punkte in Standard-Bildkoordinaten vorliegen, müssen die *Zeilen*-Koordinaten der Punkte in Px und die *Spalten*-Koordinaten in Py übergeben werden. Dies ist notwendig, um für das Bild ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten. Insbesondere werden dadurch Rotationen im korrekten Drehsinn

ausgeführt. Die Koordinatenreihenfolge (x,y) der Matrizen entspricht dann der üblichen Koordinatenreihenfolge (Zeile,Spalte) der Bilder.

Achtung

Es ist zu beachten, dass homogene Transformationsmatrizen sich auf ein allgemeines rechtshändiges mathematisches Koordinatensystem beziehen. Falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, ist zu beachten, dass die Zeilenkoordinaten in den x-Koordinaten und die Spaltenkoordinaten in den y-Koordinaten übergeben werden müssen. Die Übergabereihenfolge von Zeilen- und Spaltenkoordinaten entspricht also der üblichen Reihenfolge (`Row`,`Column`). Diese Konvention ist unerlässlich, um bei der Transformation von Bilddaten ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten, so dass z.B. insbesondere Rotationen in der mathematisch korrekten Drehrichtung ausgeführt werden.

Weiterhin ist zu beachten, dass, falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, angenommen wird, dass der Ursprung des Koordinatensystems der homogenen Transformationsmatrix in der linken oberen Ecke des Pixels liegt. Die Bildverarbeitungsoperatoren, die Punktkoordinaten zurückliefern, nehmen hingegen ein Koordinatensystem an, in dem der Ursprung in der Mitte eines Pixels liegt. Daher muss, um eine konsistente homogene Transformationsmatrix zu erhalten, 0.5 zu den Punktkoordinaten addiert werden, bevor die Transformation berechnet wird.

Parameter

- ▷ **Px** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 1 (Zeilenkoordinate).
- ▷ **Py** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 1 (Spaltenkoordinate).
- ▷ **Qx** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
  Eingabepunkte in Bild 2 (Zeilenkoordinate).
- ▷ **Qy** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
  Eingabepunkte in Bild 2 (Spaltenkoordinate).
- ▷ **Method** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Schätzalgorithmus.
  Default: 'normalized_dlt'
  Werteliste: `Method` ∈ {'normalized_dlt', 'gold_standard', 'dlt'}
- ▷ **CovXX1** (input_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Varianz in Zeilenrichtung der Punkte in Bild 1.
  Default: []
- ▷ **CovYY1** (input_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Varianz in Spaltenrichtung der Punkte in Bild 1.
  Default: []
- ▷ **CovXY1** (input_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Kovarianz der Punkte in Bild 1.
  Default: []
- ▷ **CovXX2** (input_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Varianz in Zeilenrichtung der Punkte in Bild 2.
  Default: []
- ▷ **CovYY2** (input_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Varianz in Spaltenrichtung der Punkte in Bild 2.
  Default: []
- ▷ **CovXY2** (input_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  Kovarianz der Punkte in Bild 2.
  Default: []
- ▷ **HomMat2D** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  Homogene projektive Transformationsmatrix.
- ▷ **Covariance** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
  9×9 Kovarianzmatrix der projektiven Transformationsmatrix.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

proj_match_points_ransac, proj_match_points_ransac_guided, points_foerstner, points_harris

Nachfolger

projective_trans_image, projective_trans_image_size, projective_trans_region, projective_trans_contour_xld, projective_trans_point_2d, projective_trans_pixel

Alternativen

hom_vector_to_proj_hom_mat2d, proj_match_points_ransac, proj_match_points_ransac_guided

Literatur

Richard Hartley, Andrew Zisserman: „Multiple View Geometry in Computer Vision“; Cambridge University Press, Cambridge; 2000.

Olivier Faugeras, Quang-Tuan Luong: „The Geometry of Multiple Images: The Laws That Govern the Formation of Multiple Images of a Scene and Some of Their Applications“; MIT Press, Cambridge, MA; 2001.

Modul

Calibration

vector_to_proj_hom_mat2d_distortion (: : Points1Row, Points1Col, Points2Row, Points2Col, CovRR1, CovRC1, CovCC1, CovRR2, CovRC2, CovCC2, ImageWidth, ImageHeight, Method : HomMat2D, Kappa, Error)

Bestimmung der projektiven Transformationsmatrix und des radialen Verzeichnungskoeffizienten unter Verwendung vorgegebener Punktkorrespondenzen.

vector_to_proj_hom_mat2d_distortion ermittelt aus vorgegebenen Punktkorrespondenzen (Points1Row,Points1Col), (Points2Row,Points2Col) die projektive Transformationsmatrix HomMat2D und den radialen Verzeichnungskoeffizienten Kappa (κ), welche die folgende Gleichung am besten erfüllen:

$$\begin{pmatrix} r_2 \\ c_2 \\ 1 \end{pmatrix} = \texttt{HomMat2D} \cdot \begin{pmatrix} r_1 \\ c_1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Hierbei sind (r_1, c_1) und (r_2, c_2) Bildpunkte, die durch Entzerrung der Eingabebildpunkte mit dem Divisionsmodell entstehen (siehe Kalibrierung):

$$r = \frac{\tilde{r}}{1 + \kappa(\tilde{r}^2 + \tilde{c}^2)} \qquad c = \frac{\tilde{c}}{1 + \kappa(\tilde{r}^2 + \tilde{c}^2)}$$

Hierbei bezeichnen $(\tilde{r}_1, \tilde{c}_1) = (\texttt{Points1Row} - 0.5(\texttt{ImageHeight} - 1), \texttt{Points1Col} - 0.5(\texttt{ImageWidth} - 1))$

und $(\tilde{r}_2, \tilde{c}_2) = (\texttt{Points2Row} - 0.5(\texttt{ImageHeight} - 1), \texttt{Points2Col} - 0.5(\texttt{ImageWidth} - 1))$

die verzerrten Bildpunkte relativ zum Bildmittelpunkt. vector_to_proj_hom_mat2d_distortion nimmt also an, dass der Hauptpunkt, d.h. das Zentrum der radialen Verzeichnungen, im Bildmittelpunkt liegt. Die Punktkorrespondenzen (Points1Row,Points1Col) und (Points2Row,Points2Col) müssen aus Bildern extrahiert werden, die mit derselben Kamera aufgenommen worden sind.

Das zurückgelieferte Kappa kann dazu verwendet werden, Kameraparameter zu konstruieren, die zur Entzerrung von Bildern oder Bildpunkten verwendet werden können (siehe change_radial_distortion_cam_par, change_radial_distortion_image und change_radial_distortion_points):

$$\texttt{CamPar} = [\text{'}area_scan_telecentric_division\text{'}, 1.0, \texttt{Kappa}, 1.0, 1.0, 0.5(\texttt{ImageWidth} - 1), 0.5(\texttt{ImageHeight} - 1), \texttt{ImageWidth}, \texttt{ImageHeight}]$$

Die minimale Anzahl an Punktkorrespondenzen ist fünf. `vector_to_proj_hom_mat2d_distortion` minimiert den Transformationsfehler basierend auf den obigen Gleichungen. Um dies zu erreichen, sind verschiedene Algorithmen verfügbar. Welches Verfahren verwendet werden soll, kann mittels des Parameters `Method` gesteuert werden. Für `Method` = *'linear'* wird ein lineares Verfahren verwendet, das einen algebraischen Fehler basierend auf den obigen Gleichungen minimiert. Dieses Verfahren ist sehr schnell und liefert genaue Ergebnisse für geringes bis mittleres Rauschen der Punktkoordinaten und für die meisten Verzeichnungen (außer kleinen Verzeichnungen). Für `Method` = *'gold_standard'* wird eine mathematisch optimale, dafür aber langsamere, Optimierung durchführt, die den geometrischen Reprojektionsfehler minimiert. Im allgemeinen sollte `Method` = *'gold_standard'* gewählt werden.

Falls *'gold_standard'* verwendet wird und die Punkte mit einem Operator wie `points_foerstner`, der die Kovarianzmatrix für jeden Punkt zurückliefert, extrahiert wurden, kann dies in der Berechnung berücksichtigt werden, indem die Kovarianzen in `CovRR1`, `CovRC1`, `CovCC1` für die Punkte des ersten Bildes und in `CovRR2`, `CovRC2`, `CovCC2` für die Punkte des zweiten Bildes übergeben werden. Sind die Kovarianzen unbekannt und wird die Methode *'gold_standard'* verwendet, so werden zur Berechnung intern Einheits-Kovarianzmatrizen angenommen. Falls *'linear'* verwendet wird oder die Kovarianzen unbekannt sind, können in den Kovarianzparametern leere Tupel übergeben werden.

Die Größe `Error` ist ein Gütemaß für die Schätzung der projektiven Transformationsmatrix und gibt den mittleren symmetrischen euklidischen Abstand in Pixeln zwischen den Punkten und ihren korrespondierenden transformierten Punkten an.

Falls die Korrespondenz zwischen den Punkten nicht bestimmt worden ist, sollten `proj_match_points_distortion_ransac` oder `proj_match_points_distortion_ransac_guided` zur Bestimmung der Korrespondenz sowie der Transformation verwendet werden.

Achtung

Es ist zu beachten, dass, falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, angenommen wird, dass der Ursprung des Koordinatensystems der homogenen Transformationsmatrix in der linken oberen Ecke des Pixels liegt. Die Bildverarbeitungsoperatoren, die Punktkoordinaten zurückliefern, nehmen hingegen ein Koordinatensystem an, in dem der Ursprung in der Mitte eines Pixels liegt. Daher muss, um eine konsistente homogene Transformationsmatrix zu erhalten, 0.5 zu den Punktkoordinaten addiert werden, bevor die Transformation berechnet wird.

Parameter

- ▷ **Points1Row** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 1 (Zeilenkoordinate).
  Restriktion: length(Points1Row) >= 5
- ▷ **Points1Col** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 1 (Spaltenkoordinate).
  Restriktion: length(Points1Col) == length(Points1Row)
- ▷ **Points2Row** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 2 (Zeilenkoordinate).
  Restriktion: length(Points2Row) == length(Points1Row)
- ▷ **Points2Col** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkte in Bild 2 (Spaltenkoordinate).
  Restriktion: length(Points2Col) == length(Points1Row)
- ▷ **CovRR1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Varianz in Zeilenrichtung der Punkte in Bild 1.
  Default: []
- ▷ **CovRC1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Kovarianz der Punkte in Bild 1.
  Default: []
- ▷ **CovCC1** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
  Varianz in Spaltenrichtung der Punkte in Bild 1.
  Default: []

▷ **CovRR2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Varianz in Zeilenrichtung der Punkte in Bild 2.
Default: []

▷ **CovRC2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Kovarianz der Punkte in Bild 2.
Default: []

▷ **CovCC2** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Varianz in Spaltenrichtung der Punkte in Bild 2.
Default: []

▷ **ImageWidth** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Breite der Bilder, aus denen die Punkte extrahiert wurden.
Restriktion: ImageWidth > 0

▷ **ImageHeight** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Höhe der Bilder, aus denen die Punkte extrahiert wurden.
Restriktion: ImageHeight > 0

▷ **Method** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Schätzalgorithmus.
Default: 'gold_standard'
Werteliste: `Method` ∈ {'linear', 'gold_standard'}

▷ **HomMat2D** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Homogene projektive Transformationsmatrix.

▷ **Kappa** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
Berechneter Verzeichnungskoeffizient.

▷ **Error** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
Mittlerer quadratischer Transformationsfehler.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`proj_match_points_distortion_ransac`, `proj_match_points_distortion_ransac_guided`, `points_foerstner`, `points_harris`

Nachfolger

`change_radial_distortion_cam_par`, `change_radial_distortion_image`, `change_radial_distortion_points`, `projective_trans_image`, `projective_trans_image_size`, `projective_trans_region`, `projective_trans_contour_xld`, `projective_trans_point_2d`, `projective_trans_pixel`

Alternativen

`vector_to_proj_hom_mat2d`, `hom_vector_to_proj_hom_mat2d`

Siehe auch

`calibrate_cameras`

Literatur

Richard Hartley, Andrew Zisserman: „Multiple View Geometry in Computer Vision“; Cambridge University Press, Cambridge; 2003.

Olivier Faugeras, Quang-Tuan Luong: „The Geometry of Multiple Images: The Laws That Govern the Formation of Multiple Images of a Scene and Some of Their Applications“; MIT Press, Cambridge, MA; 2001.

Modul

Calibration

vector_to_rigid (: : Px, Py, Qx, Qy : HomMat2D)

Erzeugt eine Näherung für eine starre affine Transformation aus Punktkorrespondenzen.

vector_to_rigid erzeugt aus (mindestens zwei) Punktkorrespondenzen eine Näherung für eine starre affine Transformation, d.h. eine Transformation bestehend aus Rotation und Translation, und liefert sie in der homogenen Transformationsmatrix HomMat2D zurück. Diese beinhaltet 2 Komponenten: eine Rotationsmatrix $\mathbf{R}$ und einen Translationsvektor $\mathbf{T}$ (siehe auch hom_mat2d_rotate und hom_mat2d_translate):

$$\mathtt{HomMat2D} = \begin{bmatrix} \mathbf{R} & \mathbf{T} \\ 0\,0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \mathbf{T} \\ 0 & 1 & \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{R} & 0 \\ & 0 \\ 0\,0 & 1 \end{bmatrix} = \mathbf{H}(\mathbf{T}) \cdot \mathbf{H}(\mathbf{R})$$

Die Punktkorrespondenzen werden in den Tupeln (Px,Py) und (Qx,Qy) übergeben, wobei korrespondierende Punkte an denselben Indexpositionen stehen müssen. Die Transformation ist durch die mindestens zwei Punktkorrespondenzen immer überbestimmt. Deswegen ist die zurückgelieferte Transformation diejenige, die die Abstände zwischen den Eingabepunkten (Px,Py) und den transformierten Zielpunkten (Qx,Qy) minimiert, wie in der folgenden Gleichung beschrieben (Punkte als homogene Vektoren dargestellt):

$$\sum_i \left\| \begin{pmatrix} \mathtt{Qx}[i] \\ \mathtt{Qy}[i] \\ 1 \end{pmatrix} - \mathtt{HomMat2D} \cdot \begin{pmatrix} \mathtt{Px}[i] \\ \mathtt{Py}[i] \\ 1 \end{pmatrix} \right\|^2 = \text{minimal}$$

HomMat2D kann direkt mit den Operatoren, die Daten mit affinen Abbildungen transformieren, z.B. affine_trans_image, verwendet werden.

Achtung

Es ist zu beachten, dass homogene Transformationsmatrizen sich auf ein allgemeines rechtshändiges mathematisches Koordinatensystem beziehen. Falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, ist zu beachten, dass die Zeilenkoordinaten in den x-Koordinaten und die Spaltenkoordinaten in den y-Koordinaten übergeben werden müssen. Die Übergabereihenfolge von Zeilen- und Spaltenkoordinaten entspricht also der üblichen Reihenfolge (Row,Column). Diese Konvention ist unerlässlich, um bei der Transformation von Bilddaten ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten, so dass z.B. insbesondere Rotationen in der mathematisch korrekten Drehrichtung ausgeführt werden.

Weiterhin ist zu beachten, dass, falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, angenommen wird, dass der Ursprung des Koordinatensystems der homogenen Transformationsmatrix in der linken oberen Ecke des Pixels liegt. Die Bildverarbeitungsoperatoren, die Punktkoordinaten zurückliefern, nehmen hingegen ein Koordinatensystem an, in dem der Ursprung in der Mitte eines Pixels liegt. Daher muss, um eine konsistente homogene Transformationsmatrix zu erhalten, 0.5 zu den Punktkoordinaten addiert werden, bevor die Transformation berechnet wird.

Parameter

- ▷ **Px** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
  X-Koordinaten der originalen Punkte.
- ▷ **Py** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
  Y-Koordinaten der originalen Punkte.
- ▷ **Qx** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
  X-Koordinaten der transformierten Punkte.
- ▷ **Qy** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
  Y-Koordinaten der transformierten Punkte.
- ▷ **HomMat2D** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
  Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

affine_trans_image, affine_trans_image_size, affine_trans_region, affine_trans_contour_xld, affine_trans_polygon_xld, affine_trans_point_2d

Alternativen

vector_to_hom_mat2d, vector_to_aniso, vector_to_similarity

Siehe auch

vector_field_to_hom_mat2d, point_line_to_hom_mat2d

Modul

Foundation

vector_to_similarity (: : Px, Py, Qx, Qy : HomMat2D)

Erzeugt eine Näherung für eine Ähnlichkeitstransformation aus Punktkorrespondenzen.

vector_to_similarity erzeugt aus (mindestens zwei) Punktkorrespondenzen eine Näherung für eine Ähnlichkeitstransformation, d.h. eine Transformation bestehend aus einer gleichförmigen Skalierung, Rotation und Translation, und liefert sie in der homogenen Transformationsmatrix HomMat2D zurück. Diese beinhaltet 3 Komponenten: eine Skalierungsmatrix $\mathbf{S}$ mit identischer Skalierung in x- und y-Richtung, eine Rotationsmatrix $\mathbf{R}$ und einen Translationsvektor $\mathbf{T}$ (siehe auch hom_mat2d_scale, hom_mat2d_rotate und hom_mat2d_translate):

$$\mathtt{HomMat2D} = \begin{bmatrix} \mathbf{R}\cdot\mathbf{S} & \mathbf{T} \\ 0\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \mathbf{T} \\ 0 & 1 & \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{R} & 0 \\ 0\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{S} & 0 \\ 0\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \mathbf{H}(\mathbf{T}) \cdot \mathbf{H}(\mathbf{R}) \cdot \mathbf{H}(\mathbf{S})$$

Die Punktkorrespondenzen werden in den Tupeln (Px,Py) und (Qx,Qy) übergeben, wobei korrespondierende Punkte an denselben Indexpositionen stehen müssen. Die Transformation ist überbestimmt, falls mehr als zwei Punktkorrespondenzen übergeben werden. In diesem Fall ist die zurückgelieferte Transformation diejenige, die die Abstände zwischen den Eingabepunkten (Px,Py) und den Zielpunkten (Qx,Qy) minimiert, wie in der folgenden Gleichung beschrieben (Punkte als homogene Vektoren dargestellt):

$$\sum_i \left\| \begin{pmatrix} \mathtt{Qx}[i] \\ \mathtt{Qy}[i] \\ 1 \end{pmatrix} - \mathtt{HomMat2D} \cdot \begin{pmatrix} \mathtt{Px}[i] \\ \mathtt{Py}[i] \\ 1 \end{pmatrix} \right\|^2 = \text{minimal}$$

HomMat2D kann direkt mit den Operatoren, die Daten mit affinen Abbildungen transformieren, z.B. affine_trans_image, verwendet werden.

Achtung

Es ist zu beachten, dass homogene Transformationsmatrizen sich auf ein allgemeines rechtshändiges mathematisches Koordinatensystem beziehen. Falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, ist zu beachten, dass die Zeilenkoordinaten in den x-Koordinaten und die Spaltenkoordinaten in den y-Koordinaten übergeben werden müssen. Die Übergabereihenfolge von Zeilen- und Spaltenkoordinaten entspricht also der üblichen Reihenfolge (Row,Column). Diese Konvention ist unerlässlich, um bei der Transformation von Bilddaten ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten, so dass z.B. insbesondere Rotationen in der mathematisch korrekten Drehrichtung ausgeführt werden.

Weiterhin ist zu beachten, dass, falls eine homogene Transformationsmatrix zur Transformation von Bildern, Regionen, XLD-Konturen oder anderen Daten, die aus Bildern extrahiert wurden, verwendet werden soll, angenommen wird, dass der Ursprung des Koordinatensystems der homogenen Transformationsmatrix in der linken oberen Ecke des Pixels liegt. Die Bildverarbeitungsoperatoren, die Punktkoordinaten zurückliefern, nehmen hingegen ein Koordinatensystem an, in dem der Ursprung in der Mitte eines Pixels liegt. Daher muss, um eine konsistente homogene Transformationsmatrix zu erhalten, 0.5 zu den Punktkoordinaten addiert werden, bevor die Transformation berechnet wird.

Parameter

▷ **Px** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
X-Koordinaten der originalen Punkte.

▷ **Py** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
Y-Koordinaten der originalen Punkte.

▷ **Qx** (input_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
X-Koordinaten der transformierten Punkte.

▷ **Qy** (input_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
Y-Koordinaten der transformierten Punkte.

▷ **HomMat2D** (output_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

affine_trans_image, affine_trans_image_size, affine_trans_region, affine_trans_contour_xld, affine_trans_polygon_xld, affine_trans_point_2d

Alternativen

vector_to_hom_mat2d, vector_to_aniso, vector_to_rigid

Siehe auch

vector_field_to_hom_mat2d, point_line_to_hom_mat2d

Modul

Foundation

28.2 3D-Transformationen

affine_trans_point_3d (: : HomMat3D, Px, Py, Pz : Qx, Qy, Qz)

Wendet eine beliebige affine 3D-Transformation auf Punkte an.

affine_trans_point_3d wendet eine beliebige affine 3D-Transformation (Skalierung, Drehung, Verschiebung) auf die Eingabepunkte (Px,Py,Pz) an und liefert die Ergebnispunkte in (Qx,Qy,Qz) zurück. Die Transformation wird durch eine homogene Transformationsmatrix beschrieben, die in HomMat3D übergeben wird. Dies entspricht der folgenden Gleichung (Ein- und Ausgabepunkte als homogene Vektoren dargestellt):

$$\begin{pmatrix} Qx \\ Qy \\ Qz \\ 1 \end{pmatrix} = HomMat3D \cdot \begin{pmatrix} Px \\ Py \\ Pz \\ 1 \end{pmatrix}$$

Die Transformationsmatrix kann mit Hilfe der Operatoren hom_mat3d_identity, hom_mat3d_scale, hom_mat3d_rotate, hom_mat3d_translate etc. aufgebaut werden oder das Resultat von pose_to_hom_mat3d sein.

Falls zum Beispiel HomMat3D eine starre Transformation ist, also aus Rotation und Translation besteht, werden die Punkte folgendermaßen transformiert:

$$\begin{pmatrix} Qx \\ Qy \\ Qz \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{R} & \mathbf{T} \\ 0\,0\,0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Px \\ Py \\ Pz \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{R} \cdot \begin{pmatrix} Px \\ Py \\ Pz \end{pmatrix} + \mathbf{T} \\ 1 \end{pmatrix}$$

Parameter

- ▷ **HomMat3D** (input_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.
- ▷ **Px** (input_control) . . . . . point3d.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt(e) (x-Koordinate).
  Default: 64
  Wertevorschläge: `Px` ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Py** (input_control) . . . . . point3d.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt(e) (y-Koordinate).
  Default: 64
  Wertevorschläge: `Py` ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Pz** (input_control) . . . . . point3d.z(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt(e) (z-Koordinate).
  Default: 64
  Wertevorschläge: `Pz` ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Qx** (output_control) . . . . . point3d.x(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt(e) (x-Koordinate).
- ▷ **Qy** (output_control) . . . . . point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt(e) (y-Koordinate).
- ▷ **Qz** (output_control) . . . . . point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt(e) (z-Koordinate).

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `affine_trans_point_3d` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

`hom_mat3d_translate`, `hom_mat3d_translate_local`, `hom_mat3d_scale`, `hom_mat3d_scale_local`, `hom_mat3d_rotate`, `hom_mat3d_rotate_local`

Nachfolger

`hom_mat3d_translate`, `hom_mat3d_translate_local`, `hom_mat3d_scale`, `hom_mat3d_scale_local`, `hom_mat3d_rotate`, `hom_mat3d_rotate_local`

Modul

Foundation

deserialize_hom_mat3d (: : SerializedItemHandle : HomMat3D)

Deserialisieren einer homogenen 3D-Transformationsmatrix.

`deserialize_hom_mat3d` deserialisiert eine homogene 3D-Transformationsmatrix, welche mit `serialize_hom_mat3d` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Die serialisierte Transformationsmatrix wird in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einer dafür automatisch erzeugten Transformationsmatrix mit dem Handle `HomMat3D` gespeichert.

Parameter

- ▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.
- ▷ **HomMat3D** (output_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
  Transformationsmatrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_hom_mat3d` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_hom_mat3d`

Modul

Foundation

`hom_mat3d_compose` (: : `HomMat3DLeft`, `HomMat3DRight` : `HomMat3DCompose`)

Multipliziert zwei homogene 3D-Transformationsmatrizen.

`hom_mat3d_compose` generiert eine neue 3D-Transformationsmatrix durch Multiplikation der zwei Eingabe-Transformationsmatrizen:

$$\texttt{HomMat3DCompose} = \texttt{HomMat3DLeft} \cdot \texttt{HomMat3DRight}$$

Falls zum Beispiel die Eingabematrizen starre Transformationen darstellen, also Transformationen bestehend aus Rotation und Translation, wird die Ergebnismatrix wie folgt bestimmt:

$$\texttt{HomMat3DCompose} = \begin{bmatrix} \mathbf{R}_l & \mathbf{T}_l \\ 0\,0\,0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{R}_r & \mathbf{T}_r \\ 0\,0\,0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{R}_l \cdot \mathbf{R}_r & \mathbf{R}_l \cdot \mathbf{T}_r + \mathbf{T}_l \\ 0 \quad 0 \quad 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Achtung

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & rc & td \\ re & rf & rg & th \\ ri & rj & rk & tl \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, rc, td, re, rf, rg, th, ri, rj, rk, tl] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 4×4 Matrizen, die eine projektive 3D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

▷ **`HomMat3DLeft`** (input_control) ..... hom_mat3d ⇝ *real*
Linke Eingabe-Transformationsmatrix.

▷ **`HomMat3DRight`** (input_control) ..... hom_mat3d ⇝ *real*
Rechte Eingabe-Transformationsmatrix.

▷ **`HomMat3DCompose`** (output_control) ..... hom_mat3d ⇝ *real*
Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `hom_mat3d_compose` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat3d_compose, hom_mat3d_translate, hom_mat3d_translate_local, hom_mat3d_scale, hom_mat3d_scale_local, hom_mat3d_rotate, hom_mat3d_rotate_local, pose_to_hom_mat3d

Nachfolger

hom_mat3d_compose, hom_mat3d_translate, hom_mat3d_translate_local, hom_mat3d_scale, hom_mat3d_scale_local, hom_mat3d_rotate, hom_mat3d_rotate_local

Alternativen

pose_compose, dual_quat_compose

Siehe auch

affine_trans_point_3d, hom_mat3d_identity, hom_mat3d_rotate, hom_mat3d_translate, pose_to_hom_mat3d, hom_mat3d_to_pose

Modul

Foundation

hom_mat3d_determinant (: : HomMat3D : Determinant)

Berechnet die Determinante einer homogenen 3D-Transformationsmatrix.

hom_mat3d_determinant berechnet die Determinante der homogenen 3D-Transformationsmatrix, die in HomMat3D übergeben wird, und gibt die Determinante in Determinant zurück.

Parameter

- ▷ **HomMat3D** (input_control) ..... hom_mat3d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.
- ▷ **Determinant** (output_control) ..... real ⇝ *real*
  Determinante der Eingabematrix.

Ergebnis

hom_mat3d_determinant liefert immer den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat3d_translate, hom_mat3d_translate_local, hom_mat3d_scale, hom_mat3d_scale_local, hom_mat3d_rotate, hom_mat3d_rotate_local, vector_to_hom_mat3d

Modul

Foundation

hom_mat3d_identity (: : : HomMat3DIdentity)

Erzeugt die homogene Transformationsmatrix der identischen 3D-Abbildung.

hom_mat3d_identity erzeugt die homogene Transformationsmatrix HomMat3DIdentity, die die identische 3D-Abbildung beschreibt:

$$\texttt{HomMat3DIdentity} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Achtung

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Demnach wird die Matrix `HomMat3DIdentity` als das Tupel [1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0] abgespeichert.

Parameter

▷ **HomMat3DIdentity** (output_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
Transformationsmatrix.

Ergebnis

`hom_mat3d_identity` liefert immer den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`hom_mat3d_translate`, `hom_mat3d_translate_local`, `hom_mat3d_scale`, `hom_mat3d_scale_local`, `hom_mat3d_rotate`, `hom_mat3d_rotate_local`

Alternativen

`pose_to_hom_mat3d`

Modul

Foundation

hom_mat3d_invert (: : HomMat3D : HomMat3DInvert)

Invertiert eine homogene 3D-Transformationsmatrix.

`hom_mat3d_invert` invertiert die homogene 3D-Transformationsmatrix, die in `HomMat3D` übergeben wird. Die resultierende Matrix wird in `HomMat3DInvert` zurückgeliefert.

Achtung

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & rc & td \\ re & rf & rg & th \\ ri & rj & rk & tl \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, rc, td, re, rf, rg, th, ri, rj, rk, tl] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 4×4 Matrizen, die eine projektive 3D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

▷ **HomMat3D** (input_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
Eingabe-Transformationsmatrix.

▷ **HomMat3DInvert** (output_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

hom_mat3d_invert liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameterwerte korrekt sind und die Eingabematrix invertierbar ist. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat3d_translate, hom_mat3d_translate_local, hom_mat3d_scale, hom_mat3d_scale_local, hom_mat3d_rotate, hom_mat3d_rotate_local, pose_to_hom_mat3d

Nachfolger

hom_mat3d_translate, hom_mat3d_translate_local, hom_mat3d_scale, hom_mat3d_scale_local, hom_mat3d_rotate, hom_mat3d_rotate_local, hom_mat3d_to_pose

Alternativen

pose_invert, dual_quat_conjugate

Siehe auch

affine_trans_point_3d, hom_mat3d_identity, hom_mat3d_rotate, hom_mat3d_translate, pose_to_hom_mat3d, hom_mat3d_to_pose, hom_mat3d_compose

Modul

Foundation

hom_mat3d_rotate (: : HomMat3D, Phi, Axis, Px, Py, Pz : HomMat3DRotate)

Fügt eine Rotation zu einer homogenen 3D-Transformationsmatrix hinzu.

hom_mat3d_rotate fügt zur homogenen 3D-Transformationsmatrix HomMat3D eine Rotation um den Winkel Phi um die im Parameter Axis übergebene Achse hinzu. Die Achse kann dabei entweder durch die Strings 'x', 'y' oder 'z' oder als Vektor [x,y,z] in Form eines Tupels festgelegt werden.

Die Rotation wird beschrieben durch die 3×3 Rotationsmatrix $\mathbf{R}$. Sie wird relativ zum globalen (d.h. feststehenden) Koordinatensystem ausgeführt; dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

Axis = *'x'*:

$$\texttt{HomMat3DRotate} = \begin{bmatrix} & & & 0 \\ & \mathbf{R}_x & & 0 \\ & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat3D} \qquad \mathbf{R}_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\texttt{Phi}) & -\sin(\texttt{Phi}) \\ 0 & \sin(\texttt{Phi}) & \cos(\texttt{Phi}) \end{bmatrix}$$

Axis = *'y'*:

$$\texttt{HomMat3DRotate} = \begin{bmatrix} & & & 0 \\ & \mathbf{R}_y & & 0 \\ & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat3D} \qquad \mathbf{R}_y = \begin{bmatrix} \cos(\texttt{Phi}) & 0 & \sin(\texttt{Phi}) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\texttt{Phi}) & 0 & \cos(\texttt{Phi}) \end{bmatrix}$$

Axis = *'z'*:

$$\texttt{HomMat3DRotate} = \begin{bmatrix} & & & 0 \\ & \mathbf{R}_z & & 0 \\ & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat3D} \qquad \mathbf{R}_z = \begin{bmatrix} \cos(\texttt{Phi}) & -\sin(\texttt{Phi}) & 0 \\ \sin(\texttt{Phi}) & \cos(\texttt{Phi}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Axis = *[x,y,z]*:

$$\texttt{HomMat3DRotate} = \begin{bmatrix} & & & 0 \\ & \mathbf{R}_a & & 0 \\ & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat3D} \qquad \mathbf{R}_a = \mathbf{u} \cdot \mathbf{u}^{\mathrm{T}} + cos(\texttt{Phi}) \cdot (\mathbf{I} - \mathbf{u} \cdot \mathbf{u}^{\mathrm{T}}) + sin(\texttt{Phi}) \cdot \mathbf{S}$$

$$\mathbf{u} = \frac{\texttt{Axis}}{\|\texttt{Axis}\|} = \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} \qquad \mathbf{I} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{S} = \begin{bmatrix} 0 & -z' & y' \\ z' & 0 & -x' \\ -y' & x' & 0 \end{bmatrix}$$

Der Punkt (Px,Py,Pz) ist dabei der Fixpunkt der Rotation, d.h. dieser Punkt bleibt unverändert, wenn man ihn mit HomMat3DRotate transformiert. Dieses Verhalten wird erreicht, indem zur Eingabe-Transformationsmatrix zuerst eine Translation hinzugefügt wird, die den Fixpunkt in den Ursprung des globalen Koordinatensystems verschiebt. Dann wird die Rotation hinzugefügt, und zuletzt eine Translation, die den Fixpunkt wieder zurück in seine Ausgangsposition verschiebt. Dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\texttt{HomMat3DRotate} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & +\texttt{Px} \\ 0 & 1 & 0 & +\texttt{Py} \\ 0 & 0 & 1 & +\texttt{Pz} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} & & & 0 \\ & \mathbf{R} & & 0 \\ & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -\texttt{Px} \\ 0 & 1 & 0 & -\texttt{Py} \\ 0 & 0 & 1 & -\texttt{Pz} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat3D}$$

Um die Transformation im lokalen Koordinatensystem, das durch HomMat3D beschrieben ist, durchzuführen, kann hom_mat3d_rotate_local verwendet werden.

Achtung

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & rc & td \\ re & rf & rg & th \\ ri & rj & rk & tl \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, rc, td, re, rf, rg, th, ri, rj, rk, tl] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 4×4 Matrizen, die eine projektive 3D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

- ▷ **HomMat3D** (input_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.
- ▷ **Phi** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / integer
  Rotationswinkel.
  Default: 0.78
  Wertevorschläge: Phi ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.78, 1.57, 3.14}
  Wertebereich: 0 ≤ Phi ≤ 6.28318530718
- ▷ **Axis** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / real / integer
  Achse, um die gedreht wird.
  Default: 'x'
  Wertevorschläge: Axis ∈ {'x', 'y', 'z'}
- ▷ **Px** (input_control) . . . . . point3d.x ⇝ *real* / integer
  Fixpunkt der Transformation (x-Koordinate).
  Default: 0
  Wertevorschläge: Px ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Py** (input_control) . . . . . point3d.y ⇝ *real* / integer
  Fixpunkt der Transformation (y-Koordinate).
  Default: 0
  Wertevorschläge: Py ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}

▷ **Pz** (input_control) ..... point3d.z ⇝ *real* / integer
Fixpunkt der Transformation (z-Koordinate).
Default: 0
Wertevorschläge: Pz ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}

▷ **HomMat3DRotate** (output_control) ..... hom_mat3d ⇝ *real*
Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert hom_mat3d_rotate den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat3d_identity, hom_mat3d_translate, hom_mat3d_scale, hom_mat3d_rotate

Nachfolger

hom_mat3d_translate, hom_mat3d_scale, hom_mat3d_rotate

Siehe auch

hom_mat3d_invert, hom_mat3d_identity, hom_mat3d_rotate_local, pose_to_hom_mat3d, hom_mat3d_to_pose, hom_mat3d_compose

Modul

Foundation

hom_mat3d_rotate_local (: : HomMat3D, Phi, Axis : HomMat3DRotate)

Fügt eine Rotation zu einer homogenen 3D-Transformationsmatrix hinzu.

hom_mat3d_rotate_local fügt zur homogenen 3D-Transformationsmatrix HomMat3D eine Rotation um den Winkel Phi um die im Parameter Axis übergebene Achse hinzu. Die Achse kann dabei entweder durch die Strings 'x', 'y' oder 'z' oder als Vektor [x,y,z] in Form eines Tupels festgelegt werden.

Die Rotation wird beschrieben durch die 3×3 Rotationsmatrix $\mathbf{R}$. Im Gegensatz zu hom_mat3d_rotate wird sie relativ zum lokalen Koordinatensystem, das durch HomMat3D beschrieben ist, ausgeführt; dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

Axis = *'x'*:

$$\text{HomMat3DRotate} = \text{HomMat3D} \cdot \begin{bmatrix} & & 0 \\ \mathbf{R}_x & & 0 \\ & & 0 \\ 0\,0\,0 & & 1 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{R}_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\text{Phi}) & -\sin(\text{Phi}) \\ 0 & \sin(\text{Phi}) & \cos(\text{Phi}) \end{bmatrix}$$

Axis = *'y'*:

$$\text{HomMat3DRotate} = \text{HomMat3D} \cdot \begin{bmatrix} & & 0 \\ \mathbf{R}_y & & 0 \\ & & 0 \\ 0\,0\,0 & & 1 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{R}_y = \begin{bmatrix} \cos(\text{Phi}) & 0 & \sin(\text{Phi}) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\text{Phi}) & 0 & \cos(\text{Phi}) \end{bmatrix}$$

Axis = *'z'*:

$$\text{HomMat3DRotate} = \text{HomMat3D} \cdot \begin{bmatrix} & & 0 \\ \mathbf{R}_z & & 0 \\ & & 0 \\ 0\,0\,0 & & 1 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{R}_z = \begin{bmatrix} \cos(\text{Phi}) & -\sin(\text{Phi}) & 0 \\ \sin(\text{Phi}) & \cos(\text{Phi}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

@

Axis = *[x,y,z]*:

$$\texttt{HomMat3DRotate} = \texttt{HomMat3D} \cdot \begin{bmatrix} & & & 0 \\ & \mathbf{R}_a & & 0 \\ & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{R}_a = \mathbf{u} \cdot \mathbf{u}^{\mathrm{T}} + cos(\texttt{Phi}) \cdot (\mathbf{I} - \mathbf{u} \cdot \mathbf{u}^{\mathrm{T}}) + sin(\texttt{Phi}) \cdot \mathbf{S}$$

$$\mathbf{u} = \frac{\texttt{Axis}}{\|\texttt{Axis}\|} = \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} \qquad \mathbf{I} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{S} = \begin{bmatrix} 0 & -z' & y' \\ z' & 0 & -x' \\ -y' & x' & 0 \end{bmatrix}$$

Der Fixpunkt der Rotation ist der Ursprung des lokalen Koordinatensystems, d.h. dieser Punkt bleibt unverändert, wenn man ihn mit HomMat3DRotate transformiert.

Achtung

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & rc & td \\ re & rf & rg & th \\ ri & rj & rk & tl \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, rc, td, re, rf, rg, th, ri, rj, rk, tl] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 4×4 Matrizen, die eine projektive 3D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

- ▷ **HomMat3D** (input_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.
- ▷ **Phi** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / integer
  Rotationswinkel.
  Default: 0.78
  Wertevorschläge: Phi ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.78, 1.57, 3.14}
  Wertebereich: 0 ≤ Phi ≤ 6.28318530718
- ▷ **Axis** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / real / integer
  Achse, um die gedreht wird.
  Default: 'x'
  Wertevorschläge: Axis ∈ {'x', 'y', 'z'}
- ▷ **HomMat3DRotate** (output_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
  Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert hom_mat3d_rotate_local den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat3d_identity, hom_mat3d_translate_local, hom_mat3d_scale_local, hom_mat3d_rotate_local

Nachfolger

hom_mat3d_translate_local, hom_mat3d_scale_local, hom_mat3d_rotate_local

Siehe auch

hom_mat3d_invert, hom_mat3d_identity, hom_mat3d_rotate, pose_to_hom_mat3d, hom_mat3d_to_pose, hom_mat3d_compose

Modul

Foundation

hom_mat3d_scale (: : HomMat3D, Sx, Sy, Sz, Px, Py, Pz : HomMat3DScale)

Fügt eine Skalierung zu einer homogenen 3D-Transformationsmatrix hinzu.

hom_mat3d_scale fügt zur homogenen 3D-Transformationsmatrix HomMat3D eine Skalierung um die Skalierungsfaktoren Sx, Sy und Sz hinzu und liefert die resultierende Matrix in HomMat3DScale zurück. Die Skalierung wird beschrieben durch die 3×3 Skalierungsmatrix **S**. Sie wird relativ zum globalen (d.h. feststehenden) Koordinatensystem ausgeführt; dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\mathtt{HomMat3DScale} = \begin{bmatrix} & & & 0 \\ & \mathbf{S} & & 0 \\ & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \mathtt{HomMat3D} \qquad \mathbf{S} = \begin{bmatrix} \mathtt{Sx} & 0 & 0 \\ 0 & \mathtt{Sy} & 0 \\ 0 & 0 & \mathtt{Sz} \end{bmatrix}$$

Der Punkt (Px,Py,Pz) ist dabei der Fixpunkt der Skalierung, d.h. dieser Punkt bleibt unverändert, wenn man ihn mit HomMat3DScale transformiert. Dieses Verhalten wird erreicht, indem zur Eingabe-Transformationsmatrix zuerst eine Translation hinzugefügt wird, die den Fixpunkt in den Ursprung des globalen Koordinatensystems verschiebt. Dann wird die Skalierung hinzugefügt, und zuletzt eine Translation, die den Fixpunkt wieder zurück in seine Ausgangsposition verschiebt. Dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\mathtt{HomMat3DScale} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & +\mathtt{Px} \\ 0 & 1 & 0 & +\mathtt{Py} \\ 0 & 0 & 1 & +\mathtt{Pz} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} & & & 0 \\ & \mathbf{S} & & 0 \\ & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -\mathtt{Px} \\ 0 & 1 & 0 & -\mathtt{Py} \\ 0 & 0 & 1 & -\mathtt{Pz} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \mathtt{HomMat3D}$$

Um die Transformation im lokalen Koordinatensystem, das durch HomMat3D beschrieben ist, durchzuführen, kann hom_mat3d_scale_local verwendet werden.

Achtung

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & rc & td \\ re & rf & rg & th \\ ri & rj & rk & tl \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, rc, td, re, rf, rg, th, ri, rj, rk, tl] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 4×4 Matrizen, die eine projektive 3D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

▷ **HomMat3D** (input_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
Eingabe-Transformationsmatrix.

▷ **Sx** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Skalierungsfaktor in x-Richtung.
Default: 2
Wertevorschläge: Sx ∈ {0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 112}
Restriktion: Sx != 0

▷ **Sy** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Skalierungsfaktor in y-Richtung.
Default: 2
Wertevorschläge: Sy ∈ {0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 112}
Restriktion: Sy != 0

▷ **Sz** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Skalierungsfaktor in z-Richtung.
Default: 2
Wertevorschläge: Sz ∈ {0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 112}
Restriktion: Sz != 0

▷ **Px** (input_control) ..... point3d.x ⇝ *real* / integer
Fixpunkt der Transformation (x-Koordinate).
Default: 0
Wertevorschläge: Px ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}

▷ **Py** (input_control) ..... point3d.y ⇝ *real* / integer
Fixpunkt der Transformation (y-Koordinate).
Default: 0
Wertevorschläge: Py ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}

▷ **Pz** (input_control) ..... point3d.z ⇝ *real* / integer
Fixpunkt der Transformation (z-Koordinate).
Default: 0
Wertevorschläge: Pz ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}

▷ **HomMat3DScale** (output_control) ..... hom_mat3d ⇝ *real*
Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

hom_mat3d_scale liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls alle drei Skalierungsfaktoren verschieden von 0 sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat3d_identity, hom_mat3d_translate, hom_mat3d_scale, hom_mat3d_rotate

Nachfolger

hom_mat3d_translate, hom_mat3d_scale, hom_mat3d_rotate

Siehe auch

hom_mat3d_invert, hom_mat3d_identity, hom_mat3d_scale_local, pose_to_hom_mat3d, hom_mat3d_to_pose, hom_mat3d_compose

Modul

Foundation

hom_mat3d_scale_local (: : HomMat3D, Sx, Sy, Sz : HomMat3DScale)

Fügt eine Skalierung zu einer homogenen 3D-Transformationsmatrix hinzu.

hom_mat3d_scale_local fügt zur homogenen 3D-Transformationsmatrix HomMat3D eine Skalierung um die Skalierungsfaktoren Sx, Sy und Sz hinzu und liefert die resultierende Matrix in HomMat3DScale zurück. Die Skalierung wird beschrieben durch die 3×3 Skalierungsmatrix $\mathbf{S}$. Im Gegensatz zu hom_mat3d_scale wird sie relativ zum lokalen Koordinatensystem, das durch HomMat3D beschrieben ist, ausgeführt; dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\mathtt{HomMat3DScale} = \mathtt{HomMat3D} \cdot \begin{bmatrix} & & & 0 \\ & \mathbf{S} & & 0 \\ & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{S} = \begin{bmatrix} \mathtt{Sx} & 0 & 0 \\ 0 & \mathtt{Sy} & 0 \\ 0 & 0 & \mathtt{Sz} \end{bmatrix}$$

Der Fixpunkt der Skalierung ist der Ursprung des lokalen Koordinatensystems, d.h. dieser Punkt bleibt unverändert, wenn man ihn mit HomMat3DScale transformiert.

Achtung

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & rc & td \\ re & rf & rg & th \\ ri & rj & rk & tl \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, rc, td, re, rf, rg, th, ri, rj, rk, tl] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 4×4 Matrizen, die eine projektive 3D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

▷ **HomMat3D** (input_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
Eingabe-Transformationsmatrix.

▷ **Sx** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Skalierungsfaktor in x-Richtung.
Default: 2
Wertevorschläge: Sx ∈ {0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 112}
Restriktion: Sx != 0

▷ **Sy** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Skalierungsfaktor in y-Richtung.
Default: 2
Wertevorschläge: Sy ∈ {0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 112}
Restriktion: Sy != 0

▷ **Sz** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Skalierungsfaktor in z-Richtung.
Default: 2
Wertevorschläge: Sz ∈ {0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 112}
Restriktion: Sz != 0

▷ **HomMat3DScale** (output_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

hom_mat3d_scale_local liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls alle drei Skalierungsfaktoren verschieden von 0 sind. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat3d_identity, hom_mat3d_translate_local, hom_mat3d_scale_local, hom_mat3d_rotate_local

Nachfolger

hom_mat3d_translate_local, hom_mat3d_scale_local, hom_mat3d_rotate_local

Siehe auch

hom_mat3d_invert, hom_mat3d_identity, hom_mat3d_scale, pose_to_hom_mat3d, hom_mat3d_to_pose, hom_mat3d_compose

Modul

Foundation

hom_mat3d_to_pose (: : HomMat3D : Pose)

Konvertieren einer homogenen Transformationsmatrix in eine 3D-Lage (Pose).

hom_mat3d_to_pose konvertiert eine homogene Transformationsmatrix HomMat3D in eine 3D-Lage Pose mit Typ-Code 0. Details zu 3D-Lagen und den zugehörigen Transformationsmatrizen findet sich bei create_pose.

Ein typischer Anwendungsfall von hom_mat3d_to_pose ist, dass eine 3D-Lage zuvor mit pose_to_hom_mat3d in eine homogene Transformationsmatrix konvertiert wurde, um sie z.B. mit hom_mat3d_rotate oder hom_mat3d_translate weiter zu transformieren, und dann wieder zurück in ein 3D-Lage konvertiert werden soll, um die als Eingabe für Operatoren wie image_points_to_world_plane zu nutzen.

Achtung

hom_mat3d_to_pose unterstützt nur starre Transformationen in HomMat3D. Für nicht-starre Transformationen versucht hom_mat3d_to_pose eine 3D-Lage zurückzugeben, welche ähnlich der Transformation in HomMat3D ist. Weicht HomMat3D jedoch stark von einer nicht-starren Transformation ab, so kann auch die erzeugte 3D-Lage stark von HomMat3D abweichen.

Parameter

- ▷ **HomMat3D** (input_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
  Homogene Transformationsmatrix.
- ▷ **Pose** (output_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
  äquivalente 3D-Lage (Pose).
  Parameteranzahl: 7

Beispiel

```
* Calibrate camera.
calibrate_cameras (CalibDataID,Error)
* Get reference pose (pose 2 of calibration object 0).
get_calib_data (CalibDataID, 'calib_obj_pose',\
                [0,2], 'pose', ObjInCameraPose)
*  Convert pose to homogeneous transformation matrix.
pose_to_hom_mat3d(ObjInCameraPose, cam_H_cal)
*  Rotate it 90 degrees around its y-axis to obtain a world coordinate system
*  whose y- and z-axis lie in the plane of the calibration plate while the
*  x-axis point 'upwards': cam_H_w = cam_H_cal * RotY(90).
hom_mat3d_identity(HomMat3DIdent)
hom_mat3d_rotate(HomMat3DIdent, rad(90), 'y', 0, 0, 0, \
                 HomMat3DRotateY)
hom_mat3d_compose(cam_H_cal, HomMat3DRotateY, cam_H_w)
* Convert transformed matrix back to pose.
hom_mat3d_to_pose (cam_H_w, Pose)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert hom_mat3d_to_pose den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat3d_rotate, hom_mat3d_translate, hom_mat3d_invert

Nachfolger

camera_calibration, write_pose, disp_caltab, sim_caltab

Siehe auch

create_pose, camera_calibration, disp_caltab, sim_caltab, write_pose, read_pose, pose_to_hom_mat3d, project_3d_point, get_line_of_sight, hom_mat3d_rotate, hom_mat3d_translate, hom_mat3d_invert, affine_trans_point_3d

Modul

Foundation

hom_mat3d_translate (: : HomMat3D, Tx, Ty, Tz : HomMat3DTranslate)

Fügt eine Translation zu einer homogenen 3D-Transformationsmatrix hinzu.

hom_mat3d_translate fügt zur homogenen 3D-Transformationsmatrix HomMat3D eine Translation um den Vektor $\mathbf{T}$ = (Tx,Ty,Tz) hinzu und liefert die resultierende Matrix in HomMat3DTranslate zurück. Die Translation wird relativ zum globalen (d.h. feststehenden) Koordinatensystem ausgeführt; dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\mathtt{HomMat3DTranslate} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \\ 0 & 1 & 0 & \mathbf{T} \\ 0 & 0 & 1 & \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \mathtt{HomMat3D} \qquad \mathbf{T} = \begin{pmatrix} \mathtt{Tx} \\ \mathtt{Ty} \\ \mathtt{Tz} \end{pmatrix}$$

Um die Transformation im lokalen Koordinatensystem, das durch HomMat3D beschrieben ist, durchzuführen, kann hom_mat3d_translate_local verwendet werden.

Achtung

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & rc & td \\ re & rf & rg & th \\ ri & rj & rk & tl \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, rc, td, re, rf, rg, th, ri, rj, rk, tl] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 4×4 Matrizen, die eine projektive 3D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

- ▷ **HomMat3D** (input_control) ..... hom_mat3d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.
- ▷ **Tx** (input_control) ..... point3d.x ⇝ *real* / integer
  Verschiebung in x-Richtung.
  Default: 64
  Wertevorschläge: Tx ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Ty** (input_control) ..... point3d.y ⇝ *real* / integer
  Verschiebung in y-Richtung.
  Default: 64
  Wertevorschläge: Ty ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Tz** (input_control) ..... point3d.z ⇝ *real* / integer
  Verschiebung in z-Richtung.
  Default: 64
  Wertevorschläge: Tz ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **HomMat3DTranslate** (output_control) ..... hom_mat3d ⇝ *real*
  Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert hom_mat3d_translate den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

hom_mat3d_identity, hom_mat3d_translate, hom_mat3d_scale, hom_mat3d_rotate

Nachfolger

hom_mat3d_translate, hom_mat3d_scale, hom_mat3d_rotate

Siehe auch

hom_mat3d_invert, hom_mat3d_identity, hom_mat3d_translate_local, pose_to_hom_mat3d, hom_mat3d_to_pose, hom_mat3d_compose

Modul

Foundation

hom_mat3d_translate_local (: : HomMat3D, Tx, Ty, Tz : HomMat3DTranslate)

Fügt eine Translation zu einer homogenen 3D-Transformationsmatrix hinzu.

hom_mat3d_translate_local fügt zur homogenen 3D-Transformationsmatrix HomMat3D eine Translation um den Vektor $\mathbf{T} = (\mathtt{Tx},\mathtt{Ty},\mathtt{Tz})$ hinzu und liefert die resultierende Matrix in HomMat3DTranslate zurück. Im Gegensatz zu hom_mat3d_translate wird die Translation relativ zum lokalen Koordinatensystem, das durch HomMat3D beschrieben ist, ausgeführt; dies entspricht der folgenden Kette von Transformationsmatrizen:

$$\mathtt{HomMat3DTranslate} = \mathtt{HomMat3D} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \\ 0 & 1 & 0 & \mathbf{T} \\ 0 & 0 & 1 & \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{T} = \begin{pmatrix} \mathtt{Tx} \\ \mathtt{Ty} \\ \mathtt{Tz} \end{pmatrix}$$

Achtung

Homogene Transformationsmatrizen werden zeilenweise in Form eines Tupels abgespeichert; die letzte Zeile wird im Normalfall nicht gespeichert, da sie für alle affinen Transformationsmatrizen identisch ist. Zum Beispiel wird die Matrix

$$\begin{bmatrix} ra & rb & rc & td \\ re & rf & rg & th \\ ri & rj & rk & tl \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

als das Tupel [ra, rb, rc, td, re, rf, rg, th, ri, rj, rk, tl] gespeichert. Es ist aber auch möglich, volle 4×4 Matrizen, die eine projektive 3D-Transformation darstellen können, zu verarbeiten.

Parameter

▷ **HomMat3D** (input_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
Eingabe-Transformationsmatrix.

▷ **Tx** (input_control) . . . . . point3d.x ⇝ *real* / integer
Verschiebung in x-Richtung.
Default: 64
Wertevorschläge: Tx ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}

▷ **Ty** (input_control) . . . . . point3d.y ⇝ *real* / integer
Verschiebung in y-Richtung.
Default: 64
Wertevorschläge: Ty ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}

▷ **Tz** (input_control) . . . . . point3d.z ⇝ *real* / integer
Verschiebung in z-Richtung.
Default: 64
Wertevorschläge: Tz ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}

▷ **HomMat3DTranslate** (output_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `hom_mat3d_translate_local` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`hom_mat3d_identity`, `hom_mat3d_translate_local`, `hom_mat3d_scale_local`, `hom_mat3d_rotate_local`

Nachfolger

`hom_mat3d_translate_local`, `hom_mat3d_scale_local`, `hom_mat3d_rotate_local`

Siehe auch

`hom_mat3d_invert`, `hom_mat3d_identity`, `hom_mat3d_translate`, `pose_to_hom_mat3d`, `hom_mat3d_to_pose`, `hom_mat3d_compose`

Modul

Foundation

hom_mat3d_transpose (: : HomMat3D : HomMat3DTranspose)

Transponiert eine homogene 3D-Transformationsmatrix.

`hom_mat3d_transpose` transponiert die homogene 3D-Transformationsmatrix, die in `HomMat3D` übergeben wird. Die Ergebnismatrix `HomMat3DTranspose` ist immer eine 4×4 Matrix, selbst wenn die Eingabematrix als 3×4 Matrix dargestellt ist.

Parameter

▷ **HomMat3D** (input_control) ..... hom_mat3d ⇝ *real*
Eingabe-Transformationsmatrix.

▷ **HomMat3DTranspose** (output_control) ..... hom_mat3d ⇝ *real*
Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

`hom_mat3d_transpose` liefert immer den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`hom_mat3d_translate`, `hom_mat3d_translate_local`, `hom_mat3d_scale`, `hom_mat3d_scale_local`, `hom_mat3d_rotate`, `hom_mat3d_rotate_local`, `vector_to_hom_mat3d`

Nachfolger

`hom_mat3d_compose`, `hom_mat3d_invert`

Modul

Foundation

point_pluecker_line_to_hom_mat3d (: : TransformationType, PointX, PointY, PointZ, LineDirectionX, LineDirectionY, LineDirectionZ, LineMomentX, LineMomentY, LineMomentZ : HomMat3D)

Berechnung einer Näherung für eine affine 3D-Transformation aus 3D-Punkt-zu-Gerade-Korrespondenzen.

point_pluecker_line_to_hom_mat3d berechnet eine Näherung für eine affine 3D-Transformation aus 3D-Punkt-zu-Gerade-Korrespondenzen und liefert sie in der homogenen Transformationsmatrix HomMat3D zurück. Alle Eingabetupel müssen gleich viele Elemente enthalten und mindestens 3 Punkt-zu-Gerade-Korrespondenzen bestimmen. Dabei stehen Korrespondenzen an denselben Indexpositionen. Die Punkte werden durch (PointX, PointY, PointZ) spezifiziert. Die Geraden werden in Plückerkoordinaten $\mathbf{L}$ (LineDirectionX, LineDirectionY, LineDirectionZ) und $\mathbf{M}$ (LineMomentX, LineMomentY, LineMomentZ) gegeben. Für die Definition von Plückerkoordinaten siehe „Solution Guide III-C - 3D Vision".

Der Typ der zu berechnenden 3D-Transformation wird mit TransformationType festgelegt. Für TransformationType = *'rigid'* wird eine starre 3D-Transformation (eine Rotation und eine Translation) berechnet. Dies ist der einzige Transformationstyp, der momentan unterstützt wird.

Es ist zu beachten, dass für die minimale Anzahl von 3 Korrespondenzen bis zu 8 gültige Lösungen möglich sind. In diesem Fall gibt point_pluecker_line_to_hom_mat3d eine willkürlich ausgewählte gültige Lösung zurück. Falls eine eindeutige Lösung erwünscht ist, sollten mindestens 4 Korrespondenzen übergeben werden. Weiterhin ist zu beachten, dass keine wohldefinierte Lösung existiert, falls alle Geraden parallel sind. In diesem Fall liefert point_pluecker_line_to_hom_mat3d eine Fehlermeldung zurück.

Die zurückgelieferte Transformation HomMat3D minimiert die Summe der Quadrate der orthogonalen Abstände der mit HomMat3D transformierten Punkte zu ihren korrespondierenden Geraden (siehe distance_point_pluecker_line).

HomMat3D kann direkt mit den Operatoren, die Daten mit affinen 3D-Transformationen transformieren, z.B. affine_trans_point_3d, verwendet werden. Um die Geraden in Plückerkoordinaten zu transformieren, kann der Operator dual_quat_trans_line_3d verwendet werden. Dazu muss HomMat3D mittels hom_mat3d_to_pose in eine Pose umgewandelt werden. Die Pose muss dann mit pose_invert invertiert werden und mittels pose_to_dual_quat in eine duale Quaternion konvertiert werden.

Parameter

- ▷ **TransformationType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Typ der zu berechnenden Transformation.
  Default: 'rigid'
  Werteliste: TransformationType ∈ {'rigid'}
- ▷ **PointX** (input_control) . . . . . point3d.x-array ⇝ *real*
  X-Koordinate der originalen Punkte.
- ▷ **PointY** (input_control) . . . . . point3d.y-array ⇝ *real*
  Y-Koordinate der originalen Punkte.
- ▷ **PointZ** (input_control) . . . . . point3d.z-array ⇝ *real*
  Z-Koordinate der originalen Punkte.
- ▷ **LineDirectionX** (input_control) . . . . . point3d.x-array ⇝ *real* / integer
  X-Komponente des Richtungsvektors der korrespondierenden Gerade.
- ▷ **LineDirectionY** (input_control) . . . . . point3d.y-array ⇝ *real* / integer
  Y-Komponente des Richtungsvektors der korrespondierenden Gerade.
- ▷ **LineDirectionZ** (input_control) . . . . . point3d.z-array ⇝ *real* / integer
  Z-Komponente des Richtungsvektors der korrespondierenden Gerade.
- ▷ **LineMomentX** (input_control) . . . . . point3d.x-array ⇝ *real* / integer
  X-Komponente des Momentenvektors der korrespondierenden Gerade.
- ▷ **LineMomentY** (input_control) . . . . . point3d.y-array ⇝ *real* / integer
  Y-Komponente des Momentenvektors der korrespondierenden Gerade.
- ▷ **LineMomentZ** (input_control) . . . . . point3d.z-array ⇝ *real* / integer
  Z-Komponente des Momentenvektors der korrespondierenden Gerade.
- ▷ **HomMat3D** (output_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
  Ausgabe-Transformationsmatrix.

Beispiel

```
* In this example, we assume that correspondences between points
* (PX, PY, PZ) and Plücker lines (LX, LY, LZ) - (MX, MY, MZ) have
* already been computed.
point_pluecker_line_to_hom_mat3d ('rigid', PX, PY, PZ, LX, LY, LZ, \
                                  MX, MY, MZ, HomMat3D)
hom_mat3d_to_pose (HomMat3D, Pose)
* Compute the residual errors in 3D space, i.e., the distance of the
* points (PX, PY, PZ) transformed by HomMat3D from the lines.
affine_trans_point_3d (HomMat3D, PX, PY, PZ, TPX, TPY, TPZ)
distance_point_pluecker_line (TPX, TPY, TPZ, LX, LY, LZ, \
                              MX, MY, MZ, D)
* The same distance can also be computed by transforming the lines
* instead of the points.  Here, the inverse pose must be used.
pose_invert (Pose, PoseInv)
pose_to_dual_quat (PoseInv, DualQuat)
dual_quat_trans_line_3d (DualQuat, 'moment', LX, LY, LZ, MX, MY, MZ, \
                         TLX, TLY, TLZ, TMX, TMY, TMZ)
distance_point_pluecker_line (PX, PY, PZ, TLX, TLY, TLZ, \
                              TMX, TMY, TMZ, D)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

get_line_of_sight, points_to_pluecker_line, point_direction_to_pluecker_line

Nachfolger

hom_mat3d_to_pose, affine_trans_point_3d, pose_invert, pose_to_dual_quat, dual_quat_trans_line_3d, distance_point_pluecker_line

Siehe auch

vector_to_hom_mat3d

Modul

Foundation

pose_to_hom_mat3d (: : Pose : HomMat3D)

Konvertieren einer 3D-Lage (Pose) in eine homogene Transformationsmatrix.

pose_to_hom_mat3d konvertiert eine 3D-Lage Pose, z.B. die externen Kameraparameter, in die äquivalente homogene Transformationsmatrix HomMat3D. Details zu 3D-Lagen und den zugehörigen Transformationsmatrizen findet sich bei create_pose.

Ein typischer Anwendungsfall von pose_to_hom_mat3d ist, dass eine 3D-Lage weiter transformiert, z.B. mittels hom_mat3d_rotate oder hom_mat3d_translate rotiert oder verschoben werden soll. Im Falle der externen Kameraparameter kann dies nötig sein, wenn der Kalibrierkörper nicht so platziert werden kann, dass sein Koordinatensystem mit dem gewünschten Weltkoordinatensystem zusammenfällt.

Parameter

▷ **Pose** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
3D-Lage (Pose).
Parameteranzahl: 7

▷ **HomMat3D** (output_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
Äquivalente homogene Transformationsmatrix.

Beispiel

```
* Calibrate camera.
calibrate_cameras (CalibDataID,Error)
* Get reference pose (pose 2 of calibration object 0).
get_calib_data (CalibDataID, 'calib_obj_pose',\
                [0,2], 'pose', ObjInCameraPose)
*  Convert pose to homogeneous transformation matrix.
pose_to_hom_mat3d(ObjInCameraPose, cam_H_cal)
*  Rotate it 90 degrees around its y-axis to obtain a world coordinate system
*  whose y- and z-axis lie in the plane of the calibration plate while the
*  x-axis point 'upwards': cam_H_w = cam_H_cal * RotY(90).
hom_mat3d_identity(HomMat3DIdent)
hom_mat3d_rotate(HomMat3DIdent, rad(90), 'y', 0, 0, 0, \
                 HomMat3DRotateY)
hom_mat3d_compose(cam_H_cal, HomMat3DRotateY, cam_H_w)
* Convert transformed matrix back to pose.
hom_mat3d_to_pose (cam_H_w, Pose)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `pose_to_hom_mat3d` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`camera_calibration`, `read_pose`

Nachfolger

`affine_trans_point_3d`, `hom_mat3d_invert`, `hom_mat3d_translate`, `hom_mat3d_rotate`, `hom_mat3d_to_pose`

Alternativen

`pose_to_dual_quat`

Siehe auch

`create_pose`, `camera_calibration`, `write_pose`, `read_pose`, `hom_mat3d_to_pose`, `project_3d_point`, `get_line_of_sight`, `hom_mat3d_rotate`, `hom_mat3d_translate`, `hom_mat3d_invert`, `affine_trans_point_3d`

Modul

Foundation

projective_trans_hom_point_3d (: : HomMat3D, Px, Py, Pz, Pw : Qx, Qy, Qz, Qw)

Projiziert einen homogenen 3D-Punkt mittels einer projektiven Transformationsmatrix.

`projective_trans_hom_point_3d` wendet die homogene projektive Transformationsmatrix `HomMat3D` auf alle homogenen Eingabepunkte (`Px`,`Py`,`Pz`,`Pw`) an und liefert ein Tupel von homogenen Ergebnispunkten (`Qx`,`Qy`,`Qz`,`Qw`) zurück. Die Transformation wird durch eine homogene Transformationsmatrix beschrieben, die in `HomMat3D` übergeben wird. Dies entspricht der folgenden Gleichung (Ein- und Ausgabepunkte als homogene Vektoren dargestellt):

$$\begin{pmatrix} Qx \\ Qy \\ Qz \\ Qw \end{pmatrix} = HomMat3D \cdot \begin{pmatrix} Px \\ Py \\ Pz \\ Pw \end{pmatrix}$$

Um die homogenen Koordinaten in euklidische Koordinaten zu transformieren, muss durch Qw geteilt werden:

$$\begin{pmatrix} Qx \\ Qy \\ Qz \\ Qw \end{pmatrix} = HomMat3D \cdot \begin{pmatrix} Px \\ Py \\ Pz \\ Pw \end{pmatrix}$$

Dies kann direkt mit projective_trans_point_3d erreicht werden. Daher ist projective_trans_hom_point_3d hauptsächlich in Situationen nützlich, in denen die Ergebinspunkte in der unendlich fernen Ebene liegen können, d.h. $Qw = 0$ besitzen können, und somit die obige Division nicht ausgeführt werden kann.

Parameter

- ▷ **HomMat3D** (input_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
  Homogene projektive Transformationsmatrix.
- ▷ **Px** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt (x-Koordinate).
- ▷ **Py** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt (y-Koordinate).
- ▷ **Pz** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt (z-Koordinate).
- ▷ **Pw** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt (w-Koordinate).
- ▷ **Qx** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt (x-Koordinate).
- ▷ **Qy** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt (y-Koordinate).
- ▷ **Qz** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt (z-Koordinate).
- ▷ **Qw** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt (w-Koordinate).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

vector_to_hom_mat3d

Alternativen

projective_trans_point_3d

Modul

Foundation

projective_trans_point_3d (: : HomMat3D, Px, Py, Pz : Qx, Qy, Qz)

Projiziert einen 3D-Punkt mittels einer projektiven Transformationsmatrix.

projective_trans_point_3d wendet die homogene projektive Transformationsmatrix HomMat3D auf alle Eingabepunkte (Px,Py,Pz) an und liefert ein Tupel von Ergebnispunkten (Qx,Qy,Qz) zurück. Die Transformation wird durch eine homogene Transformationsmatrix beschrieben, die in HomMat3D übergeben wird. Dies entspricht den folgenden Gleichungen (Ein- und Ausgabepunkte als homogene Vektoren dargestellt):

$$\begin{pmatrix} Tx \\ Ty \\ Tz \\ Tw \end{pmatrix} = \texttt{HomMat3D} \cdot \begin{pmatrix} \texttt{Px} \\ \texttt{Py} \\ \texttt{Pz} \\ 1 \end{pmatrix}$$

projective_trans_point_3d transformiert hierauf die homogenen Koordinaten in euklidische Koordinaten, indem durch Tw geteilt wird:

$$\begin{pmatrix} \texttt{Qx} \\ \texttt{Qy} \\ \texttt{Qz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{Tx}{Tw} \\ \frac{Ty}{Tw} \\ \frac{Tz}{Tw} \end{pmatrix}$$

Falls bei dieser Transformation ein Punkt in der unendlich fernen Ebene erzeugt wird ($Tw = 0$), wird eine Fehlermeldung zurückgeliefert. Falls dies nicht erwünscht ist, kann projective_trans_hom_point_3d verwendet werden.

Parameter

- ▷ **HomMat3D** (input_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
  Homogene projektive Transformationsmatrix.
- ▷ **Px** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt (x-Koordinate).
- ▷ **Py** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt (y-Koordinate).
- ▷ **Pz** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt (z-Koordinate).
- ▷ **Qx** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt (x-Koordinate).
- ▷ **Qy** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt (y-Koordinate).
- ▷ **Qz** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt (z-Koordinate).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

vector_to_hom_mat3d

Alternativen

projective_trans_hom_point_3d

Modul

Foundation

serialize_hom_mat3d (: : HomMat3D : SerializedItemHandle)

Serialisieren einer homogenen 3D-Transformationsmatrix.

serialize_hom_mat3d serialisiert die Daten einer homogenen 3D-Transformationsmatrix (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Die Transformationsmatrix wird in dem Handle HomMat3D übergeben. Die serialisierte Transformationsmatrix wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_hom_mat3d wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **HomMat3D** (input_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
Transformationsmatrix.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_hom_mat3d` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_hom_mat3d`

Modul

Foundation

vector_to_hom_mat3d (: : TransformationType, Px, Py, Pz, Qx, Qy, Qz : HomMat3D)

Erzeugt eine Näherung für eine 3D-Transformation aus Punktkorrespondenzen.

`vector_to_hom_mat3d` erzeugt aus Punktkorrespondenzen eine Näherung für eine affine oder projektive 3D-Transformation und liefert sie in der homogenen Transformationsmatrix `HomMat3D` zurück.

Der Typ der zu berechnenden 3D-Transformation wird mit `TransformationType` festgelegt. Für `TransformationType` = *'rigid'* wird eine starre 3D-Transformation (eine Rotation und eine Translation), für `TransformationType` = *'similarity'* eine Ähnlichkeitsabbildung (eine gleichförmige Skalierung, eine Rotation und eine Translation), für `TransformationType` = *'affine'* eine allgemeine affine 3D-Transformation und für `TransformationType` = *'projective'* eine projektive 3D-Transformation berechnet.

Die minimal benötigte Anzahl an Punktkorrespondenzen ist 3 für `TransformationType` = *'rigid'*, 3 für `TransformationType` = *'similarity'*, 4 für `TransformationType` = *'affine'* und 5 für `TransformationType` = *'projective'*.

Die Punktkorrespondenzen werden in den Tupeln (`Px`,`Py`,`Pz`) und (`Qx`,`Qy`,`Qz`) übergeben, wobei korrespondierende Punkte an denselben Indexpositionen stehen müssen. Die Transformation ist überbestimmt, falls mehr als die minimale Anzahl an Punktkorrespondenzen übergeben wird. In diesem Fall ist die zurückgelieferte Transformation diejenige, die die Abstände zwischen den transformierten Eingabepunkten (`Px`,`Py`,`Pz`) und den Zielpunkten (`Qx`,`Qy`,`Qz`) minimiert, wie in der folgenden Gleichung beschrieben (Punkte als homogene Vektoren dargestellt):

$$\sum_i \left\| \begin{pmatrix} \mathtt{Qx}[i] \\ \mathtt{Qy}[i] \\ \mathtt{Qz}[i] \\ 1 \end{pmatrix} - \mathtt{HomMat3D} \cdot \begin{pmatrix} \mathtt{Px}[i] \\ \mathtt{Py}[i] \\ \mathtt{Pz}[i] \\ 1 \end{pmatrix} \right\|^2 = \text{minimal}$$

`HomMat3D` kann direkt mit den Operatoren, die Daten mit affinen 3D-Transformationen transformieren, z.B. `affine_trans_point_3d`, verwendet werden.

Parameter

▷ **TransformationType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Typ der zu berechnenden Transformation.
Default: 'rigid'
Werteliste: `TransformationType` ∈ {'rigid', 'similarity', 'affine', 'projective'}

▷ **Px** (input_control) . . . . . point3d.x-array ⇝ *real*
X-Koordinaten der originalen Punkte.

▷ **Py** (input_control) . . . . . point3d.y-array ⇝ *real*
Y-Koordinaten der originalen Punkte.

▷ **Pz** (input_control) . . . . . point3d.z-array ⇝ *real*
Z-Koordinaten der originalen Punkte.

▷ **Qx** (input_control) . . . . . point3d.x-array ⇝ *real*
X-Koordinaten der transformierten Punkte.

▷ **Qy** (input_control) . . . . . point3d.x-array ⇝ *real*
Y-Koordinaten der transformierten Punkte.

▷ **Qz** (input_control) . . . . . point3d.z-array ⇝ *real*
Z-Koordinaten der transformierten Punkte.

▷ **HomMat3D** (output_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
Ausgabe-Transformationsmatrix.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`hom_mat3d_to_pose`, `affine_trans_point_3d`

Siehe auch

`point_pluecker_line_to_hom_mat3d`

Modul

Foundation

28.3 Duale Quaternionen

Dieses Kapitel enthält Operatoren für die Verwendung von dualen Quaternionen.

Einführung in Duale Quaternionen

Eine duale Quaternion $\hat{q} = q_r + \varepsilon q_d$ besteht aus zwei Quaternionen q_r und q_d, wobei q_r den Realteil, q_d den Dualteil und ε die duale Einheit ($\varepsilon^2 = 0$) darstellt. Jede Quaternion $q = w + ix + jy + kz$ besteht wiederum aus dem Skalarteil w und dem Vektorteil $\mathbf{v} = (x, y, z)$, wobei $(1, i, j, k)$ die Basis-Elemente des Quaternionen-Vektorraums darstellen.

Für Informationen, wie Duale Quaternionen zur Beschreibung von starren 3D-Abbildungen verwendet werden, sowie den Zusammenhang zu Plückerkoordinaten wird auf den „`Solution Guide III-C - 3D Vision`“ verwiesen.

Darstellung von Dualen Quaternionen in HALCON

In HALCON werden duale Quaternionen als Tupel mit acht Elementen dargestellt $[w_r, x_r, y_r, z_r, w_d, x_d, y_d, z_d]$. Dabei sind w_r und $\mathbf{v}_r = (x_r, y_r, z_r)$ der Skalar- und Vektorteil des Realteils und w_d und $\mathbf{v}_d = (x_d, y_d, z_d)$ der Skalar- und Vektorteil des Dualteils.

deserialize_dual_quat (: : SerializedItemHandle : DualQuaternion)

Deserialisieren einer serialisierten dualen Quaternion.

`deserialize_dual_quat` deserialisiert eine duale Quaternion, welche mit `serialize_dual_quat` serialisiert wurde (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Die serialisierte duale Quaternion wird in dem Handle `SerializedItemHandle` übergeben. Die deserialisierten Werte werden in `DualQuaternion` gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **DualQuaternion** (output_control) . . . . . dual_quaternion ⇝ *real* / integer
Duale Quaternion.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_dual_quat` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_quat`

Nachfolger

`dual_quat_to_hom_mat3d`, `dual_quat_to_pose`, `dual_quat_compose`

Modul

Foundation

dual_quat_compose (: : DualQuaternionLeft,
DualQuaternionRight : DualQuaternionComposed)

Multiplikation zweier dualer Quaternionen.

Der Operator `dual_quat_compose` multipliziert die zwei dualen Quaternionen `DualQuaternionLeft` und `DualQuaternionRight` und gibt das Produkt in `DualQuaternionComposed` zurück.

Eine kurze Einführung in duale Quaternionen, die verwendete Notation und die Beziehung zwischen dualen Quaternionen und Schraubungen findet sich in „`Solution Guide III-C - 3D Vision`".

Die Multiplikation der dualen Quaternionen $\hat{p}$ und $\hat{q}$ ist $\hat{p}\hat{q} = p_r q_r + \varepsilon(p_r q_d + p_d q_r)$.

Informationen zur Multiplikation von Quaternionen sind in der Beschreibung von `quat_compose` zu finden.

Zu beachten ist, dass die Multiplikation zweier dualer Quaternionen nicht kommutativ ist, d.h. $\hat{p}\hat{q} \neq \hat{q}\hat{p}$.

Falls `DualQuaternionLeft` und `DualQuaternionRight` duale Einheitsquaternionen sind und damit starre 3D-Abbildungen darstellen, entspricht ihre Multiplikation der Multiplikation ihrer entsprechenden homogenen Transformationsmatrizen. Daher kann `dual_quat_compose` zur Hintereinanderschaltung zweier starrer 3D-Abbildungen verwendet werden analog zu `pose_compose` oder `hom_mat3d_compose`.

Parameter

▷ **DualQuaternionLeft** (input_control) . . . . . dual_quaternion(-array) ⇝ *real*
Linke duale Quaternion.

▷ **DualQuaternionRight** (input_control) . . . . . dual_quaternion(-array) ⇝ *real*
Rechte duale Quaternion.

▷ **DualQuaternionComposed** (output_control) . . . . . dual_quaternion(-array) ⇝ *real*
Produkt der dualen Quaternionen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

screw_to_dual_quat

Nachfolger

dual_quat_to_hom_mat3d, dual_quat_to_pose, dual_quat_to_screw

Alternativen

pose_compose, hom_mat3d_compose

Siehe auch

dual_quat_interpolate, pose_to_dual_quat, dual_quat_normalize, dual_quat_conjugate, serialize_dual_quat, deserialize_dual_quat, dual_quat_trans_line_3d, dual_quat_trans_point_3d, quat_compose

Modul

Foundation

dual_quat_conjugate (: : DualQuaternion : DualQuaternionConjugate)

Konjugation einer dualen Quaternion.

Der Operator dual_quat_conjugate berechnet die Konjugierte DualQuaternionConjugate der dualen Eingabequaternion DualQuaternion.

Eine kurze Einführung in duale Quaternionen, die verwendete Notation und die Beziehung zwischen dualen Quaternionen und Schraubungen findet sich in „Solution Guide III-C - 3D Vision".

Die Konjugierte einer dualen Quaternion $\hat{q} = q_r + \varepsilon q_d$ ist gegeben durch $\bar{\hat{q}} = \bar{q}_r + \varepsilon \bar{q}_d$, wobei $\bar{q}_r$ und $\bar{q}_d$ die konjugierten Quaternionen q_r und q_d darstellen.

Für weitere Informationen zur Konjugation von Quaternionen siehe quat_conjugate.

Falls es sich bei DualQuaternion um eine duale Einheitsquaternion handelt und DualQuaternion damit eine starre 3D-Abbildung darstellt, ist deren Inverse gleich ihrer Konjugierten, d.h. $\hat{q}^{-1} = \bar{\hat{q}}$. Folglich stellt DualQuaternionConjugate die inverse starre 3D-Abbildung von DualQuaternion dar. Daher kann dual_quat_conjugate analog zu pose_invert oder hom_mat3d_invert dazu verwendet werden, um eine starre 3D-Abbildung zu invertieren.

Parameter

- ▷ **DualQuaternion** (input_control) ..... dual_quaternion(-array) ⇝ *real*
  Duale Quaternion.
- ▷ **DualQuaternionConjugate** (output_control) ..... dual_quaternion(-array) ⇝ *real*
  Konjugierte der dualen Quaternion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

dual_quat_compose, pose_to_dual_quat, screw_to_dual_quat

Nachfolger

dual_quat_compose, dual_quat_to_hom_mat3d, dual_quat_to_screw, dual_quat_interpolate, dual_quat_to_pose

Alternativen

pose_invert, hom_mat3d_invert

Siehe auch

dual_quat_normalize, serialize_dual_quat, deserialize_dual_quat, dual_quat_trans_line_3d, dual_quat_trans_point_3d, quat_conjugate

Modul

Foundation

dual_quat_interpolate (: : DualQuaternionStart, DualQuaternionEnd, InterpPos : DualQuaternionInterpolated)

Interpolation von zwei dualen Quaternionen.

Der Operator dual_quat_interpolate interpoliert zwischen den beiden dualen Quaternionen DualQuaternionStart und DualQuaternionEnd an der Position InterpPos.

Eine kurze Einführung in duale Quaternionen, die verwendete Notation und die Beziehung zwischen dualen Quaternionen und Schraubungen findet sich in „Solution Guide III-C - 3D Vision".

Für Interpolationen muss InterpPos innerhalb des Intervalls $[0,1]$ liegen, wenngleich auch Werte außerhalb dieses Intervalls möglich sind. Letzteres entspricht dann einer Extrapolation. Im Fall InterpPos $= 0$ entspricht die interpolierte duale Quaternion DualQuaternionInterpolated dem Startpunkt DualQuaternionStart der Interpolation. Im Fall InterpPos $= 1$ entspricht DualQuaternionInterpolated dem Endpunkt DualQuaternionEnd der Interpolation.

Die Interpolation wird durch eine lineare Schraubungsinterpolation (screw linear interpolation, ScLERP) durchgeführt. Sind sowohl DualQuaternionStart als auch DualQuaternionEnd duale Einheitsquaternionen, so ist auch DualQuaternionInterpolated eine duale Einheitsquaternion. dual_quat_interpolate kann also dazu verwendet werden, um weich zwischen zwei starren 3D-Abbildungen zu interpolieren.

Die Interpolation des Rotationsanteils zwischen DualQuaternionStart und DualQuaternionEnd ist identisch zur Interpolation von Quaternionen, d.h. der Schraubungswinkel wird linear interpoliert (siehe quat_interpolate). Die Interpolation des Translationsanteils erfolgt durch die lineare Interpolation der Translation der Schraubung.

Es ist möglich, für InterpPos ein Tupel mit mehreren Werten zu übergeben. In diesem Fall wird in DualQuaternionInterpolated für jeden Wert in InterpPos eine interpolierte duale Quaternion zurückgegeben. Dies ist effizienter als dual_quat_interpolate mehrfach mit einem einzelnen Wert für InterpPos aufzurufen.

Parameter

▷ **DualQuaternionStart** (input_control) . . . . . dual_quaternion ⇝ *real*
Duale Quaternion als Startpunkt der Interpolation.

▷ **DualQuaternionEnd** (input_control) . . . . . dual_quaternion ⇝ *real*
Duale Quaternion als Endpunkt der Interpolation.

▷ **InterpPos** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Interpolationsparameter.
Default: 0.5
Wertevorschläge: InterpPos ∈ {0.0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0}

▷ **DualQuaternionInterpolated** (output_control) . . . . . dual_quaternion(-array) ⇝ *real*
Interpolierte duale Quaternion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

pose_to_dual_quat, screw_to_dual_quat, dual_quat_normalize

Nachfolger

dual_quat_to_hom_mat3d, dual_quat_to_pose, dual_quat_to_screw

Siehe auch

dual_quat_compose, dual_quat_conjugate, serialize_dual_quat, deserialize_dual_quat, dual_quat_trans_line_3d, dual_quat_trans_point_3d, quat_interpolate

Modul

Foundation

dual_quat_normalize (: : DualQuaternion : DualQuaternionNormalized)

Normalisierung einer dualen Quaternion.

Der Operator dual_quat_normalize normalisiert die duale Quaternion DualQuaternion und liefert die normalisierte duale Quaternion zurück, die auch als duale Einheitsquaternion bezeichnet wird.

Eine kurze Einführung in duale Quaternionen, die verwendete Notation und die Beziehung zwischen dualen Quaternionen und Schraubungen findet sich in „Solution Guide III-C - 3D Vision".

Die Norm einer dualen Einheitsquaternion $\hat{q} = q_r + \varepsilon q_d$ ist 1, d.h. $\hat{q}\bar{\hat{q}} = 1$. Dies ist äquivalent zu den folgenden beiden Bedingungen:

$$\begin{aligned} \|q_r\| = q_r \bar{q}_r &= 1 \\ q_r \bar{q}_d + \bar{q}_r q_d &= 0, \end{aligned}$$

wobei $\bar{q}$ die konjugierte Quaternion von q darstellt (siehe quat_conjugate).

Eine starre 3D-Abbildung kann durch eine duale Einheitsquaternion repräsentiert werden.

Achtung

Für den Fall, dass die Norm des Realteils von DualQuaternion gleich 0 ist, liefert dual_quat_normalize den Fehlercode 9310 (H_ERR_DQ_ZERO_NORM) zurück, da in diesem Fall keine Normalisierung möglich ist.

Parameter

- ▷ **DualQuaternion** (input_control) ..... dual_quaternion(-array) ⇝ *real*
  Duale Quaternion.
- ▷ **DualQuaternionNormalized** (output_control) ..... dual_quaternion(-array) ⇝ *real*
  Duale Einheitsquaternion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

dual_quat_compose

Nachfolger

dual_quat_to_hom_mat3d

Siehe auch

dual_quat_interpolate, pose_to_dual_quat, screw_to_dual_quat, dual_quat_to_screw, dual_quat_to_pose, dual_quat_conjugate, serialize_dual_quat, deserialize_dual_quat, dual_quat_trans_line_3d, dual_quat_trans_point_3d, quat_normalize

Modul

Foundation

dual_quat_to_hom_mat3d (: : DualQuaternion : HomMat3D)

Umwandlung einer dualen Einheitsquaternion in eine homogene Transformationsmatrix.

Der Operator dual_quat_to_hom_mat3d wandelt die duale Einheitsquaternion DualQuaternion, die eine starre 3D-Abbildung darstellt, in eine entsprechende homogene Transformationsmatrix HomMat3D um.

Eine kurze Einführung in duale Quaternionen, die verwendete Notation und die Beziehung zwischen dualen Quaternionen und Schraubungen findet sich in „Solution Guide III-C - 3D Vision".

Der Rotationsanteil von HomMat3D wird aus dem Realteil der dualen Quaternion berechnet, wie in quat_to_hom_mat3d beschrieben. Der Translationsanteil $\mathbf{T}$ von HomMat3D wird aus dem Realteil und dem Dualteil von $\hat{q} = q_r + \varepsilon q_d$ berechnet:

$$\begin{aligned} p &= q_d q_r \\ \mathbf{T} &= 2.0\mathbf{v}_p, \end{aligned}$$

wobei $\mathbf{v}_p$ der Vektorteil der Quaternion p ist.

Achtung

`dual_quat_to_hom_mat3d` nimmt an, dass es sich bei `DualQuaternion` um eine duale Einheitsquaternion handelt und diese daher eine starre 3D-Abbildung darstellt. Andernfalls ist eine Umwandlung in eine homogene Transformationsmatrix nicht sinnvoll möglich.

Parameter

- ▷ **`DualQuaternion`** (input_control) . . . . . dual_quaternion ⇝ *real*
  Duale Einheitsquaternion.
- ▷ **`HomMat3D`** (output_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
  Transformationsmatrix.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`screw_to_dual_quat`, `dual_quat_interpolate`, `dual_quat_compose`, `dual_quat_normalize`

Nachfolger

`affine_trans_point_3d`

Alternativen

`dual_quat_to_pose`, `dual_quat_to_screw`

Siehe auch

`dual_quat_compose`, `pose_to_dual_quat`, `dual_quat_conjugate`, `serialize_dual_quat`, `deserialize_dual_quat`, `dual_quat_trans_line_3d`, `dual_quat_trans_point_3d`, `quat_to_hom_mat3d`

Modul

Foundation

```
dual_quat_to_screw ( : : DualQuaternion,
    ScrewFormat : AxisDirectionX, AxisDirectionY, AxisDirectionZ,
    AxisMomentOrPointX, AxisMomentOrPointY, AxisMomentOrPointZ,
    Rotation, Translation )
```

Umwandlung einer dualen Einheitsquaternion in eine Schraubung.

Der Operator `dual_quat_to_screw` wandelt die duale Einheitsquaternion `DualQuaternion`, die eine starre 3D-Abbildung repräsentiert, in die Parameter einer Schraubung um.

Eine kurze Einführung in duale Quaternionen, die verwendete Notation und die Beziehung zwischen dualen Quaternionen und Schraubungen findet sich in „`Solution Guide III-C - 3D Vision`".

Wird für `ScrewFormat` *'moment'* gewählt, werden die beschriebenen Schraubungsparameter in den entsprechenden Parametern `AxisDirectionX`, `AxisDirectionY`, `AxisDirectionZ`, `AxisMomentOrPointX`, `AxisMomentOrPointY`, `AxisMomentOrPointZ`, `Rotation` und `Translation` zurückgegeben.

Alternativ ist es auch möglich, anstatt des Moments der Schraubenachse den Punkt auf der Schraubenachse zurückzugeben, der den kürzesten Abstand zum Ursprung hat. Dazu muss für `ScrewFormat` *'point'* gewählt werden. In diesem Fall werden die Koordinaten des Punktes in `AxisMomentOrPointX`, `AxisMomentOrPointY` und `AxisMomentOrPointZ` zurückgegeben.

Achtung

`dual_quat_to_screw` nimmt an, dass es sich bei `DualQuaternion` um eine duale Einheitsquaternion handelt und diese daher eine starre 3D-Abbildung darstellt. Andernfalls ist eine Umwandlung in eine Schraubung nicht sinnvoll möglich. Zu beachten ist auch, dass die Schraubenachse für die Identitätsabbildung (keine Rotation und keine Translation), nicht definiert ist. In diesem Fall wird L auf $(1, 0, 0)^T$ gesetzt.

Parameter

- ▷ **DualQuaternion** (input_control) . . . . . dual_quaternion ⇝ *real*
  Duale Einheitsquaternion.
- ▷ **ScrewFormat** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Format der Schraubungsparameter.
  Default: 'moment'
  Werteliste: `ScrewFormat` ∈ {'moment', 'point'}
- ▷ **AxisDirectionX** (output_control) . . . . . point3d.x ⇝ *real*
  X-Komponente des Richtungsvektors der Schraubenachse.
- ▷ **AxisDirectionY** (output_control) . . . . . point3d.y ⇝ *real*
  Y-Komponente des Richtungsvektors der Schraubenachse.
- ▷ **AxisDirectionZ** (output_control) . . . . . point3d.z ⇝ *real*
  Z-Komponente des Richtungsvektors der Schraubenachse.
- ▷ **AxisMomentOrPointX** (output_control) . . . . . point3d.x ⇝ *real*
  X-Komponente des Momentenvektors oder eines Punktes der Schraubenachse.
- ▷ **AxisMomentOrPointY** (output_control) . . . . . point3d.y ⇝ *real*
  Y-Komponente des Momentenvektors oder eines Punktes der Schraubenachse.
- ▷ **AxisMomentOrPointZ** (output_control) . . . . . point3d.z ⇝ *real*
  Z-Komponente des Momentenvektors oder eines Punktes der Schraubenachse.
- ▷ **Rotation** (output_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Rotationswinkel im Bogenmaß.
- ▷ **Translation** (output_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Translation.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`dual_quat_compose`, `dual_quat_conjugate`, `dual_quat_interpolate`

Alternativen

`dual_quat_to_pose`, `dual_quat_to_hom_mat3d`

Siehe auch

`pose_to_dual_quat`, `dual_quat_normalize`, `serialize_dual_quat`, `deserialize_dual_quat`, `dual_quat_trans_line_3d`, `dual_quat_trans_point_3d`, `screw_to_dual_quat`

Modul

Foundation

```
dual_quat_trans_line_3d ( : : DualQuaternion, LineFormat,
    LineDirectionX, LineDirectionY, LineDirectionZ, LineMomentOrPointX,
    LineMomentOrPointY, LineMomentOrPointZ : TransLineDirectionX,
    TransLineDirectionY, TransLineDirectionZ, TransLineMomentOrPointX,
    TransLineMomentOrPointY, TransLineMomentOrPointZ )
```

Transformieren einer 3D-Linie mit einer dualen Einheitsquaternion.

Der Operator dual_quat_trans_line_3d transformiert eine in Plückerkoordinaten dargestellte 3D-Line mit einer starren 3D-Abbildung, die durch die duale Einheitsquaternion DualQuaternion gegeben ist.

Eine kurze Einführung in duale Quaternionen, Plückerkoordinaten und die verwendete Notation findet sich in „Solution Guide III-C - 3D Vision".

Die Linienrichtung muss in LineDirectionX, LineDirectionY und LineDirectionZ übergeben werden. Zu beachten ist, dass die Länge des übergebenen Richtungsvektors 1 sein muss, um sinnvolle Ergebnisse zu erhalten, d.h. $L_x^2 + L_y^2 + L_z^2 = 1$.

Wird für LineFormat *'moment'* gewählt, muss in LineMomentOrPointX, LineMomentOrPointY und LineMomentOrPointZ das Moment der Linie übergeben werden.

Alternativ ist es auch möglich, anstatt des Moments der Linie einen beliebigen Punkt auf der Linie zu übergeben. Dazu muss für LineFormat *'point'* gewählt werden und in LineMomentOrPointX, LineMomentOrPointY und LineMomentOrPointZ müssen die Koordinaten des Punktes übergeben werden.

Die Parameter der transformierten Linie werden in TransLineDirectionX, TransLineDirectionY, TransLineDirectionZ, TransLineMomentOrPointX, TransLineMomentOrPointY und TransLineMomentOrPointZ im Format, das in LineFormat angegeben ist, zurückgegeben. Wird für LineFormat *'point'* gewählt, wird der Punkt auf der Linie mit dem kürzesten Abstand zum Koordinatensystemursprung zurückgegeben.

Achtung

dual_quat_trans_line_3d liefert nur dann sinnvolle Ergebnisse, wenn in DualQuaternion eine duale Einheitsquaternion übergeben wird und die Länge des Richtungsvektors der Linie 1 ist.

Parameter

- ▷ **DualQuaternion** (input_control) . . . . . dual_quaternion ⇝ *real* / integer
  Duale Einheitsquaternion, die die Transformation darstellt.
- ▷ **LineFormat** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Format der Linienparameter.
  Default: 'moment'
  Werteliste: LineFormat ∈ {'moment', 'point'}
- ▷ **LineDirectionX** (input_control) . . . . . point3d.x(-array) ⇝ *real* / integer
  X-Komponente des Richtungsvektors der Linie.
- ▷ **LineDirectionY** (input_control) . . . . . point3d.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Y-Komponente des Richtungsvektors der Linie.
- ▷ **LineDirectionZ** (input_control) . . . . . point3d.z(-array) ⇝ *real* / integer
  Z-Komponente des Richtungsvektors der Linie.
- ▷ **LineMomentOrPointX** (input_control) . . . . . point3d.x(-array) ⇝ *real* / integer
  X-Komponente des Momentenvektors oder eines Punktes der Linie.
- ▷ **LineMomentOrPointY** (input_control) . . . . . point3d.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Y-Komponente des Momentenvektors oder eines Punktes der Linie.
- ▷ **LineMomentOrPointZ** (input_control) . . . . . point3d.z(-array) ⇝ *real* / integer
  Z-Komponente des Momentenvektors oder eines Punktes der Linie.
- ▷ **TransLineDirectionX** (output_control) . . . . . point3d.x(-array) ⇝ *real* / integer
  X-Komponente des Richtungsvektors der transformierten Linie.
- ▷ **TransLineDirectionY** (output_control) . . . . . point3d.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Y-Komponente des Richtungsvektors der transformierten Linie.
- ▷ **TransLineDirectionZ** (output_control) . . . . . point3d.z(-array) ⇝ *real* / integer
  Z-Komponente des Richtungsvektors der transformierten Linie.
- ▷ **TransLineMomentOrPointX** (output_control) . . . . . point3d.x(-array) ⇝ *real* / integer
  X-Komponente des Momentenvektors der transformierten Linie oder des zum Ursprung nächstliegenden Punktes auf der transformierten Linie.
- ▷ **TransLineMomentOrPointY** (output_control) . . . . . point3d.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Y-Komponente des Momentenvektors der transformierten Linie oder des zum Ursprung nächstliegenden Punktes auf der transformierten Linie.
- ▷ **TransLineMomentOrPointZ** (output_control) . . . . . point3d.z(-array) ⇝ *real* / integer
  Z-Komponente des Momentenvektors der transformierten Linie oder des zum Ursprung nächstliegenden Punktes auf der transformierten Linie.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`points_to_pluecker_line`, `point_direction_to_pluecker_line`

Nachfolger

`dual_quat_compose`, `dual_quat_conjugate`, `pose_to_dual_quat`

Alternativen

`affine_trans_point_3d`, `dual_quat_trans_point_3d`

Siehe auch

`dual_quat_to_hom_mat3d`, `dual_quat_to_screw`, `dual_quat_to_pose`, `dual_quat_normalize`, `serialize_dual_quat`, `deserialize_dual_quat`, `quat_rotate_point_3d`

Modul

Foundation

dual_quat_trans_point_3d (: : DualQuaternion, Px, Py, Pz : Tx, Ty, Tz)

Transformieren eines 3D-Punkts mit einer dualen Einheitsquaternion.

Der Operator `dual_quat_trans_point_3d` transformiert einen 3D-Punkt (`Px`, `Py`, `Pz`) mit einer starren 3D-Abbildung, die durch die duale Einheitsquaternion `DualQuaternion` gegeben ist, und gibt den transformierten 3D-Punkt in (`Tx`, `Ty`, `Tz`) zurück.

Eine kurze Einführung in duale Quaternionen findet sich in „`Solution Guide III-C - 3D Vision`".

Achtung

`dual_quat_trans_point_3d` liefert nur dann sinnvolle Ergebnisse, wenn in `DualQuaternion` eine duale Einheitsquaternion übergeben wird.

Parameter

- ▷ **DualQuaternion** (input_control) ..... dual_quaternion ⇝ *real* / integer
  Duale Einheitsquaternion, die die Transformation darstellt.
- ▷ **Px** (input_control) ..... point3d.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt(e) (x-Koordinate).
  Default: 64
  Wertevorschläge: `Px` ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Py** (input_control) ..... point3d.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt(e) (y-Koordinate).
  Default: 64
  Wertevorschläge: `Py` ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Pz** (input_control) ..... point3d.z(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabepunkt(e) (z-Koordinate).
  Default: 64
  Wertevorschläge: `Pz` ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
- ▷ **Tx** (output_control) ..... point3d.x(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt(e) (x-Koordinate).
- ▷ **Ty** (output_control) ..... point3d.y(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt(e) (y-Koordinate).
- ▷ **Tz** (output_control) ..... point3d.z(-array) ⇝ *real*
  Ausgabepunkt(e) (z-Koordinate).

Beispiel

```
* dual_quat_trans_point_3d (DualQuat, Px, Py, Pz, Tx, Ty, Tz)
* is equivalent to the following code:
dual_quat_to_hom_mat3d (DualQuat, HomMat3D)
affine_trans_point_3d (HomMat3D, Px, Py, Pz, Tx, Ty, Tz)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Vorgänger

dual_quat_compose, pose_to_dual_quat, screw_to_dual_quat

Alternativen

dual_quat_to_hom_mat3d, affine_trans_point_3d

Siehe auch

dual_quat_to_pose, dual_quat_normalize, serialize_dual_quat, deserialize_dual_quat, quat_rotate_point_3d, dual_quat_trans_line_3d

Modul

Foundation

screw_to_dual_quat (: : ScrewFormat, AxisDirectionX, AxisDirectionY, AxisDirectionZ, AxisMomentOrPointX, AxisMomentOrPointY, AxisMomentOrPointZ, Rotation, Translation : DualQuaternion)

Umwandlung einer Schraubung in eine duale Einheitsquaternion.

Der Operator screw_to_dual_quat wandelt die Parameter einer Schraubung in die duale Einheitsquaternion DualQuaternion um, die eine starre 3D-Abbildung repräsentiert.

Eine kurze Einführung in duale Quaternionen, die verwendete Notation und die Beziehung zwischen dualen Quaternionen und Schraubungen findet sich in „Solution Guide III-C - 3D Vision".

Eine Schraubung kann beschrieben werden durch die Richtung ihrer Schraubenachse $\mathbf{L} = (L_x, L_y, L_z)^T$ mit $\|\mathbf{L}\| = 1$, das Moment der Schraubenachse $\mathbf{M} = (M_x, M_y, M_z)^T$ mit $\mathbf{L} \cdot \mathbf{M} = 0$, den Rotationswinkel der Schraubung θ und die Translation der Schraubung d.

Wird für ScrewFormat *'moment'* gewählt, müssen die beschriebenen Schraubungsparameter in den entsprechenden Parametern AxisDirectionX, AxisDirectionY, AxisDirectionZ, AxisMomentOrPointX, AxisMomentOrPointY, AxisMomentOrPointZ, Rotation und Translation übergeben werden.

Alternativ ist es auch möglich, anstatt des Moments der Schraubenachse einen beliebigen Punkt auf der Schraubenachse zu übergeben. Dazu muss für ScrewFormat *'point'* gewählt werden und in AxisMomentOrPointX, AxisMomentOrPointY und AxisMomentOrPointZ müssen die Koordinaten des Punktes übergeben werden.

Achtung

screw_to_dual_quat nimmt an, dass der übergebene Richtungsvektor der Schraubenachse die Länge 1 hat, d.h. $\sqrt{L_x^2 + L_y^2 + L_z^2} = 1$. Andernfalls ist das resultierende duale Quaternion nicht sinnvoll.

Parameter

▷ **ScrewFormat** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Format der Schraubungsparameter.
Default: 'moment'
Werteliste: ScrewFormat ∈ {'moment', 'point'}

▷ **AxisDirectionX** (input_control) . . . . . point3d.x ⇝ *real* / integer
X-Komponente des Richtungsvektors der Schraubenachse.

▷ **AxisDirectionY** (input_control) . . . . . point3d.y ⇝ *real* / integer
Y-Komponente des Richtungsvektors der Schraubenachse.

▷ **AxisDirectionZ** (input_control) . . . . . point3d.z ⇝ *real* / integer
Z-Komponente des Richtungsvektors der Schraubenachse.

▷ **AxisMomentOrPointX** (input_control) . . . . . point3d.x ⇝ *real* / integer
X-Komponente des Momentenvektors oder eines Punktes der Schraubenachse.

▷ **AxisMomentOrPointY** (input_control) . . . . . point3d.y ⇝ *real* / integer
Y-Komponente des Momentenvektors oder eines Punktes der Schraubenachse.

▷ **AxisMomentOrPointZ** (input_control) . . . . . point3d.z ⇝ *real* / integer
Z-Komponente des Momentenvektors oder eines Punktes der Schraubenachse.

▷ **Rotation** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / integer
Rotationswinkel im Bogenmaß.

▷ **Translation** (input_control) . . . . . real ⇝ *real* / integer
Translation.

▷ **DualQuaternion** (output_control) . . . . . dual_quaternion ⇝ *real* / integer
Duale Quaternion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`dual_quat_compose`, `dual_quat_conjugate`, `dual_quat_interpolate`

Alternativen

`pose_to_dual_quat`

Siehe auch

`dual_quat_to_hom_mat3d`, `pose_to_dual_quat`, `dual_quat_to_screw`, `dual_quat_to_pose`, `dual_quat_normalize`, `serialize_dual_quat`, `deserialize_dual_quat`, `dual_quat_trans_line_3d`, `dual_quat_trans_point_3d`, `axis_angle_to_quat`

Modul

Foundation

serialize_dual_quat (: : DualQuaternion : SerializedItemHandle)

Serialisieren einer dualen Quaternion.

`serialize_dual_quat` serialisiert die Daten der in `DualQuaternion` übergebenen dualen Quaternion (siehe `fwrite_serialized_item` für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Die serialisierte duale Quaternion wird in dem Handle `SerializedItemHandle` zurückgegeben und kann mit `deserialize_dual_quat` wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **DualQuaternion** (input_control) . . . . . dual_quaternion ⇝ *real* / integer
Duale Quaternion.

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_dual_quat` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`axis_angle_to_quat`

Nachfolger

`fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_quat`

Modul

Foundation

28.4 Posen

Eine 3D-Lage (Pose) beschreibt eine starre Transformation, d.h., eine Transformation die aus einer beliebigen Translation und Rotation besteht. In HALCON ist eine 3D-Lage ein Tupel mit 7 Parametern: 3 Parameter legen die Translation fest (`TransX`, `TransY` und `TransZ`), 3 Parameter beschreiben die Rotation (`RotX`, `RotY` und `RotZ`). Der letzte Parameter verschlüsselt die Reihenfolge der Translationen und Rotationen (sowie auch die Rotationsrichtung). Für weitere Informationen zu diesen Parametern wird auf `create_pose` und den „`Solution Guide III-C - 3D Vision`" verwiesen.

3D-Lagen werden typischerweise für zwei Zwecke verwendet: Erstens zur Beschreibung der Position und Orientierung eines Koordinatensystems relativ zu einem anderen (z.B. die 3D-Lage eines Objektkoordinatensystems relativ zum Kamerakoordinatensystem - kurz, die 3D-Lage des Objekts relativ zur Kamera) und zweitens zur Beschreibung der Transformation von Koordinaten zwischen Koordinatensystemen (z.B. die Transformation von Objektkoordinaten in Kamerakoordinaten).

Eine 3D-Lage, welche Punktkoordinaten von einem Koordinatensystem 1 ($cs1$) in ein Koordinatensystem 2 ($cs2$) transformiert, wird als ${}^{cs2}\mathbf{P}_{cs1}$ bezeichnet. Die entsprechende Transformation der Koordinaten eines Punktes in $cs1$ ($\mathbf{p}^{cs1}$) in $cs2$ ($\mathbf{p}^{cs2}$) wird wie folgt bezeichnet:

$$\mathbf{p}^{cs2} = {}^{cs2}\mathbf{P}_{cs1} \cdot \mathbf{p}^{cs1}.$$

Es wird darauf hingewiesen, dass nicht die 3D-Lage (als Tupel) sondern die damit beschriebene Transformation für die Multiplikation verwendet wird und die oben verwendete Notation bloß der Lesbarkeit dient. Die 3D-Lage ${}^{cs2}\mathbf{P}_{cs1}$ beschreibt die starre Transformation, welche durch die homogene Transformationsmatrix $\mathbf{H}({}^{cs2}\mathbf{P}_{cs1}) = {}^{cs2}\mathbf{H}_{cs1}$ verkörpert wird (siehe `create_pose` für weitere Informationen):

$$\begin{pmatrix} \mathbf{p}^{cs2} \\ 1 \end{pmatrix} = {}^{cs2}\mathbf{H}_{cs1} \cdot \begin{pmatrix} \mathbf{p}^{cs1} \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Somit beschreibt die 3D-Lage ${}^{cs2}\mathbf{P}_{cs1}$ die Transformation von Punktkoordinaten von $cs1$ nach $cs2$. Zudem beschreibt die 3D-Lage wie oben erwähnt die Transformation des Koordinatensystems selbst, jedoch in umgekehrter Reihenfolge. ${}^{cs2}\mathbf{P}_{cs1}$ beschreibt, wie Koordinatensystem 2 transformiert werden muss, um Koordinatensystem 1 zu erhalten und damit die 3D-Lage von Koordinatensystem 2 relativ zu Koordinatensystem 1.

Mit dieser Notation können Posen wie homogene Matrizen verkettet werden, z.B.

$${}^{cs2}\mathbf{P}_{cs0} = {}^{cs2}\mathbf{P}_{cs1} \cdot {}^{cs1}\mathbf{P}_{cs0}.$$

Eine solche Verkettung kann z.B. mittels `pose_compose` durchgeführt werden.

`convert_pose_type` `( : : PoseIn, OrderOfTransform, OrderOfRotation, ViewOfTransform : PoseOut )`

Verändern des Darstellungstyps einer 3D-Lage (Pose).

convert_pose_type dient zum Konvertieren einer 3D-Lage PoseIn in die 3D-Lage PoseOut mit einem anderen Darstellungstypen. Siehe create_pose für eine detaillierte Beschreibung von 3D-Lagen, ihren Darstellungstypen und die Bedeutung der Parameter OrderOfTransform, OrderOfRotation und ViewOfTransform.

Beachten Sie, dass convert_pose_type nur die Darstellung einer 3D-Lage ändert, nicht jedoch die zu Grunde liegende starre Transformation.

Parameter

- ▷ **PoseIn** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real / integer*
  Ursprüngliche 3D-Lage (Pose).
  Parameteranzahl: 7
- ▷ **OrderOfTransform** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Reihenfolge von Rotation und Translation.
  Default: 'Rp+T'
  Wertevorschläge: OrderOfTransform ∈ {'Rp+T', 'R(p-T)'}
- ▷ **OrderOfRotation** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Bedeutung der Rotationswerte.
  Default: 'gba'
  Wertevorschläge: OrderOfRotation ∈ {'gba', 'abg', 'rodriguez'}
- ▷ **ViewOfTransform** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Sichtweise der Transformation.
  Default: 'point'
  Wertevorschläge: ViewOfTransform ∈ {'point', 'coordinate_system'}
- ▷ **PoseOut** (output_control) . . . . . pose ⇝ *real / integer*
  3D-Transformationsvorschrift.
  Parameteranzahl: 7

Beispiel

```
* Define a pose.
create_pose (0.1, 0.1, 0.1, 90, 90, 90, 'Rp+T', 'gba', 'point', Pose)
* Convert pose to a pose with desired semantic.
convert_pose_type (Pose, 'Rp+T', 'abg', 'point', Pose2)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert convert_pose_type den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_pose, hom_mat3d_to_pose, camera_calibration, hand_eye_calibration

Nachfolger

write_pose

Siehe auch

create_pose, get_pose_type, write_pose, read_pose

Modul

Foundation

create_pose (: : TransX, TransY, TransZ, RotX, RotY, RotZ, OrderOfTransform, OrderOfRotation, ViewOfTransform : Pose)

Erzeugen einer 3D-Lage (Pose).

create_pose erzeugt eine 3D-Lage Pose. Eine 3D-Lage beschreibt eine starre 3D-Transformation, d.h. eine Transformation bestehend aus einer beliebigen Translation und Rotation, mit 6 Parametern: TransX, TransY und TransZ beschreiben die Translation entlang der x-, y- und z-Achse, während RotX, RotY und RotZ die Rotation beschreiben.

3D-Lagen werden typischerweise für zwei Zwecke verwendet: Erstens zur Beschreibung der Position und Orientierung eines Koordinatensystems relativ zu einem anderen (z.B. die 3D-Lage eines Objektkoordinatensystems relativ zum Kamerakoordinatensystem - kurz, die 3D-Lage des Objekts relativ zur Kamera) und zweitens zur Beschreibung der Transformation von Koordinaten zwischen Koordinatensystemen (z.B. die Transformation von Objektkoordinaten in Kamerakoordinaten).

Darstellung der Orientierung (Rotation)

Eine 3D-Rotation um eine beliebige Achse kann mit drei Parametern in verschiedener Weise dargestellt werden. HALCON stellt drei davon über den Parameter OrderOfRotation zur Auswahl: Falls der Wert *'gba'* übergeben wird, wird die Rotation durch die folgende Kette von Rotationen beschrieben (siehe hom_mat3d_rotate für den Inhalt der Rotationsmatrizen $\mathbf{R}_x$, $\mathbf{R}_y$ und $\mathbf{R}_z$):

$$\mathbf{R}_{gba} = \mathbf{R}_x(\texttt{RotX}) \cdot \mathbf{R}_y(\texttt{RotY}) \cdot \mathbf{R}_z(\texttt{RotZ})$$

$\mathbf{R}_{gba}$ wird in der Fachliteratur auch Yaw-Pitch-Roll Konvention genannt. Bitte beachten Sie, dass diese Kette auf zwei Arten „gelesen“ werden kann: Wenn man von rechts startet, werden die Rotationen immer relativ zum globalen (unveränderten oder „alten“) Koordinatensystem ausgeführt. D.h., $\mathbf{R}_{gba}$ kann wie folgt gelesen werden: Erst wird um die z-Achse rotiert, dann um die „alte“ y-Achse und schließlich um die „alte“ x-Achse. Falls die Kette dagegen von links nach rechts gelesen wird, werden die Rotationen jeweils relativ zum lokalen („neuen“) Koordinatensystem ausgeführt. Dann liest sich $\mathbf{R}_{gba}$ wie folgt: Erst wird um die x-Achse rotiert, dann um die „neue“ y-Achse und schließlich um die „neu(st)e“ z-Achse.

Von rechts nach links gelesen, entspricht $\mathbf{R}_{gba}$ der folgenden Sequenz von Operatoraufrufen:

```
hom_mat3d_identity(HomMat3DIdent)
hom_mat3d_rotate(HomMat3DIdent, RotZ, 'z', 0, 0, 0, HomMat3DRotZ)
hom_mat3d_rotate(HomMat3DRotZ, RotY, 'y', 0, 0, 0, HomMat3DRotYZ)
hom_mat3d_rotate(HomMat3DRotYZ, RotX, 'x', 0, 0, 0, HomMat3DXYZ)
```

Dagegen entspricht die folgende Sequenz der Leserichtung von links nach rechts:

```
hom_mat3d_identity(HomMat3DIdent)
hom_mat3d_rotate_local(HomMat3DIdent, RotX, 'x', HomMat3DRotX)
hom_mat3d_rotate_local(HomMat3DRotX, RotY, 'y', HomMat3DRotXY)
hom_mat3d_rotate_local(HomMat3DRotXY, RotZ, 'z', HomMat3DXYZ)
```

$\mathbf{R}_{abg}$ wird in der Fachliteratur auch Roll-Pitch-Yaw Konvention genannt.

Falls in OrderOfRotation der Wert *'abg'* übergeben wird, wird die Rotation durch die folgende Transformationskette dargestellt:

$$\mathbf{R}_{abg} = \mathbf{R}_z(\texttt{RotZ}) \cdot \mathbf{R}_y(\texttt{RotY}) \cdot \mathbf{R}_x(\texttt{RotX})$$

Falls der Wert *'rodriguez'* in OrderOfRotation übergeben wird, werden die Rotationsparameter RotX, RotY und RotZ als die x-, y- und z-Komponente des so genannten Rodriguez-Rotationsvektors interpretiert. Die Richtung dieses Vektors definiert die (beliebige) Rotationsachse, seine Länge den Rotationswinkel (mathematisch positive Orientierung). HALCON verwendet eine Variation des Rodriguez-Vektors, in der die Länge des Vektors gleich dem Tangens des halben Winkels ist:

$$\mathbf{R}_{rodriguez} \quad = \quad rotate\ around \quad \begin{pmatrix} \texttt{RotX} \\ \texttt{RotY} \\ \texttt{RotZ} \end{pmatrix} \quad by \quad 2 \cdot \arctan(\sqrt{\texttt{RotX}^2 + \texttt{RotY}^2 + \texttt{RotZ}^2})$$

Bitte beachten Sie, dass diese Posen-Darstellung nicht immer eindeutig ist, d.h. mehrere Posen-Darstellungen beschreiben dieselbe homogene Transformationsmatrix. Beispielsweise für $\mathbf{R}_{gba}$ mit $b = \pm 90$ haben die folgenden zwei Posen die gleiche Darstellung als homogene Transformationsmatrix:

```
create_pose(0, 0, 0, 30, 90, 54, 'Rp+T', 'gba', 'point', Pose1)
create_pose(0, 0, 0, 17, 90, 67, 'Rp+T', 'gba', 'point', Pose2)
```

Alternativ können Rotationen auch durch homogene Transformationsmatrizen oder Quaternionen (axis_angle_to_quat) dargestellt werden.

Entsprechende homogene Transformationsmatrix

Mit dem Operator pose_to_hom_mat3d erhält man die der 3D-Lage entsprechende homogene Transformationsmatrix. Gemäß der Standard-Definition ist dies die folgende Transformationsmatrix, welche in zwei separate Matrizen aufgespaltet werden kann, eine für die Translation ($\mathbf{H}(\mathbf{T})$) und eine für die Rotation ($\mathbf{H}(\mathbf{R})$):

$$\mathbf{H}_{pose} = \begin{bmatrix} \mathbf{R} & \mathbf{T} \\ 0\,0\,0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{R}(\texttt{RotX},\texttt{RotY},\texttt{RotZ}) & \begin{matrix}\texttt{TransX}\\ \texttt{TransY}\\ \texttt{TransZ}\end{matrix} \\ 0\quad 0\quad 0 & 1 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \texttt{TransX} \\ 0 & 1 & 0 & \texttt{TransY} \\ 0 & 0 & 1 & \texttt{TransZ} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{R}(\texttt{RotX},\texttt{RotY},\texttt{RotZ}) & \begin{matrix}0\\0\\0\end{matrix} \\ 0\quad 0\quad 0 & 1 \end{bmatrix} = \mathbf{H}(\mathbf{T}) \cdot \mathbf{H}(\mathbf{R})$$

Koordinatentransformation

Die folgende Gleichung zeigt, wie ein Punkt mit Hilfe einer 3D-Lage (bzw. der entsprechenden homogenen Transformationsmatrix ${}^{cs2}\mathbf{H}_{cs1}$) von Koordinatensystem 1 (*cs*1) in Koordinatensystem 2 (*cs*2) transformiert werden kann (Ein- und Ausgabepunkte als homogene Vektoren dargestellt, vgl. affine_trans_point_3d). Beachten Sie, dass zur Transformation von *cs*1 in *cs*2 die homogene Transformationsmatrix verwendet wird, die die 3D-Lage von *cs*1 relativ zu *cs*2 beschreibt:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{p}^{cs2} \\ 1 \end{pmatrix} = {}^{cs2}\mathbf{H}_{cs1} \cdot \begin{pmatrix} \mathbf{p}^{cs1} \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{R}(\texttt{RotX},\texttt{RotY},\texttt{RotZ}) \cdot \mathbf{p}^{cs1} + \begin{pmatrix} \texttt{TransX} \\ \texttt{TransY} \\ \texttt{TransZ} \end{pmatrix} \\ 1 \end{pmatrix}$$

Die Gleichung entspricht der folgenden Sequenz von Operatoraufrufen:

```
pose_to_hom_mat3d(PoseOf1In2, HomMat3DFrom1In2)
affine_trans_point_3d(HomMat3DFrom1In2, P1X, P1Y, P1Z, P2X, P2Y,
P2Z)
```

Nicht dem Standard entsprechende Darstellungen von 3D-Lagen

Bisher wurde die Standard-Definition von 3D-Lagen beschrieben. Um diese zu erzeugen, übergibt man in den Parametern OrderOfTransform und ViewOfTransform die (Standard-)Werte *'Rp+T'* bzw. *'point'*. Für andere Werte werden nicht dem Standard entsprechende Typen von 3D-Lagen erzeugt, die kurz im Folgenden beschrieben werden. Bitte beachten Sie, dass diese Darstellungstypen nur zur Abwärtskompatibilität unterstützt werden; wir empfehlen nachdrücklich, die Standard-Typen zu verwenden.

Wenn *'R(p-T)'* in OrderOfTransform übergeben wird, entspricht die erzeugte 3D-Lage der folgenden Transformationskette, d.h. die Reihenfolge von Translation und Rotation ist vertauscht und die Translation ist negiert:

$$\mathbf{H}_{R(p-T)} = \begin{bmatrix} \mathbf{R}(\texttt{RotX},\texttt{RotY},\texttt{RotZ}) & \begin{matrix}0\\0\\0\end{matrix} \\ 0\quad 0\quad 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -\texttt{TransX} \\ 0 & 1 & 0 & -\texttt{TransY} \\ 0 & 0 & 1 & -\texttt{TransZ} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \mathbf{H}(\mathbf{R}) \cdot \mathbf{H}(-\mathbf{T})$$

Wenn in *'coordinate_system'* in ViewOfTransform übergeben wird, bleibt die Reihenfolge der Transformationen gleich, aber die Rotationswinkel werden negiert. Bitte beachten Sie, dass dies nicht der Transformation eines Koordinatensystems entspricht, auch wenn der Parameterwert dies suggeriert!

$$\mathbf{H}_{coordinate_system} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \texttt{TransX} \\ 0 & 1 & 0 & \texttt{TransY} \\ 0 & 0 & 1 & \texttt{TransZ} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{R}(-\texttt{RotX}, -\texttt{RotY}, -\texttt{RotZ}) & & & 0 \\ & & & 0 \\ & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Zurückgelieferte Datenstruktur

Die erzeugte 3D-Lage wird in `Pose` zurückgeliefert, in Form eines Tupels mit sieben Elementen. Die ersten drei Elemente enthalten die Translationsparameter `TransX`, `TransY` und `TransZ`, gefolgt von den Rotationsparametern `RotX`, `RotY` und `RotZ`. Das letzte Element kodiert den Darstellungstyp der 3D-Lage, der mit den Parametern `OrderOfTransform`, `OrderOfRotation` und `ViewOfTransform` gewählt wurde. Die folgende Tabelle listet die möglichen Kombinationen. Wie schon erwähnt empfehlen wir, nur die Typen mit `OrderOfTransform` = *'Rp+T'* und `ViewOfTransform` = *'point'* zu verwenden (Codes 0, 2 und 4).

OrderOfTransform	OrderOfRotation	ViewOfTransform	Code
'Rp+T'	*'gba'*	*'point'*	0
'Rp+T'	*'abg'*	*'point'*	2
'Rp+T'	*'rodriguez'*	*'point'*	4
'Rp+T'	*'gba'*	*'coordinate_system'*	1
'Rp+T'	*'abg'*	*'coordinate_system'*	3
'Rp+T'	*'rodriguez'*	*'coordinate_system'*	5
'R(p-T)'	*'gba'*	*'point'*	8
'R(p-T)'	*'abg'*	*'point'*	10
'R(p-T)'	*'rodriguez'*	*'point'*	12
'R(p-T)'	*'gba'*	*'coordinate_system'*	9
'R(p-T)'	*'abg'*	*'coordinate_system'*	11
'R(p-T)'	*'rodriguez'*	*'coordinate_system'*	13

3D-Lagen können mit `convert_pose_type` in andere Darstellungstypen konvertiert werden; mit `get_pose_type` kann der Darstellungstyp einer 3D-Lage abgefragt werden.

Parameter

▷ **TransX** (input_control) . . . real ⇝ *real*
Translation in Richtung der x-Achse (in [m]).
Default: 0.1
Wertevorschläge: `TransX` ∈ {-1.0, -0.75, -0.5, -0.25, -0.2, -0.1, -0.5, -0.25, -0.125, -0.01, 0.0, 0.01, 0.125, 0.25, 0.5, 0.1, 0.2, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0}

▷ **TransY** (input_control) . . . real ⇝ *real*
Translation in Richtung der y-Achse (in [m]).
Default: 0.1
Wertevorschläge: `TransY` ∈ {-1.0, -0.75, -0.5, -0.25, -0.2, -0.1, -0.5, -0.25, -0.125, -0.01, 0.0, 0.01, 0.125, 0.25, 0.5, 0.1, 0.2, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0}

▷ **TransZ** (input_control) . . . real ⇝ *real*
Translation in Richtung der z-Achse (in [m]).
Default: 0.1
Wertevorschläge: `TransZ` ∈ {-1.0, -0.75, -0.5, -0.25, -0.2, -0.1, -0.5, -0.25, -0.125, -0.01, 0.0, 0.01, 0.125, 0.25, 0.5, 0.1, 0.2, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0}

▷ **RotX** (input_control) . . . real ⇝ *real*
Rotation um x-Achse bzw. x-Komponente des Rodriguez-Vektors (in [°] bzw. ohne Einheit).
Default: 90.0
Wertevorschläge: `RotX` ∈ {0.0, 90.0, 180.0, 270.0}
Wertebereich: 0 ≤ `RotX` ≤ 360

▷ **RotY** (input_control) . . . real ⇝ *real*
Rotation um y-Achse bzw. y-Komponente des Rodriguez-Vektors (in [°] bzw. ohne Einheit).
Default: 90.0
Wertevorschläge: `RotY` ∈ {0.0, 90.0, 180.0, 270.0}
Wertebereich: 0 ≤ `RotY` ≤ 360

▷ **RotZ** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Rotation um z-Achse bzw. z-Komponente des Rodriguez-Vektors (in [°] bzw. ohne Einheit).
Default: 90.0
Wertevorschläge: RotZ ∈ {0.0, 90.0, 180.0, 270.0}
Wertebereich: 0 ≤ RotZ ≤ 360

▷ **OrderOfTransform** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Reihenfolge von Rotation und Translation.
Default: 'Rp+T'
Wertevorschläge: OrderOfTransform ∈ {'Rp+T', 'R(p-T)'}

▷ **OrderOfRotation** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Bedeutung der Rotationswerte.
Default: 'gba'
Wertevorschläge: OrderOfRotation ∈ {'gba', 'abg', 'rodriguez'}

▷ **ViewOfTransform** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Sichtweise der Transformation.
Default: 'point'
Wertevorschläge: ViewOfTransform ∈ {'point', 'coordinate_system'}

▷ **Pose** (output_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
3D-Lage (Pose).
Parameteranzahl: 7

Beispiel

```
* Create a pose.
create_pose (0.1, 0.2, 0.3, 40, 50, 60, 'Rp+T', 'gba', 'point', Pose)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert create_pose den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

pose_to_hom_mat3d, write_pose, camera_calibration, hand_eye_calibration

Alternativen

read_pose, hom_mat3d_to_pose

Siehe auch

hom_mat3d_rotate, hom_mat3d_translate, convert_pose_type, get_pose_type, hom_mat3d_to_pose, pose_to_hom_mat3d, write_pose, read_pose

Modul

Foundation

deserialize_pose (: : SerializedItemHandle : Pose)

Deserialisieren einer serialisierten 3D-Lage (Pose).

deserialize_pose deserialisiert eine 3D-Lage (Pose), welche mit serialize_pose serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Die serialisierte Pose wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in einer dafür automatisch erzeugten Pose mit dem Handle Pose gespeichert.

Parameter

▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

▷ **Pose** (output_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
3D-Lage (Pose).
Parameteranzahl: 7

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_pose` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_pose`

Modul

Foundation

dual_quat_to_pose (: : DualQuaternion : Pose)

Umwandeln einer dualen Quaternion in eine entsprechende 3D-Lage.

Der Operator `dual_quat_to_pose` wandelt die duale Quaternion `DualQuaternion` in ihre entsprechende 3D-Lage `Pose` um.

Eine kurze Einführung in duale Quaternionen, die verwendete Notation und die Beziehung zwischen dualen Quaternionen und Schraubungen findet sich in „`Solution Guide III-C - 3D Vision`".

Werden in `DualQuaternion` mehrere duale Quaternionen übergeben, so wird jede duale Quaternion eine Pose zurückgegeben.

Achtung

`dual_quat_to_pose` nimmt an, dass es sich bei `DualQuaternion` um eine duale Einheitsquaternion handelt und diese daher eine starre 3D-Abbildung darstellt. Andernfalls ist eine Umwandlung in eine Pose nicht sinnvoll möglich.

Parameter

▷ **DualQuaternion** (input_control) . . . . . dual_quaternion(-array) ⇝ *real*
Duale Einheitsquaternion.

▷ **Pose** (output_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
3D-Lage.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`dual_quat_compose`, `dual_quat_interpolate`, `screw_to_dual_quat`, `dual_quat_conjugate`

Nachfolger

`camera_calibration`, `hand_eye_calibration`, `write_pose`, `disp_caltab`, `sim_caltab`

Alternativen

`dual_quat_to_screw`, `dual_quat_to_hom_mat3d`

Siehe auch

pose_to_dual_quat, dual_quat_normalize, serialize_dual_quat, deserialize_dual_quat, dual_quat_trans_line_3d, dual_quat_trans_point_3d, quat_to_pose

Modul

Foundation

get_circle_pose (Contour : : CameraParam, Radius, OutputType : Pose1, Pose2)

Bestimmen der 3D-Lage (Pose) eines Kreises aus seiner perspektivischen Projektion in 2D.

Jede Ellipse im Bild kann als die perspektivische Projektion eines Kreises interpretiert werden. Tatsächlich existieren für einen vorgegebenen Radius des Kreises zwei unterschiedlich orientierte Kreise im Raum, die dieselbe Projektion zur Folge haben. get_circle_pose bestimmt die 3D-Positionen und -Orientierungen dieser beiden Kreise. Zuerst wird jede Contour durch eine Ellipse approximiert. Dann werden, basierend auf den internen Kameraparametern (CameraParam) und dem Radius des Kreises in 3D (Radius), die 3D-Positionen und -Orientierungen (Pose1,Pose2) in Kamerakoordinaten bestimmt.

In Abhängigkeit vom Wert des Parameters OutputType werden Position und Orientierung als 3D-Lage (Pose) (OutputType = *'pose'*) oder in Form des Mittelpunktes des Kreises und des Normalenvektors der Ebene, in der der Kreis liegt (OutputType = *'center_normal'*), zurückgegeben. Im ersteren Fall wird der Winkel für die Rotation um die z-Achse auf Null gesetzt, da er nicht bestimmt werden kann. Im letzteren Fall enthalten die ersten drei Elemente der Ausgabeparameter Pose1 und Pose2 jeweils die Kamerakoordinaten des Mittelpunktes. Die folgenden drei Elemente enthalten den Normalenvektor. Der Normalenvektor ist normalisiert und zeigt auf die Seite der Ebene, die das Projektionszentrum, also den Ursprung des Kamerakoordinatensystems, nicht enthält. Ist der Parameter OutputType auf den Wert *'center_normal'* gesetzt, enthalten die Ausgabeparameter Pose1 und Pose2 nur jeweils sechs Elemente, die die Position und die Orientierung der Kreise beschreiben. Ist hingegen OutputType = *'pose'*, enthalten die Ausgabeparameter Pose1 und Pose2 jeweils die sieben Elemente der Pose.

Wird mehr als eine Kontur in Contour übergeben, muss in Radius entweder ein Tupel übergeben werden, das für jede Kontur einen Wert enthält, oder Radius enthält nur einen Wert, der dann für alle Konturen verwendet wird. Die Ausgabeparameter Pose1 und Pose2 enthalten die Posen bzw. die Positionen und Orientierungen hintereinander, d.h. Pose1 und Pose2 enthalten zuerst die Pose bzw. die Position und den Normalenvektor für die erste Kontur, dann die Werte für die zweite Kontur, usw.

Achtung

Die Genauigkeit der Posen hängt stark von der Genauigkeit der extrahierten Konturen ab. Die Extraktion von gekrümmten Kanten mit relativ großen Filtermasken hat zur Folge, dass die Kantenposition leicht verschoben wird. Kantenextraktionsverfahren, die auf der ersten Ableitung der Bildfunktion basieren (z.B. edges_sub_pix) verschieben die Kantenposition in Richtung des Krümmungsmittelpunkts, d.h. extrahierte Ellipsen werden geringfügig kleiner. Extraktionsverfahren, die auf der zweiten Ableitung der Bildfunktion basieren (laplace_of_gauss gefolgt von zero_crossing_sub_pix), verschieben die Kantenposition vom Krümmungsmittelpunkt weg, d.h. extrahierte Ellipsen werden geringfügig größer.

Diese Effekte sind umso stärker, je stärker die Kante gekrümmt ist und je größer die verwendete Filtermaske ist. Um hohe Genauigkeiten erzielen zu können, sollten daher die Ellipsen im Bild groß sein und der Filterparameter sollte so gewählt werden, dass kleine Filtermasken verwendet werden (siehe info_edges).

Parameter

▷ **Contour** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Konturen.

▷ **CameraParam** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
Interne Kameraparameter.

▷ **Radius** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
Radius des Kreises im Objektraum.
Parameteranzahl: Radius == Contour || Radius == 1
Restriktion: Radius > 0.0

▷ **OutputType** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Typ der Rückgabewerte.
Default: 'pose'
Werteliste: `OutputType` ∈ {'pose', 'center_normal'}

▷ **Pose1** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real* / integer
3D-Lage (Pose) des ersten Kreises.
Parameteranzahl: Pose1 == 7 * Contour || Pose1 == 6 * Contour

▷ **Pose2** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real* / integer
3D-Lage (Pose) des zweiten Kreises.
Parameteranzahl: Pose2 == 7 * Contour || Pose2 == 6 * Contour

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und konnte die Position des Kreises bestimmt werden, dann liefert `get_circle_pose` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`edges_sub_pix`

Alternativen

`find_marks_and_pose`, `camera_calibration`

Siehe auch

`get_rectangle_pose`, `fit_ellipse_contour_xld`

Modul

3D Metrology

get_pose_type (: : Pose : OrderOfTransform, OrderOfRotation, ViewOfTransform)

Abfragen des Darstellungstyps einer 3D-Lage (Pose).

Mit `get_pose_type` wird der Darstellungstyp der 3D-Lage `Pose` abgefragt. Siehe `create_pose` für eine detaillierte Beschreibung von 3D-Lagen, ihren Darstellungstypen und die Bedeutung der Parameter `OrderOfTransform`, `OrderOfRotation` und `ViewOfTransform`.

Parameter

▷ **Pose** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
3D-Lage (Pose).
Parameteranzahl: 7

▷ **OrderOfTransform** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
Reihenfolge von Rotation und Translation.

▷ **OrderOfRotation** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
Bedeutung der Rotationswerte.

▷ **ViewOfTransform** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
Sichtweise der Transformation.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_pose_type` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_pose, hom_mat3d_to_pose, camera_calibration, hand_eye_calibration

Nachfolger

convert_pose_type

Siehe auch

create_pose, convert_pose_type, write_pose, read_pose

Modul

Foundation

```
get_rectangle_pose ( Contour : : CameraParam, Width, Height,
    WeightingMode, ClippingFactor : Pose, CovPose, Error )
```

Bestimmen der 3D-Lage (Pose) eines Rechtecks aus seiner perspektivischen Projektion in 2D.

Ein Rechteck im Raum wird als ein allgemeines Viereck in Bild projiziert. get_rectangle_pose bestimmt die 3D-Lage (Pose) des Rechtecks aus seiner Projektionskontur (Contour).

Der Algorithmus arbeitet auf folgende Weise: Erst wird die Kontur in vier Linien segmentiert und ihre Schnittpunkte werden als Eckpunkte der Kontur genommen. Die Eckpunkte, die internen Kameraparameter (CameraParam) und die Größe des Rechtecks in Meter(Width, Height) werden für die Bestimmung der Initialpose verwendet. Die Pose wird zum Schluss durch eine nichtlineare Optimierung verfeinert, wobei der Abstand von den Konturpunkten zu der Wiederprojektion des Rechtecks im Bild minimiert wird.

Der Operator unterstützt nur (projektive) Lochkamera mit Flächensensor. Falls CameraParam eine Lochkamera mit Zeilensensor oder eine telezentrische Kamera darstellt (siehe Kalibrierung), wird ein Fehler geliefert.

Width und Height beschreiben die Größe des Rechtecks in $X-$ bzw. $Y-$Richtung in seinem Koordinatensystem. Der Ursprung dieses Koordinatensystem liegt in dem Mittelpunkt des Rechtecks. Die $Z-$Achse zeigt weg von der Kamera.

Die Parameter WeightingMode und ClippingFactor können verwendet werden, um die Einwirkung von Ausreißern im Algorithmus zu vermindern. Wenn WeightingMode auf *'tukey'* oder *'huber'* gesetzt ist, werden die Konturpunkte nach den Verfahren von Tukey bzw. Huber gewichtet. In diesem Fall wird die Standardabweichung der Abstände der Konturpunkte zu dem rückprojizierten Rechteck durch robuste Fehlerstatistik bestimmt. Der Parameter ClippingFactor (Skalierungsfaktor für die Standardabweichung) kontrolliert das Dämpfen von Ausreißern: Je kleiner der Wert von ClippingFactor ist, desto mehr Ausreißer werden erkannt. Siehe fit_line_contour_xld für eine Diskussion über die Eigenschaften der verschiedenen Verfahren. Bitte beachten Sie, dass hier, zum Unterschied von fit_line_contour_xld, das Verfahren von Huber empfohlen wird.

Ausgabe

Die gelieferte Pose hat Code 0 (siehe create_pose) und stellt die Position des Mittelpunkts des Rechtecks dar. Die Positionen der Eckpunkte des Rechtecks kann man wie folgt berechnen:

```
set_origin_pose(Pose, Width/2, -Height/2, 0, PoseCorner1)
set_origin_pose(Pose, Width/2, Height/2, 0, PoseCorner2)
set_origin_pose(Pose, -Width/2, Height/2, 0, PoseCorner3)
set_origin_pose(Pose, -Width/2, -Height/2, 0, PoseCorner4)
```

Ein Rechteck ist symmetrisch um seine X-, Y- und Z-Achse und deswegen kann eine viereckige Kontur ein Rechteck in 4 verschiedenen Posen darstellen. Die Winkel in Pose sind normalisiert, so dass sie in dem Intervall $[-90; 90]$ Grad liegen. Die 3 verbliebenen möglichen Posen können durch eine Kombination von Umdrehungen, die von den folgenden Formel dargestellt sind, berechnet werden:

```
* Achtung: Der folgende Code gilt nur für Posen mit Code 0,
* wie von get_rectangle_pose zurückgeliefert
*
* flip around z-axis
PoseFlippedZ := Pose
PoseFlippedZ[5] := PoseFlippedZ[5]+180
* flip around y-axis
PoseFlippedY := Pose
PoseFlippedY[4] := PoseFlippedY[4]+180
PoseFlippedY[5] := -PoseFlippedY[5]
* flip around x-axis
PoseFlippedX := Pose
PoseFlippedX[3] := PoseFlippedX[3]+180
PoseFlippedX[4] := -PoseFlippedX[4]
PoseFlippedX[5] := -PoseFlippedX[5]
```

Wenn das Rechteck ein Quadrat ist (`Width` == `Height`), dann ist die Anzahl der möglichen Posen 8.

Wenn mehr als eine Kontur in `Contour` übergeben wird, dann muss ein entsprechend großes Tupel von Werten auch in `Width` und bzw. `Height` übergeben werden. Wird nur ein Wert für jeweils beide Parameter übergeben, wird dieser Wert für alle verarbeiteten Konturen verwendet. Für jede Kontur wird eine Pose bestimmt und alle in `Pose` hintereinander gehängt zurückgeliefert (siehe das Beispiel).

Genauigkeit der Pose

Die Genauigkeit der berechneten `Pose` hängt von den folgenden Faktoren ab:

- Seitenverhältnis `Width`/`Height`
- Länge der projizierten Kontur
- Grad der perspektivische Verzerrung

Um eine genaue Pose berechnen zu können, gibt es drei entsprechende Kriterien:

Erstens sollte das **Seitenverhältnis** `Width`/`Height` die folgenden Beschränkungen erfüllen:

$$\frac{1}{3} < \texttt{Width}/\texttt{Height} < 3$$

Hat das Rechteck ein von dieser Regel abweichendes Seitenverhältnis, dominieren seine längere Seite die Posenbestimmung. Dabei entsteht eine Instabilität bei der Bestimmung des Winkels um die längere Achse des Rechtecks. Im Extremfall, in dem eine der Dimensionen des Rechtecks gleich 0 ist, ist das Rechteck ein Liniensegment und seine Lage kann nicht bestimmt werden.

Zweitens muss jede **Konturseite mindestens 20 Pixel lang** sein. Falls eine Seite weniger als 5 Pixel lang ist, wird ein Fehler geliefert.

Drittens, je mehr **perspektivische Verzerrung** bei der Projektion der Kontur auftritt, desto stabiler arbeitet der Algorithmus. Deswegen kann die Pose eines gekippten Rechtecks besser bestimmt werden als die Pose eines parallel zur Bildebene liegenden Rechtecks. Das wird weiter im nächsten Absatz diskutiert. Außerdem gilt die Faustregel, dass das Rechteck so im Raum positioniert sein soll, dass seine Größe in $X-$ und $Y-$Kamerakoordinate nicht kleiner als 1/10tel seines Abstands von der Kamera in $Z-$Richtung sein darf.

`get_rectangle_pose` liefert zwei Maße für die Genauigkeit der bestimmten `Pose`. `Error` ist der durchschnittliche Pixelabstand zwischen den Konturpunkten und dem rückprojizierten Rechteck. Falls `Error` den Wert von 0.5 überschreitet, hat der Algorithmus nicht richtig konvergiert. In diesem Fall sollte die gelieferte `Pose` nicht verwendet werden. `CovPose` enthält 36 Werte, die die 6×6 Kovarianzmatrix der 6 ersten Posenwerte darstellen. Die oben genannte Instabilität des Winkels um die längere Rechteckachse kann daran erkannt werden, dass die Absolutwerte der (Ko-)Varianzen der Rotationen um die X- bzw. Y-Achse größer als 0.05 sind (`CovPose`[21], `CovPose`[28], `CovPose`[22] und `CovPose`[28]). Erhöhte Werte von allen anderen Kovarianzen und insbesondere von den Varianzen (die 6 Werte auf der Diagonale von `CovPose` mit Index 0, 7, 14, 21, 28 und 35) deuten ebenfalls auf eine schlechte Qualität der bestimmten `Pose`.

Parameter

- ▷ **Contour** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Konturen.
- ▷ **CameraParam** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Interne Kameraparameter.
- ▷ **Width** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
  Breite des Rechtecks in Meter.
  Restriktion: Width > 0
- ▷ **Height** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
  Höhe des Rechtecks im Meter.
  Restriktion: Height > 0
- ▷ **WeightingMode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Gewichtungsart für die Optimierungsphase.
  Default: 'nonweighted'
  Werteliste: `WeightingMode` ∈ {'nonweighted', 'huber', 'tukey'}
- ▷ **ClippingFactor** (input_control) ..... number ⇝ *real*
  Abschnittsfaktor für das Dämpfen von Ausreißern (normalerweise: *1.0* für *'huber'* und *3.0* für *'tukey'*).
  Default: 2.0
  Wertevorschläge: `ClippingFactor` ∈ {1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0}
  Restriktion: ClippingFactor > 0
- ▷ **Pose** (output_control) ..... pose(-array) ⇝ *real* / integer
  3D-Lage (Pose) des Rechtecks
  Parameteranzahl: Pose == 7 * Contour
- ▷ **CovPose** (output_control) ..... number-array ⇝ *real*
  Kovarianzen der 6 Posenwerte.
  Parameteranzahl: CovPose == 36 * Contour
- ▷ **Error** (output_control) ..... number-array ⇝ *real*
  Durchschnittsabstand zwischen dem rückprojizierten Rechteck und der Kontur.
  Parameteranzahl: Error == Contour

Beispiel

```
* Process an image with several rectangles of the same size appearing
* as light objects.
RectWidth := 0.04
RectHeight := 0.025
gen_cam_par_area_scan_division (0.014, 830, 4.58e-006, 4.65e-006, \
                                509, 488, 800, 800, CameraParam)
read_image (Image, 'barcode/ean13/tea_box_01')
* Find light objects in the image.
mean_image (Image, ImageMean, 201, 201)
dyn_threshold (Image, ImageMean, Region, 5, 'light')
* Fill gaps in the objects.
fill_up (Region, RegionFillUp)
* Extract rectangular contours.
connection (RegionFillUp, ConnectedRegions)
select_shape (ConnectedRegions, SelectedRegions, ['area','rectangularity'], \
              'and', [50000,0.9], [640000,1])
boundary (SelectedRegions, RegionBorder, 'inner')
dilation_circle (RegionBorder, RegionDilation, 3.5)
* NOTE: for a real application, this step might require some additional
*       pre- or postprocessing.
reduce_domain (Image, RegionDilation, ImageReduced)
edges_sub_pix (ImageReduced, Edges, 'canny', 1, 20, 40)
* Get the pose of all contours found.
get_rectangle_pose (Edges, CameraParam, RectWidth, RectHeight, 'huber', 2, \
                    Poses, CovPose, Error)
NumPoses := |Poses|/7
```

```
for I := 0 to NumPoses-1 by 1
  Pose := Poses[I*7:I*7+6]
  * Use the Pose here.
  * ...
endfor
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und konnte die Position des Rechtecks bestimmt werden, dann liefert `get_rectangle_pose` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Falls die übergebene Kontur nicht wie ein Viereck segmentiert werden kann, liefert `get_rectangle_pose` den Wert H_ERR_FIT_QUADRANGLE. Gegebenenfalls wird eine weiter Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`edges_sub_pix`

Siehe auch

`get_circle_pose`, `set_origin_pose`, `camera_calibration`

Literatur

G.Schweighofer and A.Pinz: „Robust Pose Estimation from a Planar Target“; Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI), 28(12):2024-2030, 2006

Modul

3D Metrology

pose_average (: : Poses, Weights, Mode, SigmaT, SigmaR : AveragePose, Quality)

Berechnet den Mittelwert einer Menge von Posen.

`pose_average` mittelt die Rotation und die Translation der in `Poses` übergebenen Posen und liefert die gemittelte Pose in `AveragePose` zurück. Die Posen können über den Parameter `Weights` gewichtet werden. Wird ein leeres Tupel übergeben, so haben alle Posen den gleichen Einfluss und werden gleich behandelt. Andernfalls muss ein Tupel übergeben werden dessen Länge der Anzahl der Posen entspricht und welches für jede Pose ein positives Gewicht enthält. Ein höheres Gewicht entspricht einem stärkeren Einfluss der Pose auf den Mittelwert.

`pose_average` unterstützt zwei Verfahren zur Mittelung der Posen, welche über den Parameter `Mode` ausgewählt werden können. *'direct'* wählt ein direktes Lösungsverfahren, bei dem Translation und Rotation unabhängig gemittelt werden und das Ergebnis unmittelbar zurückgegeben wird. *'iterative'* verwendet die mit *'direct'* ermittelte Pose als Startwert für ein iteratives Verfahren, welches den lokalen Modus der Posen bestimmt. Das iterative Verfahren ist langsamer als das direkte Verfahren, liefert aber vor allem beim Vorhandensein von Ausreißern genauere Ergebnisse zurück. Dabei werden Posen, die von der mittleren Pose stark abweichen, geringer gewichtet.

Für das iterative Verfahren kann die relative Gewichtung der Rotation und der Translation über die Parameter `SigmaT` und `SigmaR` gesetzt werden. Jeder der beiden Werte kann auf *'auto'* gesetzt werden, wodurch er automatisch geschätzt wird. Für `SigmaT` wird dabei die Streuung der Translationen der übergebenen Posen verwendet, für `SigmaR` wird eine fester Wert verwendet. Die Werte beschreiben die erwartete Streuung der Translation bzw. Rotation. Für das direkte Verfahren werden die beiden Parameter ignoriert.

In `Quality` wird ein Maß für die Qualität der gefundenen Pose zurückgegeben. `Quality` ist stets ein vierelementiges Tupel, welches die mittlere und maximale Abweichung der Translation und Rotation der gemittelten Pose von den übergebenen Posen zurückgibt. Die Rotation wird dabei in Grad angegeben. Die Reihenfolge der Werte ist: Mittlerer quadratischer Translationsfehler, mittlerer quadratischer Rotationsfehler, maximale Translations- und maximale Rotationsabweichung. Evtl. in `Weights` übergebene Gewichte der Posen werden für die mittlere quadratische Translations- und Rotationsfehler berücksichtigt, aber nicht für die andere zwei Werte des Qualitätsschätzers.

Parameter

▷ **Poses** (input_control) . . . . . pose-array ⇝ *integer*
Liste von Posen deren Mittelwert berechnet wird.

▷ **Weights** (input_control) . . . . . number-array ⇝ *real* / integer
Gewichte der Posen, oder ein leeres Tupel.
Default: []
Restriktion: Weights > 0 && length(Weights) == 0 || length(Weights) == length(Poses) / 7

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Mittelwertbildung.
Default: 'iterative'
Werteliste: `Mode` ∈ {'direct', 'iterative'}

▷ **SigmaT** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer / string
Gewicht der Translation.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `SigmaT` ∈ {'auto', 0.1, 1, 100}

▷ **SigmaR** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer / string
Gewicht der Rotation.
Default: 'auto'
Wertevorschläge: `SigmaR` ∈ {'auto', 0.1, 1, 10}

▷ **AveragePose** (output_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Gewichteter Mittelwert der Posen.

▷ **Quality** (output_control) . . . . . number-array ⇝ *real*
Abweichung des Mittelwerts von den Eingabeposen.
Zusicherung: length(Quality) == 4

Ergebnis

Sind alle Parameter gültig, dann liefert `pose_average` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_pose`, `hom_mat3d_to_pose`

Siehe auch

`read_pose`, `hom_mat3d_to_pose`, `pose_to_hom_mat3d`

Modul

Foundation

pose_compose (: : PoseLeft, PoseRight : PoseCompose)

Komposition von 3D-Lagen aus zwei Tupeln.

`pose_compose` verbindet jeweils zwei Posen aus den Eingabetupeln `PoseLeft` und `PoseRight`. Falls beide Tupel dieselbe Anzahl Posen enthalten, werden die entsprechenden Posen der beiden Tupel multipliziert. Ansonsten darf entweder `PoseLeft` oder `PoseRight` nur eine Pose enthalten. In diesem Fall wird die Multiplikation für jede Pose des längeren Tupels mit der einzigen Pose des anderen Tupels ausgeführt. Für jede Komposition sind die Posen als Transformationen von Koordinatensystemen zu verstehen. Jede Pose in Ausgabetupel `PoseCompose` ist folglich das Ergebnis der sequentiellen Anwendung der entsprechenden Posen der Eingabetupel `PoseLeft` und `PoseRight`.

Dazu werden zunächst die zu verbindenden Posen aus `PoseLeft` und `PoseRight` in die entsprechenden homogenen Transformationsmatrizen $\mathbf{H}_1$ und $\mathbf{H}_2$ umgewandelt. Dann wird $\mathbf{H}_1$ mit $\mathbf{H}_2$ multipliziert. Die resultierende Matrix $\mathbf{H}_1 \cdot \mathbf{H}_2$ wird dann in eine Pose umgerechnet und an entsprechender Stelle im Ausgabetupel `PoseCompose` zurückgegeben.

Falls die zu verbindenden Posen aus PoseLeft und PoseRight verschiedene Posentypen haben, hat die Ergebnispose den Type 0 ('Rp+T', 'gba', 'point'). Andernfalls hat die Ergebnispose den gleichen Typ wie die Eingangsposen.

Parameter

▷ **PoseLeft** (input_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
Tupel der linken Posen.

▷ **PoseRight** (input_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
Tupel der rechten Posen.

▷ **PoseCompose** (output_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
Tupel der Ausgabeposen.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert pose_compose den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Exception-Behandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_pose, hom_mat3d_to_pose, create_pose, convert_pose_type, pose_invert

Nachfolger

convert_pose_type

Alternativen

hom_mat3d_compose, dual_quat_compose

Siehe auch

pose_to_hom_mat3d, hom_mat3d_to_pose, hom_mat3d_compose

Modul

Foundation

pose_invert (: : Pose : PoseInvert)

Invertierung von als Tupel gegebenen 3D-Lagen.

pose_invert invertiert die Posen des Tupels Pose. Hierzu wird jede Pose in die entsprechende homogene Transformationsmatrix $\mathbf{H}$ umgewandelt und diese wird invertiert. Die resultierende Matrix wird dann in eine Pose umgerechnet. Diese wird an der entsprechenden Stelle im Tupel PoseInvert zurückgegeben. Die zurückgegebenen Poses haben die gleichen Typen wie die Originalposen.

Parameter

▷ **Pose** (input_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
Tupel von 3D-Lagen.

▷ **PoseInvert** (output_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
Tupel von invertierten 3D-Lage.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert pose_invert den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Exception-Behandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_pose, hom_mat3d_to_pose, create_pose, convert_pose_type, pose_compose

Nachfolger

convert_pose_type

Alternativen

hom_mat3d_invert, dual_quat_conjugate

Siehe auch

pose_to_hom_mat3d, hom_mat3d_to_pose

Modul

Foundation

pose_to_dual_quat (: : Pose : DualQuaternion)

Umwandeln einer 3D-Lage in eine entsprechende duale Einheitsquaternion.

Der Operator pose_to_dual_quat wandelt die Pose in ihre entsprechende duale Einheitsquaternion DualQuaternion um.

Eine kurze Einführung in duale Quaternionen, die verwendete Notation und die Beziehung zwischen dualen Quaternionen und Schraubungen findet sich in „Solution Guide III-C - 3D Vision".

Da $\hat{q}$ und $-\hat{q}$ die selbe starre 3D-Abbildung repräsentieren, wird das Vorzeichen der resultierenden dualen Quaternion DualQuaternion so gewählt, dass der Skalarteil ihres Realteils ≥ 0 ist.

Werden in Pose mehrere Posen übergeben, so wird jede Pose eine duale Quaternion zurückgegeben.

Parameter

- ▷ **Pose** (input_control) ..... pose(-array) ⇝ *real* / integer
  3D-Lage.
- ▷ **DualQuaternion** (output_control) ..... dual_quaternion(-array) ⇝ *real*
  Duale Einheitsquaternion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_pose, read_pose

Nachfolger

dual_quat_compose, dual_quat_interpolate, dual_quat_to_screw, dual_quat_conjugate

Alternativen

pose_to_hom_mat3d, screw_to_dual_quat

Siehe auch

dual_quat_to_hom_mat3d, dual_quat_to_pose, dual_quat_normalize, serialize_dual_quat, deserialize_dual_quat, dual_quat_trans_line_3d, dual_quat_trans_point_3d, pose_to_quat

Modul

Foundation

pose_to_quat (: : Pose : Quaternion)

Wandelt die Rotation einer 3D-Lage in eine entsprechende Quaternion um.

Der Operator quat_to_pose wandelt die Rotation der 3D-Lage Pose in die entsprechende Quaternion Quaternion um. Die Translation von Pose wird ignoriert. Werden in Pose mehrere Posen übergeben, so wird für jede davon eine Quaternion erzeugt.

Parameter

▷ **Pose** (input_control) . . . . . pose(-array) ⇝ *real* / integer
3D-Lage.

▷ **Quaternion** (output_control) . . . . . quaternion(-array) ⇝ *real*
Rotationsquaternion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_pose, read_pose

Nachfolger

quat_compose, quat_rotate_point_3d, quat_interpolate

Alternativen

axis_angle_to_quat

Siehe auch

quat_to_pose, quat_to_hom_mat3d, quat_compose, quat_rotate_point_3d, pose_to_dual_quat

Modul

Foundation

proj_hom_mat2d_to_pose (: : Homography, CameraMatrix, Method : Pose)

Berechnen einer Pose anhand der Homographie von Weltkoordinaten zu Bildkoordinaten.

proj_hom_mat2d_to_pose berechnet eine Pose anhand der Homography von 2D-Weltkoordinaten (Einheit Meter) zu 2D Bildkoordinaten. Die Homography kann z.B. durch Verwendung von vector_to_proj_hom_mat2d erstellt werden und darf keinesfalls mit Homographien aus 2D Matching Operatoren (z.B. find_uncalib_descriptor_model) verwechselt werden. Zur Berechnung der Pose ist eine Kameramatrix (z.B. aus cam_par_to_cam_mat) nötig, die in CameraMatrix übergeben wird. Durch den Parameter Method kann gewählt werden, welches Vorgehen zur Berechnung der Pose verwendet wird. Im Augenblick werden eine direkte Zerlegung (Method = 'decomposition') und eine auf Singulärwertzerlegung basierende (Method = 'decomposition_svd') unterstützt. Die direkte Zerlegung ('decomposition') liefert aufgrund numerischer Gründe im Allgemeinen robustere Ergebnisse.

Die Abfolge von Aufrufen der Operatoren vector_to_proj_hom_mat2d und proj_hom_mat2d_to_pose ist vector_to_pose für 2D Objekte ähnlich. Jedoch ist hier keine Verfeinerung aufgrund von Redundanz möglich.

Parameter

▷ **Homography** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Die Homographie zwischen Welt- und Bildkoordinaten.

▷ **CameraMatrix** (input_control) . . . . . hom_mat2d ⇝ *real*
Die Kamera Kalibriermatrix K.

▷ **Method** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Posenberechnung.
Default: 'decomposition'
Werteliste: Method ∈ {'decomposition', 'decomposition_svd'}

▷ **Pose** (output_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Pose des 2D-Objekts.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `proj_hom_mat2d_to_pose` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`image_points_to_world_plane`, `vector_to_proj_hom_mat2d`

Siehe auch

`vector_to_proj_hom_mat2d`, `image_points_to_world_plane`, `vector_to_pose`, `camera_calibration`

Modul

Calibration

quat_to_pose (: : Quaternion : Pose)

Wandelt eine Quaternion in die entsprechende 3D-Lage um.

Der Operator `quat_to_pose` wandelt die Eingabequaternion `Quaternion` in deren entsprechende 3D-Lage `Pose` um. Die Translation von `Pose` ist in jedem Fall Null.

Parameter

▷ **Quaternion** (input_control) . . . . . quaternion ⇝ *real*
Rotationsquaternion.

▷ **Pose** (output_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
3D-Lage.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`axis_angle_to_quat`, `quat_compose`, `quat_conjugate`

Nachfolger

`camera_calibration`, `write_pose`, `disp_caltab`, `sim_caltab`

Siehe auch

`pose_to_quat`, `axis_angle_to_quat`, `quat_compose`, `quat_rotate_point_3d`, `quat_to_hom_mat3d`, `quat_normalize`, `dual_quat_to_pose`

Modul

Foundation

read_pose (: : PoseFile : Pose)

Lesen einer 3D-Lage (Pose) aus einer Textdatei.

`read_pose` dient zum Einlesen einer 3D-Lage `Pose` aus einer Textdatei mit dem Namen `PoseFile`. Die Dateiendung für die 3D-Lage ist in HALCON 'dat'.

Eine 3D-Lage (Pose) beschreibt eine starre 3D-Transformation, d.h. eine Transformation bestehend aus einer beliebigen Translation und Rotation, mit 6 Parametern, drei für die Translation, drei für die Rotation. Mit Hilfe eines siebten Parameters kann zwischen verschiedenen Pose-Typen unterschieden werden (siehe create_pose).

Eine solche Datei kann durch den Operator write_pose erzeugt werden und hat z.B. folgendes Aussehen:

```
\# 3D POSE PARAMETERS: rotation and translation

\# Used representation type:
f 0

\# Rotation angles [deg] or Rodriguez vector:
r -17.8134 1.83816 0.288092

\# Translation vector (x y z [m]):
t 0.280164 0.150644 1.7554
```

Parameter

▷ **PoseFile** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Dateiname der Kameraparameterdatei.
Default: 'campose.dat'
Wertevorschläge: PoseFile ∈ {'campose.dat', 'campose_initial.dat', 'campose_final.dat'}
Dateiendung: .dat

▷ **Pose** (output_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
3D-Lage (Pose).
Parameteranzahl: 7

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und konnte die Datei erfolgreich gelesen werden, dann liefert read_pose den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_cam_par

Nachfolger

pose_to_hom_mat3d, camera_calibration, disp_caltab, sim_caltab

Siehe auch

create_pose, find_marks_and_pose, camera_calibration, disp_caltab, sim_caltab, write_pose, pose_to_hom_mat3d, hom_mat3d_to_pose

Modul

Foundation

serialize_pose (: : Pose : SerializedItemHandle)

Serialisieren einer 3D-Lage (Pose).

serialize_pose serialisiert die Daten einer 3D-Lage (Pose) (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Dabei werden dieselben Daten in ein serialisiertes Element überführt, die von write_pose in eine Datei geschrieben werden. Die Pose wird in dem Handle Pose übergeben. Die serialisierte Pose wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_pose wieder deserialisiert werden.

Parameter

▷ **Pose** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real / integer*
3D-Lage (Pose).
Parameteranzahl: 7

▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `serialize_pose` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`fwrite_serialized_item`, `send_serialized_item`, `deserialize_pose`

Modul

Foundation

set_origin_pose (: : PoseIn, DX, DY, DZ : PoseNewOrigin)

Verschieben des Ursprungs einer 3D-Lage (Pose).

`set_origin_pose` verschiebt den Ursprung der 3D-Lage `PoseIn` um den Vektor, der durch die Parameter `DX`, `DY` und `DZ` gegeben ist, und liefert das Ergebnis in `PoseNewOrigin` zurück. Beachten Sie, dass diese Translation relativ zum lokalen Koordinatensystem der 3D-Lage selbst durchgeführt wird. Wenn z.B. `PoseIn` die Lage eines Objekts im Kamerakoordinatensystem beschreibt, erhält man `PoseNewOrigin` durch Verschiebung des Objektkoordinatensystems um `DX` entlang seiner eigenen x-Achse (und so weiter für die anderen Achsen), und nicht entlang der x-Achse des Kamerakoordinatensystems. Dies entspricht der folgenden Transformationskette:

$$\texttt{PoseNewOrigin} = \texttt{PoseIn} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \begin{pmatrix} \texttt{DX} \\ \texttt{DY} \\ \texttt{DZ} \end{pmatrix} \\ 0 & 1 & 0 & \\ 0 & 0 & 1 & \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

`set_origin_pose` ist also eine Abkürzung für die folgende Sequenz von Operatoren:

```
pose_to_hom_mat3d(PoseIn, HomMat3DIn)
hom_mat3d_translate_local(HomMat3DIn, DX, DY, DZ,
HomMat3DNewOrigin)
hom_mat3d_to_pose(HomMat3DNewOrigin, PoseNewOrigin)
```

Eine typische Anwendung dieses Operators ist, wenn man ein Weltkoordinatensystem definiert, indem man die Standard-Kalibrierplatte auf die Messebene legt. In diesem Fall entsprechen die von `camera_calibration` zurückgelieferten externen Kameraparameter `PoseIn` einem Koordinatensystem, das über der Messebene liegt, da das Koordinatensystem der Kalibrierplatte auf deren Oberfläche liegt und die Platte eine gewisse Dicke hat. Zur Korrektur ruft man `set_origin_pose` mit dem Translationsvektor $(0,0,D)$ auf, wobei D der Dicke der Kalibrierplatte entspricht.

Parameter

▷ **PoseIn** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Ursprüngliche 3D-Lage (Pose).
Parameteranzahl: 7

▷ **DX** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Verschiebung des Ursprungs in x-Richtung.
Default: 0

▷ **DY** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Verschiebung des Ursprungs in y-Richtung.
Default: 0

▷ **DZ** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Verschiebung des Ursprungs in z-Richtung.
Default: 0

▷ **PoseNewOrigin** (output_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
Neue 3D-Lage nach Verschiebung des Ursprungs.
Parameteranzahl: 7

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `set_origin_pose` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_pose`, `hom_mat3d_to_pose`, `camera_calibration`, `hand_eye_calibration`

Nachfolger

`write_pose`, `pose_to_hom_mat3d`, `image_points_to_world_plane`, `contour_to_world_plane_xld`

Siehe auch

`hom_mat3d_translate_local`

Modul

Foundation

vector_to_pose (: : WorldX, WorldY, WorldZ, ImageRow, ImageColumn, CameraParam, Method, QualityType : Pose, Quality)

Berechnen einer absoluten Pose aus Punktkorrespondenzen von Welt- zu Bildkoordinaten.

Der Operator `vector_to_pose` berechnet eine Pose aus mindestens drei oder vier (abhängig von `Method`) Punktkorrespondenzen von 3D-Weltkoordinaten (`WorldX`, `WorldY`, `WorldZ`), gegeben in Metern, und 2D-Bildkoordinaten (`ImageRow`, `ImageColumn`), gegeben in Pixeln sowie den internen Kameraparametern (`CameraParam`). Dabei ist die Pose (die externen Kameraparameter) in der Form ${}^{ccs}\mathbf{P}_{wcs}$. Dabei steht *ccs* für das Kamerakoordinatensystem und *wcs* für das Weltkoordinatensystem, siehe auch Transformationen / Posen und „Solution Guide III-C - 3D Vision".

Parameter Method

Je nach Wahl des Parameters `Method` kann gewählt werden, welcher Algorithmus für die Berechnung der Pose verwendet werden soll.

Methoden, die für **Lochkameras mit Flächensensor** unterstützt werden:

Method	*Wann verwenden*	*Minimale Anzahl von Punktkorrespondenzen*
'analytic' [1]	Standardmethode für allgemeine Verwendung	4
'iterative' [2]	Falls nur drei oder vier Punktkorrespondenzen verwendet werden oder falls die Weltpunkte fast planar sind	3
'planar_analytic' [4]	Falls die Weltpunkte in einer horizontalen Ebene liegen (WorldZ = 0)	4

Die Zahlen in den eckigen Klammern in der oben stehenden Tabelle verweisen auf die Veröffentlichungen, auf denen die Implementierungen der entsprechenden Methoden basieren.

Methoden, die für **telezentrische Kameras mit Flächen- oder Zeilensensor** unterstützt werden:

Method	*Wann verwenden*	*Minimale Anzahl von Punktkorrespondenzen*
'telecentric' [3]	Standardmethode für allgemeine Verwendung	4
'telecentric_robust' [3]	Für sehr schlecht gestellte Punktkonfigurationen, falls Quality einen unerwartet hohen Wert besitzt	4
'telecentric_planar' [3]	Falls die Weltpunkte in einer horizontalen Ebene liegen (WorldZ = 0)	3
'telecentric_planar_robust' [3]	Für sehr schlecht gestellte Punktkonfigurationen, in denen die Weltpunkte in einer horizontalen Ebene liegen (WorldZ = 0) und für die Quality einen unerwartet hohen Wert besitzt	3

Die Zahlen in den eckigen Klammern in der oben stehenden Tabelle verweisen auf die Veröffentlichungen, auf denen die Implementierungen der entsprechenden Methoden basieren.

Methoden, die für **Lochkameras mit Zeilensensor** unterstützt werden:

Method	*Wann verwenden*	*Minimale Anzahl von Punktkorrespondenzen*
'line_scan'	Standardmethode für allgemeine Verwendung	3

Parameter CameraParam und Quality

Zur Lösung des Problems benötigen alle Algorithmen die internen Kameraparameter aus der Kamerakalibrierung, die in CameraParam übergeben werden.

Zusätzlich kann der Benutzer durch QualityType eine oder mehrere Qualitätsmaß-Bewertungen der Pose bestimmen, die mitberechnet werden. Die resultierenden Qualitätsmaße werden in Quality aneinandergehängt zurückgeliefert. Derzeit wird nur *'error'* unterstützt. Es entspricht dem quadratischen Mittelwert der Fehler in Pixeln der projizierten 3D-Weltkoordinaten.

Allgemeine Anmerkungen

Falls eine Methode für planare Weltpunkte gewählt wird, wird angenommen, dass alle Weltpunkte in der Ebene WorldZ $= 0$ liegen. Daher muss für planare Weltpunkte die z-Komponente der Weltpunkte nicht gesetzt werden (WorldZ = *[]*), da nur 2D-Korrespondenzen verwendet werden.

Für telezentrische Kameras kann offensichtlicher Weise die Translation in z-Richtung nicht bestimmt werden. Sie wird in Pose auf *0* gesetzt.

Für planare Weltpunkte und telezentrische Kameras existieren immer zwei mögliche äquivalente Posen. Diese Mehrdeutigkeit kann nur durch Zusatzwissen aufgelöst werden. vector_to_pose gibt in diesem Fall eine beliebige der zwei möglichen Lösungen zurück. Die andere Lösung kann leicht dadurch berechnet werden, dass die Werte von α und β in Pose durch $360 - \alpha$ und $360 - \beta$ ersetzt werden.

Für Lochkameras mit Zeilensensor entspricht der Aufruf von vector_to_pose folgender Operatorfolge:

```
get_line_of_sight(ImageRow, ImageColumn, CameraParam, PX, PY, PZ,
QX, QY, QZ)
points_to_pluecker_line(PX, PY, PZ, QX, QY, QZ, LX, LY, LZ, MX,
MY, MZ)
point_pluecker_line_to_hom_mat3d('rigid', WorldX, WorldY, WorldZ,
LX, LY, LZ, MX, MY, MZ, HomMat3D)
hom_mat3d_to_pose(HomMat3D, Pose)
```

Im Gegensatz zu den Methoden für andere Kameratypen wird hier der Fehler im 3D-Raum minimiert (siehe `point_pluecker_line_to_hom_mat3d`). Das Qualitätsmaß wird aber wie bei den anderen Methoden in Pixeln berechnet. Falls es unerlässlich ist, den Fehler in Pixeln zu optimieren, kann dies wie in dem Beispiel unten angegeben erreicht werden.

Achtung

Die Methode *'analytic'* erlaubt maximal 32767 Punktkorrespondenzen als Eingabe.

Parameter

- ▷ **`WorldX`** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
  X-Koordinaten der Weltpunkte.
  Parameteranzahl: WorldX >= 4
- ▷ **`WorldY`** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
  Y-Koordinaten der Weltpunkte.
  Parameteranzahl: WorldY == WorldX
- ▷ **`WorldZ`** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
  Z-Koordinaten der Weltpunkte.
  Parameteranzahl: WorldZ == WorldX || WorldZ == 0
- ▷ **`ImageRow`** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
  Zeilen-Koordinaten der Bildpunkte.
  Parameteranzahl: ImageRow == WorldX
- ▷ **`ImageColumn`** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
  Spalten-Koordinaten der Bildpunkte.
  Parameteranzahl: ImageColumn == WorldX
- ▷ **`CameraParam`** (input_control) ..... campar ⇝ *real* / integer / string
  Die internen Kameraparameter aus der Kamerakalibrierung.
- ▷ **`Method`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art des Algorithmus
  Default: 'iterative'
  Werteliste: `Method` ∈ {'iterative', 'analytic', 'planar_analytic', 'telecentric', 'telecentric_robust', 'telecentric_planar', 'telecentric_planar_robust', 'line_scan'}
- ▷ **`QualityType`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Art des mit Quality zurückgegebenen Qualitätsmaßes.
  Default: 'error'
  Werteliste: `QualityType` ∈ {'error'}
- ▷ **`Pose`** (output_control) ..... pose ⇝ *real* / integer
  Pose.
- ▷ **`Quality`** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Posenqualitätsmaß.

Beispiel

```
* Optimize the pixel error line scan cameras. We assume that the
* point correspondences (Row, Col) - (PX, PY, PZ) have already been
* computed and the internal camera parameters CamParam have already
* been calibrated.
vector_to_pose (PX, PY, PZ, Row, Col, CamParam, 'line_scan', \
                'error', PoseObjectSpace, RMS)
* Use PoseObjectSpace as the starting value for a camera calibration
* that only optimizes the pose.
```

```
create_calib_data ('calibration_object', 1, 1, CalibDataID)
set_calib_data_cam_param (CalibDataID, 0, [], CamParam)
set_calib_data_calib_object (CalibDataID, 0, [PX, PY, PZ])
set_calib_data (CalibDataID, 'camera', 0, \
                'excluded_settings', 'params')
set_calib_data_observ_points (CalibDataID, 0, 0, 0, Row, Col, \
                              'all', PoseObjectSpace)
calibrate_cameras (CalibDataID, Error)
get_calib_data (CalibDataID, 'calib_obj_pose', [0, 0], 'pose', Pose)
clear_calib_data (CalibDataID)
* As an alternative, the following one-line code can be used.
camera_calibration (PX, PY, PZ, Row, Col, CamParam, PoseObjectSpace, \
                    'pose', _, Pose, Error)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `vector_to_pose` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

`proj_hom_mat2d_to_pose`, `vector_to_rel_pose`, `camera_calibration`

Literatur

[1] Francesc Moreno-Noguer, Vincent Lepetit, and Pascal Fua: „Accurate Non-Iterative O(n) Solution to the PnP Problem“; Eleventh IEEE International Conference on Computer Vision, 2007.

[2] Gerald Schweighofer, and Axel Pinz: „Robust Pose Estimation from a Planar Target“; Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI), 28(12):2024-2030, 2006.

[3] Carsten Steger: „Algorithms for the Orthographic-*n*-Point Problem“; Journal of Mathematical Imaging and Vision, vol. 60, no. 2, pp. 246-266, 2018.

[4] Zhengyou Zhang: „A flexible new technique for camera calibration.“; Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI), 22(11):1330-1334, 2000.

Modul

Calibration

write_pose (: : Pose, PoseFile :)

Speichern einer 3D-Lage (Pose) in eine Textdatei.

`write_pose` dient zum Abspeichern einer 3D-Lage `Pose` in eine Textdatei mit dem Namen `PoseFile`. Die Dateiendung für die 3D-Lage ist in HALCON 'dat'.

Eine 3D-Lage (Pose) beschreibt eine starre 3D-Transformation, d.h. eine Transformation bestehend aus einer beliebigen Translation und Rotation, mit 6 Parametern, drei für die Translation, drei für die Rotation. Mit Hilfe eines siebten Parameters kann zwischen verschiedenen Pose-Typen unterschieden werden (siehe `create_pose`).

Eine mit `write_pose` erzeugte Datei hat z.B. folgendes Aussehen:

```
\# 3D POSE PARAMETERS: rotation and translation

\# Used representation type:
f 0

\# Rotation angles [deg] or Rodriguez vector:
r -17.8134 1.83816 0.288092
```

```
\# Translation vector (x y z [m]):
t 0.280164 0.150644 1.7554
```

Parameter

▷ **Pose** (input_control) . . . . . pose ⇝ *real* / integer
3D-Lage (Pose).
Parameteranzahl: 7

▷ **PoseFile** (input_control) . . . . . filename.write ⇝ *string*
Dateiname der Kameraparameterdatei.
Default: 'campose.dat'
Wertevorschläge: `PoseFile` ∈ {'campose.dat', 'campose_initial.dat', 'campose_final.dat'}
Dateiendung: `.dat`

Beispiel

```
* Perform hand-eye calibration.
calibrate_hand_eye (CalibDataID, Errors)
* Query the camera parameters and the poses.
get_calib_data (CalibDataID, 'camera', 0, 'params', CamParam)
* Get poses computed by the hand eye calibration.
get_calib_data (CalibDataID, 'camera', 0, 'base_in_cam_pose', BaseInCamPose)
get_calib_data (CalibDataID, 'calib_obj', 0,\
                'obj_in_tool_pose', ObjInToolPose)
* Store the camera parameters to file.
write_cam_par (CamParam, DataNameStart + 'final_campar.dat')
* Save the hand eye calibration results to file.
write_pose (BaseInCamPose, DataNameStart + 'final_pose_cam_base.dat')
write_pose (ObjInToolPose, DataNameStart + 'final_pose_tool_calplate.dat')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und konnte die Datei erfolgreich geschrieben werden, dann liefert `write_pose` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`camera_calibration`, `get_calib_data`, `hom_mat3d_to_pose`

Siehe auch

`create_pose`, `find_marks_and_pose`, `camera_calibration`, `disp_caltab`, `sim_caltab`, `read_pose`, `pose_to_hom_mat3d`, `hom_mat3d_to_pose`

Modul

Foundation

28.5 Quaternionen

`axis_angle_to_quat` `( : : AxisX, AxisY, AxisZ, Angle : Quaternion )`

Generiert eine Rotationsquaternion.

Quaternionen sind eine Erweiterung der komplexen Zahlen. Die Menge der Quaternionen ist gegeben durch $\{x_0 + x_1 * i + x_2 * j + x_3 * k | x_0, x_1, x_2, x_3 \in R\}$. In HALCON werden Quaternionen durch Tupel der Länge vier dargestellt: $[x_0, x_1, x_2, x_3]$.

Einheitsquaternionen können verwendet werden, um Rotationen zu beschreiben. Eine Quaternion ist eine Einheitsquaternion, wenn ihre Norm 1 beträgt. Eine Rotation gegen den Uhrzeigersinn um einen Einheitsvektor v (AxisX,AxisY,AxisZ) um den Winkel a (Angle) kann durch die Einheitsquaternion $q = (cos(a/2), sin(a/2)v)$ beschrieben werden.

Der Operator axis_angle_to_quat kann genutzt werden, um solch eine Quaternion zu erzeugen. Um einen Punkt mittels Quaternion zu rotieren, kann der Operator quat_rotate_point_3d verwendet werden.

Zwei Rotation können mit quat_compose multipliziert werden. Außerdem können Rotationsquaternionen dazu verwendet werden, in set_paint die Orientierung des 3D-Plots zu bestimmen.

Achtung

Der Operator axis_angle_to_quat überprüft nicht, ob der Vektor (AxisX, AxisY, AxisZ) ein Einheitsvektor ist (d.h. Länge 1 hat). Falls dies nicht der Fall ist, ist Quaternion keine gültige Rotationsquaternion.

Parameter

- ▷ **AxisX** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
  X-Komponente der Rotationsachse.
- ▷ **AxisY** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
  Y-Komponente der Rotationsachse.
- ▷ **AxisZ** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
  Z-Komponente der Rotationsachse.
- ▷ **Angle** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
  Rotationswinkel im Bogenmaß.
- ▷ **Quaternion** (output_control) ..... quaternion ⇝ *real* / integer
  Rotationsquaternion.

Beispiel

```
** Normalize a vector and create a rotation quaternion
Length := sqrt(AxisX*AxisX+AxisY*AxisY+AxisZ*AxisZ)
AxisX := AxisX/Length
AxisY := AxisY/Length
AxisZ := AxisZ/Length
axis_angle_to_quat (AxisX, AxisY, AxisZ, rad(90), Quaternion)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

quat_to_hom_mat3d, quat_to_pose, quat_rotate_point_3d, quat_compose

Siehe auch

quat_normalize, quat_conjugate, quat_interpolate, screw_to_dual_quat

Modul

Foundation

deserialize_quat (: : SerializedItemHandle : Quaternion)

Deserialisieren einer serialisierten Quaternion.

deserialize_quat deserialisiert eine Quaternion, welche mit serialize_quat serialisiert wurde (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Die serialisierte Quaternion wird in dem Handle SerializedItemHandle übergeben. Die deserialisierten Werte werden in Quaternion gespeichert.

Parameter

- ▷ **SerializedItemHandle** (input_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.
- ▷ **Quaternion** (output_control) . . . . . quaternion ⇝ *real* / integer
  Quaternion.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `deserialize_quat` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fread_serialized_item`, `receive_serialized_item`, `serialize_quat`

Nachfolger

`quat_to_hom_mat3d`, `quat_to_pose`, `quat_rotate_point_3d`, `quat_compose`

Modul

Foundation

quat_compose (: : QuaternionLeft,
QuaternionRight : QuaternionComposed)

Multiplikation zweier Quaternionen.

Der Operator `quat_compose` multipliziert die zwei Quaternionen `QuaternionLeft` und `QuaternionRight` und gibt das Ergebnis als `QuaternionComposed` zurück.

Eine Quaternion x ist gegeben durch $x = x_0 + x_1 i + x_2 j + x_3 k$. In HALCON wird eine Quaternion durch ein Tupel mit vier Werten repräsentiert: $[x_0, x_1, x_2, x_3]$.

Das Produkt zweier Quaternionen x und y ist wie folgt definiert:

$$\begin{aligned} xy \quad = \quad & (x_0y_0 - x_1y_1 - x_2y_2 - x_3y_3) + \\ & (x_0y_1 + x_1y_0 + x_2y_3 - x_3y_2)i + \\ & (x_0y_2 - x_1y_3 + x_2y_0 + x_3y_1)j + \\ & (x_0y_3 + x_1y_2 - x_2y_1 + x_3y_0)k \end{aligned}$$

Daraus folgt, dass die Multiplikation zweier Quaternionen nicht kommutativ ist, d.h. $xy \neq yx$.

Parameter

- ▷ **QuaternionLeft** (input_control) . . . . . quaternion ⇝ *real*
  Linke Quaternion.
- ▷ **QuaternionRight** (input_control) . . . . . quaternion ⇝ *real*
  Rechte Quaternion.
- ▷ **QuaternionComposed** (output_control) . . . . . quaternion ⇝ *real*
  Produkt der Eingabequaternionen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

axis_angle_to_quat

Nachfolger

quat_to_hom_mat3d, quat_to_pose, quat_rotate_point_3d

Siehe auch

axis_angle_to_quat, quat_to_hom_mat3d, quat_rotate_point_3d, quat_normalize, quat_conjugate, dual_quat_compose

Modul

Foundation

quat_conjugate (: : Quaternion : ConjugatedQuaternion)

Erzeuge die Konjugation einer Quaternion.

Der Operator quat_conjugate erzeugt die Konjugation ConjugatedQuaternion der Eingabequaternion Quaternion.

Die Konjugation einer Quaternion $q = x_0 + x_1 i + x_2 j + x_3 k$ ist gegeben durch $\bar{q} = x_0 - x_1 i - x_2 j - x_3 k$.

Parameter

- ▷ **Quaternion** (input_control) ..... quaternion ⇝ *real*
  Eingabequaternion.
- ▷ **ConjugatedQuaternion** (output_control) ..... quaternion ⇝ *real*
  Konjugierte Quaternion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

axis_angle_to_quat

Nachfolger

quat_to_hom_mat3d, quat_rotate_point_3d

Siehe auch

axis_angle_to_quat, quat_to_hom_mat3d, quat_rotate_point_3d, quat_normalize, quat_compose, quat_interpolate, dual_quat_conjugate

Modul

Foundation

quat_interpolate (: : QuaternionStart, QuaternionEnd,
InterpPos : QuaternionInterpolated)

Interpolation von zwei Quaternionen.

Der Operator quat_interpolate interpoliert die beiden Quaternionen QuaternionStart und QuaternionEnd an der Interpolationsposition InterpPos. Diese Position muss im Intervall $[0, 1]$ liegen. Für denn Fall InterpPos $= 0$ entspricht QuaternionInterpolated der Eingabequaternion QuaternionStart. Für den Fall InterpPos $= 1$ entspricht QuaternionInterpolated der Eingabequaternion QuaternionEnd.

Die Interpolation erfolgt durch sphärische lineare Interpolation. Sind QuaternionStart und QuaternionEnd Rotationsquaternionen, so ist auch QuaternionInterpolated eine Rotationsquaternion. Wird InterpPos konstant inkrementiert, so wandert ein Punkt auf der Einheitskugel, der mit

QuaternionInterpolated rotiert wird, mit konstanter Geschwindigkeit auf einem Bogen auf der Einheitskugel.

Parameter

▷ **QuaternionStart** (input_control) . . . . . quaternion ⇝ *real*
Startquaternion.

▷ **QuaternionEnd** (input_control) . . . . . quaternion ⇝ *real*
Endquaternion.

▷ **InterpPos** (input_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Interpolationsparameter.
Default: 0.5
Wertevorschläge: InterpPos ∈ {0.0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0}

▷ **QuaternionInterpolated** (output_control) . . . . . quaternion ⇝ *real*
Interpolierte Quaternion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

axis_angle_to_quat, quat_normalize

Nachfolger

quat_to_hom_mat3d, quat_rotate_point_3d, quat_to_pose

Siehe auch

quat_rotate_point_3d, quat_conjugate, quat_compose, dual_quat_interpolate

Modul

Foundation

quat_normalize (: : Quaternion : NormalizedQuaternion)

Normalisiert eine Quaternion.

Der Operator quat_normalize skaliert die Eingabequaternion Quaternion so, dass deren Norm 1 beträgt. Das Ergebnis wird in NormalizedQuaternion zurückgegeben.

Parameter

▷ **Quaternion** (input_control) . . . . . quaternion ⇝ *real*
Eingabequaternion.

▷ **NormalizedQuaternion** (output_control) . . . . . quaternion ⇝ *real*
Normalisierte Quaternion.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

axis_angle_to_quat

Nachfolger

quat_to_hom_mat3d, quat_rotate_point_3d

Siehe auch

axis_angle_to_quat, quat_interpolate, quat_compose, quat_conjugate, dual_quat_to_hom_mat3d

Modul

Foundation

quat_rotate_point_3d (: : Quaternion, Px, Py, Pz : Qx, Qy, Qz)

Rotation eines Punktes mit einer Einheitsquaternion.

Der Operator quat_rotate_point_3d rotiert den Punkt (Px, Py, Pz) mit der Rotationsquaternion Quaternion (z.B. erzeugt durch axis_angle_to_quat). Der rotierte Punkt wird als (Qx, Qy, Qz) zurückgegeben.

Die Rotation eines Punktes x durch eine Einheitsquaternion q ist definiert durch

$x' = qx\bar{q}$.

$\bar{q}$ entspricht der Konjugation von q (siehe quat_conjugate). Der Punkt x wird intern in Quaternionenform umgewandelt, damit obige Gleichung angewandt werden kann. Dabei wird der Realteil der Quaternion auf Null gesetzt und die Komponenten von x den drei imaginären Komponenten der Quaternion zugewiesen.

Achtung

Der Operator quat_rotate_point_3d überprüft nicht, ob Quaternion eine Einheitsquaternion ist. Falls Quaternion keine Einheitsquaternion ist, ist das Ergebnis dieses Operators nicht definiert.

Parameter

- ▷ **Quaternion** (input_control) . . . quaternion ⇝ *real*
  Rotationsquaternion.
- ▷ **Px** (input_control) . . . real ⇝ *real*
  X-Koordinate des zu drehenden Punktes.
- ▷ **Py** (input_control) . . . real ⇝ *real*
  Y-Koordinate des zu drehenden Punktes.
- ▷ **Pz** (input_control) . . . real ⇝ *real*
  Z-Koordinate des zu drehenden Punktes.
- ▷ **Qx** (output_control) . . . real ⇝ *real*
  X-Koordinate des gedrehten Punktes.
- ▷ **Qy** (output_control) . . . real ⇝ *real*
  Y-Koordinate des gedrehten Punktes.
- ▷ **Qz** (output_control) . . . real ⇝ *real*
  Z-Koordinate des gedrehten Punktes.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

axis_angle_to_quat

Siehe auch

axis_angle_to_quat, quat_to_hom_mat3d, quat_compose, quat_normalize, quat_conjugate, quat_interpolate, dual_quat_trans_point_3d, dual_quat_trans_line_3d

Modul

Foundation

quat_to_hom_mat3d (: : Quaternion : RotationMatrix)

Wandelt eine Quaternion in die entsprechende Rotationsmatrix um.

Der Operator quat_to_hom_mat3d wandelt eine Einheitsquaternion Quaternion in die entsprechende Rotationsmatrix RotationMatrix um.

Die Rotationsmatrix für eine Quaternion $x = x_0 + x_1 i + x_2 j + x_3 k$ ist gegeben durch:

$$\begin{pmatrix} x_0^2 + x_1^2 - x_2^2 - x_3^2 & 2x_1x_2 - 2x_0x_3 & 2x_0x_2 + 2x_1x_3 \\ 2x_0x_3 + 2x_1x_2 & x_0^2 - x_1^2 + x_2^2 - x_3^2 & 2x_2x_3 - 2x_0x_1 \\ 2x_1x_3 - 2x_0x_2 & 2x_0x_1 + 2x_2x_3 & x_0^2 - x_1^2 - x_2^2 + x_3^2 \end{pmatrix}$$

Achtung

RotationMatrix ist nur dann eine Rotationsmatrix, wenn Quaternion eine Einheitsquaternion ist.

Parameter

- ▷ **Quaternion** (input_control) . . . . . quaternion ⇝ *real*
  Rotationsquaternion.
- ▷ **RotationMatrix** (output_control) . . . . . hom_mat3d ⇝ *real*
  Rotationsmatrix.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

axis_angle_to_quat, quat_compose

Nachfolger

affine_trans_point_3d

Siehe auch

axis_angle_to_quat, quat_rotate_point_3d, quat_to_pose, quat_normalize, quat_conjugate, quat_interpolate

Modul

Foundation

serialize_quat (: : Quaternion : SerializedItemHandle)

Serialisieren einer Quaternion.

serialize_quat serialisiert die Daten der in Quaternion übergebenen Quaternion (siehe fwrite_serialized_item für eine Einführung in die Grundlagen der Serialisierung). Die serialisierte Quaternion wird in dem Handle SerializedItemHandle zurückgegeben und kann mit deserialize_quat wieder deserialisiert werden.

Parameter

- ▷ **Quaternion** (input_control) . . . . . quaternion ⇝ *real* / integer
  Quaternion.
- ▷ **SerializedItemHandle** (output_control) . . . . . serialized_item ⇝ *handle*
  Handle des serialisierten Elements.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert serialize_quat den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

axis_angle_to_quat

Nachfolger

fwrite_serialized_item, send_serialized_item, deserialize_quat

Modul

Foundation

28.6 Sonstiges

convert_point_3d_cart_to_spher (: : X, Y, Z, EquatPlaneNormal, ZeroMeridian : Longitude, Latitude, Radius)

Konvertieren kartesischer Koordinaten eines 3D-Punktes in sphärische Koordinaten.

Der Operator convert_point_3d_cart_to_spher konvertiert die kartesischen Koordinaten eines 3D-Punktes, die in X, Y und Z gegeben sind, in sphärische Koordinaten. Die sphärischen Koordinaten werden in Longitude (geographische Länge), Latitude (geographische Breite) und Radius zurückgegeben. Der Wertebereich von Longitude ist $[-\pi, +\pi]$, der von Latitude ist $[-\pi/2, +\pi/2]$. Dabei hat der Nordpol die Breite $\pi/2$, der Südpol entsprechend die Breite $-\pi/2$.

Die Lage des sphärischen Koordinatensystems bezüglich des kartesischen Koordinatensystems kann mit den Parametern EquatPlaneNormal und ZeroMeridian festgelegt werden.

EquatPlaneNormal bestimmt dabei die Normale der Äquatorebene (Länge == 0) in Richtung Nordpol (positive Breite) und kann die folgenden Werte annehmen:

'x': Die Äquatorebene ist die yz-Ebene. Die positive x-Achse zeigt zum Nordpol.

'-x': Die Äquatorebene ist die yz-Ebene. Die positive x-Achse zeigt zum Südpol.

'y': Die Äquatorebene ist die xz-Ebene. Die positive y-Achse zeigt zum Nordpol.

'-y': Die Äquatorebene ist die xz-Ebene. Die positive y-Achse zeigt zum Südpol.

'z': Die Äquatorebene ist die xy-Ebene. Die positive z-Achse zeigt zum Nordpol.

'-z': Die Äquatorebene ist die xy-Ebene. Die positive z-Achse zeigt zum Südpol.

Die Lage des Nullmeridians kann mit dem Parameter ZeroMeridian festgelegt werden. Dazu muss die (in der Äquatorebene liegende) Koordinatenachse angegeben werden, die zum Nullmeridian zeigen soll. Folgende Werte für ZeroMeridian sind zulässig:

'x': Die *positive* x-Achse zeigt in Richtung des Nullmeridians.

'-x': Die *negative* x-Achse zeigt in Richtung des Nullmeridians.

'y': Die *positive* y-Achse zeigt in Richtung des Nullmeridians.

'-y': Die *negative* y-Achse zeigt in Richtung des Nullmeridians.

'z': Die *positive* z-Achse zeigt in Richtung des Nullmeridians.

'-z': Die *negative* z-Achse zeigt in Richtung des Nullmeridians.

Es sind nur sinnvolle Kombinationen von EquatPlaneNormal und ZeroMeridian zulässig, d.h. die Normale der Äquatorebene darf nicht parallel zur Richtung des Nullmeridians sein. Demnach ist beispielsweise die Kombination EquatPlaneNormal='y' und ZeroMeridian='-y' ungültig.

Beachte: Um eine konsistente Rückkonvertierung von sphärischen in kartesische Koordinaten mit convert_point_3d_spher_to_cart zu gewährleisten, müssen für EquatPlaneNormal und ZeroMeridian die selben Werte angegeben werden wie bei convert_point_3d_cart_to_spher.

Der Operator convert_point_3d_cart_to_spher kann z.B. dazu genutzt werden, eine gegebene Kameraposition in sphärische Koordinaten umzurechnen. Werden mehrere Kamerapositionen umgerechnet, erhält man somit einen Pose-Bereich (in sphärischen Koordinaten), der in create_shape_model_3d zur Erzeugung eines 3D-Formmodells übergeben werden kann.

Parameter

- ▷ **X** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  X-Koordinate des 3D-Punktes.
- ▷ **Y** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Y-Koordinate des 3D-Punktes.
- ▷ **Z** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Z-Koordinate des 3D-Punktes.
- ▷ **EquatPlaneNormal** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Normalenvektor der Äquatorebene (zeigt zum Nordpol).
  Default: '-y'
  Werteliste: `EquatPlaneNormal` ∈ {'x', 'y', 'z', '-x', '-y', '-z'}
- ▷ **ZeroMeridian** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Koordinatenachse in der Äquatorebene, die zum Nullmeridian zeigt.
  Default: '-z'
  Werteliste: `ZeroMeridian` ∈ {'x', 'y', 'z', '-x', '-y', '-z'}
- ▷ **Longitude** (output_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Geographische Länge des 3D-Punktes.
- ▷ **Latitude** (output_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Geographische Breite des 3D-Punktes.
- ▷ **Radius** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
  Radius des 3D-Punktes.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `convert_point_3d_cart_to_spher` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`create_shape_model_3d`, `find_shape_model_3d`

Siehe auch

`convert_point_3d_spher_to_cart`

Modul

3D Metrology

convert_point_3d_spher_to_cart (: : Longitude, Latitude, Radius, EquatPlaneNormal, ZeroMeridian : X, Y, Z)

Konvertieren sphärischer Koordinaten eines 3D-Punktes in kartesische Koordinaten.

Der Operator `convert_point_3d_spher_to_cart` konvertiert die sphärischen Koordinaten eines 3D-Punktes, die in `Longitude` (geographische Länge), `Latitude` (geographische Breite) und `Radius` gegeben sind, in kartesische Koordinaten `X`, `Y` und `Z`. Die sphärischen Koordinaten `Longitude` und `Latitude` müssen im Bogenmaß übergeben werden. Der Parameter `Latitude` muss dabei im Bereich $[-\pi/2, +\pi/2]$ liegen, wobei der Nordpol die Breite $\pi/2$ und der Südpol entsprechend die Breite $-\pi/2$ hat.

Die Lage des sphärischen Koordinatensystems bezüglich des kartesischen Koordinatensystems kann mit den Parametern `EquatPlaneNormal` und `ZeroMeridian` festgelegt werden.

`EquatPlaneNormal` bestimmt dabei die Normale der Äquatorebene (Länge == 0) in Richtung Nordpol (positive Breite) und kann die folgenden Werte annehmen:

'x': Die Äquatorebene ist die yz-Ebene. Die positive x-Achse zeigt zum Nordpol.

'-x': Die Äquatorebene ist die yz-Ebene. Die positive x-Achse zeigt zum Südpol.

'y': Die Äquatorebene ist die xz-Ebene. Die positive y-Achse zeigt zum Nordpol.

'-y': Die Äquatorebene ist die xz-Ebene. Die positive y-Achse zeigt zum Südpol.

'z': Die Äquatorebene ist die xy-Ebene. Die positive z-Achse zeigt zum Nordpol.

'-z': Die Äquatorebene ist die xy-Ebene. Die positive z-Achse zeigt zum Südpol.

Die Lage des Nullmeridians kann mit dem Parameter `ZeroMeridian` festgelegt werden. Dazu muss die (in der Äquatorebene liegende) Koordinatenachse angegeben werden, die zum Nullmeridian zeigen soll. Folgende Werte für `ZeroMeridian` sind zulässig:

'x': Die *positive* x-Achse zeigt in Richtung des Nullmeridians.

'-x': Die *negative* x-Achse zeigt in Richtung des Nullmeridians.

'y': Die *positive* y-Achse zeigt in Richtung des Nullmeridians.

'-y': Die *negative* y-Achse zeigt in Richtung des Nullmeridians.

'z': Die *positive* z-Achse zeigt in Richtung des Nullmeridians.

'-z': Die *negative* z-Achse zeigt in Richtung des Nullmeridians.

Es sind nur sinnvolle Kombinationen von `EquatPlaneNormal` und `ZeroMeridian` zulässig, d.h. die Normale der Äquatorebene darf nicht parallel zur Richtung des Nullmeridians sein. Demnach ist beispielsweise die Kombination `EquatPlaneNormal`=*'y'* und `ZeroMeridian`=*'-y'* ungültig.

Beachte: Um eine konsistente Rückkonvertierung von kartesischen in sphärische Koordinaten mit `convert_point_3d_cart_to_spher` zu gewährleisten, müssen für `EquatPlaneNormal` und `ZeroMeridian` die selben Werte angegeben werden wie bei `convert_point_3d_spher_to_cart`.

Der Operator `convert_point_3d_spher_to_cart` kann z.B. dazu genutzt werden, eine in sphärischen Koordinaten gegebene Kameraposition in kartesische Koordinaten umzurechnen. Das Ergebnis kann dann mit `create_cam_pose_look_at_point` in eine vollständige Kamera-Pose umgerechnet werden.

Parameter

▷ **`Longitude`** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
Geographische Länge des 3D-Punktes.

▷ **`Latitude`** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
Geographische Breite des 3D-Punktes.
Restriktion: - pi / 2 <= Latitude && Latitude <= pi / 2

▷ **`Radius`** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Radius des 3D-Punktes.

▷ **`EquatPlaneNormal`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Normalenvektor der Äquatorebene (zeigt zum Nordpol).
Default: '-y'
Werteliste: `EquatPlaneNormal` ∈ {'x', 'y', 'z', '-x', '-y', '-z'}

▷ **`ZeroMeridian`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Koordinatenachse in der Äquatorebene, die zum Nullmeridian zeigt.
Default: '-z'
Werteliste: `ZeroMeridian` ∈ {'x', 'y', 'z', '-x', '-y', '-z'}

▷ **`X`** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
X-Koordinate des 3D-Punktes.

▷ **`Y`** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Y-Koordinate des 3D-Punktes.

▷ **`Z`** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Z-Koordinate des 3D-Punktes.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `convert_point_3d_spher_to_cart` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`get_shape_model_3d_params`

Siehe auch

`convert_point_3d_cart_to_spher`

Modul

3D Metrology

Kapitel 29

Tupel

Für Informationen zum grundlegenden Konzept von Tupeln in HALCON siehe das Beispielprogramm `halcon_basic_concepts.hdev`.

29.1 Arithmetik

tuple_abs (: : T : Abs)

Berechnen des Absolutbetrags eines Tupels.

`tuple_abs` berechnet den Absolutbetrag des Eingabetupels `T`. Der Absolutbetrag einer ganzen Zahl ist wieder eine ganze Zahl. Der Absolutbetrag einer Gleitpunktzahl ist eine Gleitpunktzahl. Der Absolutbetrag von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_abs`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Abs := abs(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Abs** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Absolutbetrag des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_fabs`

Modul

Foundation

tuple_acos (: : T : ACos)

Berechnen des Arkuskosinus eines Tupels.

tuple_acos berechnet den Arkuskosinus des Eingabetupels T. Der Arkuskosinus wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl in ACos zurückgeliefert. Die Winkel in ACos werden im Bogenmaß gespeichert. Der Arkuskosinus von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_acos, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
ACos := acos(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
  Restriktion: -1 <= T <= 1
- ▷ **ACos** (output_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Arkuskosinus des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_asin, tuple_atan, tuple_atan2

Siehe auch

tuple_cos, tuple_cosh, tuple_acosh

Modul

Foundation

tuple_acosh (: : T : Acosh)

Berechnen des Areakosinus hyperbolicus eines Tupels.

tuple_acosh berechnet den Areakosinus hyperbolicus des Eingabetupels T. Der Areakosinus hyperbolicus wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl in Acosh zurückgeliefert. Der Areakosinus hyperbolicus von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_acosh, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Acosh := acosh(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Acosh** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
  Areakosinus hyperbolicus des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_asinh, tuple_atanh

Siehe auch

tuple_cosh, tuple_cos, tuple_acos

Modul

Foundation

tuple_add (: : S1, S2 : Sum)

Addieren zweier Tupel.

tuple_add berechnet die Summe der Eingabetupel S1 und S2. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel addiert. Ansonsten muss entweder S1 oder S2 die Länge 1 haben. In diesem Fall wird die Addition für jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels ausgeführt. Falls zwei ganze Zahlen addiert werden, ist das Ergebnis wieder eine ganze Zahl. Falls eine Gleitpunktzahl mit einer anderen Zahl addiert wird, ist das Ergebnis eine Gleitpunktzahl. Falls zwei Strings addiert werden, entspricht die Addition einer String-Konkatenation. Falls eine Zahl und ein String addiert werden, wird die Zahl in einen String umgewandelt. Die Addition entspricht so auch der String-Konkatenation.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_add, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Sum := S1 + S2
```

Die + Operation entspricht einer String-Konkatenation, falls S1 und S2 Strings enthalten.

Parameter

- ▷ **S1** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Eingabetupel 1.
- ▷ **S2** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Eingabetupel 2.
- ▷ **Sum** (output_control) ..... tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Summe der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_sub

Siehe auch

tuple_cumul

Modul

Foundation

tuple_asin (: : T : ASin)

Berechnen des Arkussinus eines Tupels.

tuple_asin berechnet den Arkussinus des Eingabetupels T. Der Arkussinus wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl in ASin zurückgeliefert. Die Winkel in ASin werden im Bogenmaß gespeichert. Der Arkussinus von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_asin, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
ASin := asin(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
  Restriktion: -1 <= T <= 1
- ▷ **ASin** (output_control) . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Arkussinus des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_acos, tuple_atan, tuple_atan2

Siehe auch

tuple_sin, tuple_sinh, tuple_asinh

Modul

Foundation

tuple_asinh (: : T : Asinh)

Berechnen des Areasinus hyperbolicus eines Tupels.

tuple_asinh berechnet den Areasinus hyperbolicus des Eingabetupels T. Der Areasinus hyperbolicus wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl in Asinh zurückgeliefert. Der Areasinus hyperbolicus von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_asinh, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Asinh := asinh(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Asinh** (output_control) . . . number(-array) ⇝ *real*
  Areasinus hyperbolicus des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_acosh, tuple_atanh

Siehe auch

tuple_asin, tuple_sin, tuple_asin

Modul

Foundation

tuple_atan (: : T : ATan)

Berechnen des Arkustangens eines Tupels.

tuple_atan berechnet den Arkustangens des Eingabetupels T. Der Arkustangens wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl in ATan zurückgeliefert. Die Winkel in ATan werden im Bogenmaß gespeichert. Der Arkustangens von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_atan, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
ATan := atan(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **ATan** (output_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Arkustangens des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_atan2, tuple_asin, tuple_acos

Siehe auch

tuple_tan, tuple_tanh, tuple_atanh

Modul

Foundation

tuple_atan2 (: : Y, X : ATan)

Berechnen des Arkustangens eines Tupels für alle vier Quadranten.

tuple_atan2 berechnet den Arkustangens der Eingabetupel Y/X mit richtiger Behandlung aller vier Quadranten. Der Arkustangens wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl in ATan zurückgeliefert. Die Winkel in ATan werden im Bogenmaß berechnet. Der Arkustangens von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_atan2`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
ATan := atan2(Y, X)
```

Parameter

- ▷ **Y** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel der y-Werte.
- ▷ **X** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel der x-Werte.
- ▷ **ATan** (output_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Arkustangens des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_atan`, `tuple_asin`, `tuple_acos`

Siehe auch

`tuple_tan`, `tuple_tanh`

Modul

Foundation

tuple_atanh (: : T : Atanh)

Berechnen des Areatangens hyperbolicus eines Tupels.

`tuple_atanh` berechnet den Areatangens hyperbolicus des Eingabetupels `T`. Der Areatangens hyperbolicus wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl in `Atanh` zurückgeliefert. Der Areatangens hyperbolicus von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_atanh`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Atanh := atanh(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Atanh** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Areatangens hyperbolicus des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_asinh`, `tuple_acosh`

Siehe auch

`tuple_tanh`, `tuple_tan`, `tuple_atan`, `tuple_atan2`

Modul

Foundation

tuple_cbrt (: : T : Cbrt)

Berechnen der Quadratwurzel eines Tupels.

tuple_cbrt berechnet die Kubikwurzel des Eingabetupels T. Die Kubikwurzel wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl zurückgeliefert. Die Kubikwurzel von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_cbrt, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Cbrt := cbrt(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Cbrt** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
  Kubikwurzel des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_pow

Siehe auch

tuple_sqrt

Modul

Foundation

tuple_ceil (: : T : Ceil)

Berechnen der Ceiling-Funktion eines Tupels.

tuple_ceil berechnet die Ceiling-Funktion des Eingabetupels T, d.h. die kleinste ganze Zahl größer gleich T. Die Ceiling-Funktion wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl zurückgeliefert. Die Ceiling-Funktion von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_ceil, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Ceil := ceil(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Ceil** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
  Ceiling-Funktion des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

tuple_cos (: : T : Cos)

Berechnen des Kosinus eines Tupels.

tuple_cos berechnet den Kosinus des Eingabetupels T. Der Kosinus wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl in Cos zurückgeliefert. Die Winkel in T werden im Bogenmaß gespeichert. Der Kosinus von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_cos, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Cos := cos(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Cos** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
  Kosinus des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_sin, tuple_tan

Siehe auch

tuple_acos, tuple_cosh, tuple_acosh

Modul

Foundation

tuple_cosh (: : T : Cosh)

Berechnen des Kosinus hyperbolicus eines Tupels.

tuple_cosh berechnet den Kosinus hyperbolicus des Eingabetupels T. Der Kosinus hyperbolicus wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl in Cosh zurückgeliefert. Der Kosinus hyperbolicus von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_cosh`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Cosh := cosh(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Cosh** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Kosinus hyperbolicus des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_sinh`, `tuple_tanh`

Siehe auch

`tuple_acosh`, `tuple_cos`, `tuple_acos`

Modul

Foundation

`tuple_cumul` (: : Tuple : Cumul)

Berechnen der kumulativen Summen eines Tupels.

`tuple_cumul` berechnet die kumulativen Summen aus den jeweiligen Elementen des Eingabetupels `Tuple` und liefert sie in dem Ausgabetupel `Cumul` zurück, d.h. das i-te Element des Ausgabetupels `Cumul` ist die Summe der ersten i Elemente des Eingabetupels `Tuple`. Besteht `Tuple` zum Beispiel aus den Werten [1,2,3,4], so beinhaltet das Ausgabetupel `Cumul` die Werte [1,3,6,10]. Das Eingabetupel muss hierfür ausschließlich (ganze oder Gleitkomma-)Zahlen beinhalten. Die einzelnen Ergebnisse bestehen aus einer Gleitkommazahl, sobald mindestens ein Element der Berechnung eine Gleitkommazahl ist. Falls alle Elemente einer Berechnung hingegen ganze Zahlen sind, so besteht auch das entsprechende Summenelement in `Cumul` aus einer ganzen Zahl.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_cumul`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Cumul := cumul(Tuple)
```

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / real
  Eingabetupel.
- ▷ **Cumul** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Kumulative Summe der entsprechenden Tupelelemente.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_sum

Siehe auch

tuple_min2, tuple_max2, tuple_add

Modul

Foundation

tuple_deg (: : Rad : Deg)

Konvertieren eines Tupels von Bogenmaß nach Grad.

tuple_deg konvertiert das Eingabetupel Rad von Bogenmaß in Grad. Das Ergebnis wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl zurückgeliefert. Die Konversion von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_deg, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Deg := deg(Rad)
```

Parameter

▷ **Rad** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
Eingabetupel.

▷ **Deg** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Eingabetupel in Grad.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

tuple_rad

Modul

Foundation

tuple_div (: : Q1, Q2 : Quot)

Dividieren zweier Tupel.

tuple_div berechnet den Quotienten der Eingabetupel Q1 und Q2. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel dividiert. Ansonsten muss entweder Q1 oder Q2 die Länge 1 haben. In diesem Fall wird die Division für jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels ausgeführt. Falls zwei ganze Zahlen dividiert werden, ist das Ergebnis wieder eine ganze Zahl. Falls einer der Operanden eine Gleitpunktzahl ist, ist das Ergebnis eine Gleitpunktzahl. Die Division von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_div`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Quot := Q1 / Q2
```

Parameter

- ▷ **Q1** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel 1.
- ▷ **Q2** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel 2.
  Restriktion: Q2 != 0
- ▷ **Quot** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Quotient der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_mult`

Modul

Foundation

tuple_erf (: : T : Erf)

Berechnen der Fehlerfunktion eines Tupels.

`tuple_erf` berechnet die Fehlerfunktion des Eingabetupels `T`. Die Fehlerfunktion ist definiert als:

$$\mathrm{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt.$$

Der Wert der Fehlerfunktion wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl in `Erf` zurückgeliefert. Die Fehlerfunktion von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_erf`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Erf := erf(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Erf** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Wert der Fehlerfunktion des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_erfc

Siehe auch

tuple_exp

Modul

Foundation

tuple_erfc (: : T : Erfc)

Berechnen der komplementären Fehlerfunktion eines Tupels.

tuple_erfc berechnet die komplementäre Fehlerfunktion des Eingabetupels T. Die komplementäre Fehlerfunktion ist definiert als $1 - \text{erf}(x)$ (für die Definition von $\text{erf}(x)$ siehe tuple_erf). Der Wert der komplementären Fehlerfunktion wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl in Erfc zurückgeliefert. Die komplementäre Fehlerfunktion von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_erfc, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Erfc := erfc(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Erfc** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
  Wert der komplementären Fehlerfunktion des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_erf

Siehe auch

tuple_exp

Modul

Foundation

tuple_exp (: : T : Exp)

Berechnen der Exponentialfunktion eines Tupels.

tuple_exp berechnet die Exponentialfunktion des Eingabetupels T. Die Exponentialfunktion wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl zurückgeliefert. Die Exponentialfunktion von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_exp, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Exp := exp(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Exp** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Exponentialfunktion des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_exp2, tuple_exp10, tuple_pow

Siehe auch

tuple_log, tuple_log2, tuple_log10

Modul

Foundation

tuple_exp10 (: : T : Exp)

Berechnen der Exponentialfunktion zur Basis 10 eines Tupels.

tuple_exp10 berechnet die Exponentialfunktion zur Basis 10 des Eingabetupels T. Die Exponentialfunktion wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl zurückgeliefert. Die Exponentialfunktion von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_exp10, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Exp := exp10(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Exp** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Exponentialfunktion zur Basis 10 des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_exp, tuple_exp2, tuple_pow

Siehe auch

tuple_log, tuple_log2, tuple_log10

Modul

Foundation

tuple_exp2 (: : T : Exp)

Berechnen der Exponentialfunktion zur Basis 2 eines Tupels.

tuple_exp2 berechnet die Exponentialfunktion zur Basis 2 des Eingabetupels T. Die Exponentialfunktion wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl zurückgeliefert. Die Exponentialfunktion von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_exp2, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Exp := exp2(T)
```

Parameter

▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
Eingabetupel.

▷ **Exp** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Exponentialfunktion zur Basis 2 des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_exp, tuple_exp10, tuple_pow

Siehe auch

tuple_log, tuple_log2, tuple_log10

Modul

Foundation

tuple_fabs (: : T : Abs)

Berechnen des Absolutbetrags eines Tupels (als Gleitkommazahlen).

tuple_fabs berechnet den Absolutbetrag des Eingabetupels T. Im Gegensatz zu tuple_abs wird der Absolutbetrag von tuple_fabs immer als eine Gleitpunktzahl zurückgeliefert. Der Absolutbetrag von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_fabs, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Abs := fabs(T)
```

Parameter

▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
Eingabetupel.

▷ **Abs** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Absolutbetrag des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_abs`

Modul

Foundation

tuple_floor (: : T : Floor)

Berechnen der Floor-Funktion eines Tupels.

`tuple_floor` berechnet die Floor-Funktion des Eingabetupels `T`, d.h. die größte ganze Zahl kleiner gleich `T`. Die Floor-Funktion wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl zurückgeliefert. Die Floor-Funktion von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_floor`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Floor := floor(T)
```

Parameter

▷ **T** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real / integer*
Eingabetupel.

▷ **Floor** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
Floor-Funktion des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_ceil`

Modul

Foundation

tuple_fmod (: : T1, T2 : Fmod)

Berechnen des Rests der Gleitpunkt-Division zweier Tupel.

`tuple_fmod` berechnet den Rest der Gleitpunkt-Division der Eingabetupel `T1`/`T2`. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel dividiert. Ansonsten muss entweder `T1` oder `T2` die Länge 1 haben. In diesem Fall wird die Division für jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels ausgeführt. Das Ergebnis ist in jedem Fall eine Gleitpunktzahl. Die Division von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_fmod`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Fmod := fmod(T1, T2)
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel 2.
  Restriktion: T2 != 0.0
- ▷ **Fmod** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Rest der Division der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_mod`

Siehe auch

`tuple_floor`, `tuple_ceil`

Modul

Foundation

tuple_hypot (: : T1, T2 : Hypot)

Berechnen der Hypotenuse zweier Tupel.

`tuple_hypot` berechnet die Hypotenuse $\sqrt{T1^2 + T2^2}$ der Eingabetupel. Die Berechnung wird so durchgeführt, dass kein unnötiger arithmetischer Über- oder Unterlauf in den Zwischenschritten der Berechnung auftritt. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, wird die Hypotenuse der entsprechenden Elemente der beiden Tupel berechnet. Ansonsten muss entweder `T1` oder `T2` die Länge 1 haben. In diesem Fall wird die Hypotenuse für jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels berechnet. Das Ergebnis ist in jedem Fall eine Gleitpunktzahl. Die Hypotenuse von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_hypot`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Hypot := hypot(T1, T2)
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel 2.
- ▷ **Hypot** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Hypotenuse der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_sqrt

Siehe auch

tuple_mult, tuple_add

Modul

Foundation

tuple_ldexp (: : T1, T2 : Ldexp)

Berechnen der Ldexp-Funktion zweier Tupel.

tuple_ldexp berechnet die Ldexp-Funktion der Eingabetupel, d.h. $T1 \cdot 2^{floor(T2)}$. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel verwendet. Ansonsten muss entweder T1 oder T2 die Länge 1 haben. In diesem Fall wird die Operation für jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels ausgeführt. Das Ergebnis ist in jedem Fall eine Gleitpunktzahl. Die Ldexp-Funktion von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_ldexp, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Ldexp := ldexp(T1, T2)
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel 2.
- ▷ **Ldexp** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Ldexp-Funktion der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

tuple_exp

Modul

Foundation

tuple_lgamma (: : T : LogGamma)

Berechnen des Logarithmus' des Absolutbetrags des Werts der Gammafunktion eines Tupels.

tuple_lgamma berechnet den Logarithmus des Absolutbetrags des Werts der Gammafunktion des Eingabetupels T (für die Definition der Gammafunktion siehe tuple_tgamma). Sie ist definiert für jede reelle Zahl außer für nichtpositive ganze Zahlen. Der Logarithmus des Absolutbetrags des Werts der Gammafunktion wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl in LogGamma zurückgeliefert. Der Logarithmus des Absolutbetrags des Werts der Gammafunktion von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_lgamma`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
LogGamma := lgamma(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **LogGamma** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Logarithmus des Absolutbetrags des Werts der Gammafunktion des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_tgamma`

Modul

Foundation

tuple_log (: : T : Log)

Berechnen des natürlichen Logarithmus eines Tupels.

`tuple_log` berechnet den natürlichen Logarithmus des Eingabetupels `T`. Der natürliche Logarithmus wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl zurückgeliefert. Der natürliche Logarithmus von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_log`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Log := log(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
  Restriktion: T > 0
- ▷ **Log** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Natürlicher Logarithmus des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_log2`, `tuple_log10`

Siehe auch

`tuple_exp`, `tuple_exp2`, `tuple_exp10`, `tuple_pow`

Modul

Foundation

tuple_log10 (: : T : Log)

Berechnen des Logarithmus zur Basis 10 eines Tupels.

`tuple_log10` berechnet den Logarithmus zur Basis 10 des Eingabetupels `T`. Der Logarithmus wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl zurückgeliefert. Der Logarithmus von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_log10`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Log := log10(T)
```

Parameter

▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
Eingabetupel.
Restriktion: T > 0

▷ **Log** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Logarithmus zur Basis 10 des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_log`, `tuple_log2`

Siehe auch

`tuple_exp`, `tuple_exp2`, `tuple_exp10`, `tuple_pow`

Modul

Foundation

tuple_log2 (: : T : Log)

Berechnen des Logarithmus zur Basis 2 eines Tupels.

`tuple_log2` berechnet den Logarithmus zur Basis 2 des Eingabetupels `T`. Der Logarithmus wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl zurückgeliefert. Der Logarithmus von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_log2`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Log := log2(T)
```

Parameter

▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
Eingabetupel.
Restriktion: T > 0

▷ **Log** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Logarithmus zur Basis 2 des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_log, tuple_log10

Siehe auch

tuple_exp, tuple_exp2, tuple_exp10, tuple_pow

Modul

Foundation

tuple_max2 (: : T1, T2 : Max2)

Bestimmen des elementweisen Maximums zweier Tupel.

tuple_max2 berechnet das Maximum der Eingabetupel T1 und T2. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel miteinander verglichen und die jeweiligen Maxima in das Ausgabetupel Max2 übernommen. Ansonsten muss entweder T1 oder T2 die Länge 1 haben. In diesem Fall wird jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels verglichen. Eine Mischung aus Strings und Zahlen ist erlaubt, wenn die miteinander verglichenen Elemente jeweils denselben Typ haben.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_max2, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Max2 := max2(T1, T2)
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Eingabetupel 2.
- ▷ **Max2** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Elementweises Maximum der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

tuple_min2, tuple_min, tuple_max, tuple_cumul

Modul

Foundation

tuple_min2 (: : T1, T2 : Min2)

Bestimmen des elementweisen Minimums zweier Tupel.

tuple_min2 berechnet das Minimum der Eingabetupel T1 und T2. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel miteinander verglichen und die jeweiligen Minima in das Ausgabetupel Min2 übernommen. Ansonsten muss entweder T1 oder T2 die Länge 1 haben. In diesem Fall wird

jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels verglichen. Eine Mischung aus Strings und Zahlen ist erlaubt, wenn die miteinander verglichenen Elemente jeweils denselben Typ haben.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_min2`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Min2 := min2(T1, T2)
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Eingabetupel 2.
- ▷ **Min2** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Elementweises Minimum der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

`tuple_max2`, `tuple_min`, `tuple_max`

Modul

Foundation

tuple_mod (: : T1, T2 : Mod)

Berechnen des Rests der ganzzahligen Division zweier Tupel.

`tuple_mod` berechnet den Rest der ganzzahligen Division der Eingabetupel `T1`/`T2`. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel dividiert und der Rest in das Ausgabetupel `Mod` übernommen. Ansonsten muss entweder `T1` oder `T2` die Länge 1 haben. In diesem Fall wird die Division für jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels ausgeführt. Das Ergebnis ist in jedem Fall eine ganze Zahl. Die Division von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_mod`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Mod := T1 % T2
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer*
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer*
  Eingabetupel 2.
  Restriktion: T2 != 0
- ▷ **Mod** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer*
  Rest der Division der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

tuple_fmod, tuple_div

Modul

Foundation

tuple_mult (: : P1, P2 : Prod)

Multiplizieren zweier Tupel.

tuple_mult berechnet das Produkt der Eingabetupel P1 und P2. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel multipliziert. Ansonsten muss entweder P1 oder P2 die Länge 1 haben. In diesem Fall wird die Multiplikation für jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels ausgeführt. Falls zwei ganze Zahlen multipliziert werden, ist das Ergebnis wieder eine ganze Zahl. Falls einer der Operanden eine Gleitpunktzahl ist, ist das Ergebnis eine Gleitpunktzahl. Die Multiplikation von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_mult, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Prod := P1 * P2
```

Parameter

- ▷ **P1** (input_control) . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel 1.
- ▷ **P2** (input_control) . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel 2.
- ▷ **Prod** (output_control) . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Produkt der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_div

Modul

Foundation

tuple_neg (: : T : Neg)

Negieren eines Tupels.

tuple_neg berechnet die Negierung des Eingabetupels T, d.h. Neg $= -$T. Die Negierung einer ganzen Zahl ist wieder eine ganze Zahl. Die Negierung einer Gleitpunktzahl ist eine Gleitpunktzahl. Die Negierung von Strings ist nicht erlaubt. Die Negierung eines leeren Eingabetupels ergibt wiederum ein leeres Tupel als Ausgabe.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_neg`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Neg := -T
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Neg** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Negation des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

tuple_pow (: : T1, T2 : Pow)

Berechnen der Potenzierung zweier Tupel.

`tuple_pow` berechnet die Potenzierung der Eingabetupel $T1^{T2}$. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel potenziert. Ansonsten muss entweder `T1` oder `T2` die Länge 1 haben. In diesem Fall wird die Potenzierung für jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels ausgeführt. Das Ergebnis ist in jedem Fall eine Gleitpunktzahl. Die Potenzierung von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_pow`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Pow := pow(T1, T2)
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel 2.
- ▷ **Pow** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Potenzfunktion der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_exp`

Siehe auch

tuple_log, tuple_log10

Modul

Foundation

tuple_rad (: : Deg : Rad)

Konvertieren eines Tupels von Grad nach Bogenmaß.

tuple_rad konvertiert das Eingabetupel Deg von Grad in Bogenmaß. Das Ergebnis wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl zurückgeliefert. Die Konversion von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_rad, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Rad := rad(Deg)
```

Parameter

- ▷ **Deg** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Rad** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
  Eingabetupel im Bogenmaß.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

tuple_deg

Modul

Foundation

tuple_sgn (: : T : Sgn)

Berechnen des Vorzeichens eines Tupels.

tuple_sgn berechnet das Vorzeichen der Elemente des Eingabetupels T und gibt sie als ganze Zahlen (-1,0,1) im Ausgabetupel Sgn zurück. Strings sind im Eingabetupel nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_sgn, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Sgn := sgn(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Sgn** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer*
  Vorzeichen des Eingabetupels als ganze Zahlen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

tuple_sin (: : T : Sin)

Berechnen des Sinus eines Tupels.

tuple_sin berechnet den Sinus des Eingabetupels T. Der Sinus wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl in Sin zurückgeliefert. Die Winkel in T werden im Bogenmaß gespeichert. Der Sinus von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_sin, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Sin := sin(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Sin** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Sinus des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_cos, tuple_tan

Siehe auch

tuple_asin, tuple_sinh, tuple_asinh

Modul

Foundation

tuple_sinh (: : T : Sinh)

Berechnen des Sinus hyperbolicus eines Tupels.

tuple_sinh berechnet den Sinus hyperbolicus des Eingabetupels T. Der Sinus hyperbolicus wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl in Sinh zurückgeliefert. Der Sinus hyperbolicus von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_sinh`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Sinh := sinh(T)
```

Parameter

▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
Eingabetupel.

▷ **Sinh** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Sinus hyperbolicus des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_cosh`, `tuple_tanh`

Siehe auch

`tuple_asinh`, `tuple_sin`, `tuple_asin`

Modul

Foundation

tuple_sqrt (: : T : Sqrt)

Berechnen der Quadratwurzel eines Tupels.

`tuple_sqrt` berechnet die Quadratwurzel des Eingabetupels `T`. Die Quadratwurzel wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl zurückgeliefert. Die Quadratwurzel von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_sqrt`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Sqrt := sqrt(T)
```

Parameter

▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
Eingabetupel.
Restriktion: T >= 0

▷ **Sqrt** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
Quadratwurzel des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_pow

Siehe auch

tuple_cbrt, tuple_hypot

Modul

Foundation

tuple_sub (: : D1, D2 : Diff)

Subtrahieren zweier Tupel.

tuple_sub berechnet die Differenz der Eingabetupel D1 und D2. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel subtrahiert. Ansonsten muss entweder D1 oder D2 die Länge 1 haben. In diesem Fall wird die Subtraktion für jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels ausgeführt. Falls zwei ganze Zahlen subtrahiert werden, ist das Ergebnis wieder eine ganze Zahl. Falls einer der Operanden eine Gleitpunktzahl ist, ist das Ergebnis eine Gleitpunktzahl. Die Subtraktion von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_sub, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Diff := D1 - D2
```

Parameter

- ▷ **D1** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel 1.
- ▷ **D2** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel 2.
- ▷ **Diff** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
  Differenz der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_add

Modul

Foundation

tuple_tan (: : T : Tan)

Berechnen des Tangens eines Tupels.

tuple_tan berechnet den Tangens des Eingabetupels T. Der Tangens wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl in Tan zurückgeliefert. Die Winkel in T werden im Bogenmaß gespeichert. Der Tangens von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_tan`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Tan := tan(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Tan** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Tangens des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_sin`, `tuple_cos`

Siehe auch

`tuple_atan`, `tuple_atan2`, `tuple_tanh`, `tuple_atanh`

Modul

Foundation

tuple_tanh (: : T : Tanh)

Berechnen des Tangens hyperbolicus eines Tupels.

`tuple_tanh` berechnet den Tangens hyperbolicus des Eingabetupels `T`. Der Tangens hyperbolicus wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl in `Tanh` zurückgeliefert. Der Tangens hyperbolicus von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_tanh`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Tanh := tanh(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Tanh** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Tangens hyperbolicus des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_sinh`, `tuple_cosh`

Siehe auch

`tuple_atanh`, `tuple_tan`, `tuple_atan`, `tuple_atan2`

Modul

Foundation

tuple_tgamma (: : T : Gamma)

Berechnen der Gammafunktion eines Tupels.

tuple_tgamma berechnet die Gammafunktion des Eingabetupels T. Die Gammafunktion ist definiert als:

$$\Gamma(x) = \int_0^\infty t^{x-1} e^{-t} dt.$$

Sie ist definiert für jede reelle Zahl außer für nichtpositive ganze Zahlen. Für nicht-negative ganze Zahlen m gilt

$$\Gamma(m+1) = m!$$

und für allgemeine reelle Zahlen x:

$$\Gamma(x+1) = x\Gamma(x).$$

Der Wert der Gammafunktion wird in jedem Fall als Gleitpunktzahl in Gamma zurückgeliefert. Die Gammafunktion von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_tgamma, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Gamma := tgamma(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Gamma** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Wert der Gammafunktion des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_lgamma

Modul

Foundation

29.2 Bitoperationen

tuple_band (: : T1, T2 : BAnd)

Berechnen des bitweisen Und zweier Tupel.

tuple_band berechnet das bitweise Und der Eingabetupel T1 und T2. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel veknüpft. Ansonsten muss entweder T1 oder T2 die Länge 1 haben. In diesem Fall wird die Operation für jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels ausgeführt. Die Eingabezahlen müssen ganze Zahlen sein.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_band`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
BAnd := T1 band T2
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Eingabetupel 2.
- ▷ **BAnd** (output_control) . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Binäres Und der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_bor`, `tuple_bxor`, `tuple_bnot`

Siehe auch

`tuple_and`, `tuple_or`, `tuple_xor`, `tuple_not`

Modul

Foundation

tuple_bnot (: : T : BNot)

Berechnen des bitweisen Nicht eines Tupels.

`tuple_bnot` berechnet das bitweise Nicht des Eingabetupels `T`. Die Eingabezahlen müssen ganze Zahlen sein.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_bnot`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
BNot := bnot T
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Eingabetupel.
- ▷ **BNot** (output_control) . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Binäres Nicht des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_band, tuple_bor, tuple_bxor

Siehe auch

tuple_and, tuple_or, tuple_xor, tuple_not

Modul

Foundation

tuple_bor (: : T1, T2 : BOr)

Berechnen des bitweisen Oder zweier Tupel.

tuple_bor berechnet das bitweise Oder der Eingabetupel T1 und T2. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel veknüpft. Ansonsten muss entweder T1 oder T2 die Länge 1 haben. In diesem Fall wird die Operation für jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels ausgeführt. Die Eingabezahlen müssen ganze Zahlen sein.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_bor, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
BOr := T1 bor T2
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Eingabetupel 2.
- ▷ **BOr** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Binäres Oder der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_band, tuple_bxor, tuple_bnot

Siehe auch

tuple_and, tuple_or, tuple_xor, tuple_not

Modul

Foundation

tuple_bxor (: : T1, T2 : BXor)

Berechnen des bitweisen Exklusiv-Oder zweier Tupel.

tuple_bxor berechnet das bitweise Exklusiv-Oder der Eingabetupel T1 und T2. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel veknüpft. Ansonsten muss entweder T1 oder T2 die Länge 1 haben. In diesem Fall wird die Operation für jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels ausgeführt. Die Eingabezahlen müssen ganze Zahlen sein.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_bxor`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
BXor := T1 bxor T2
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Eingabetupel 2.
- ▷ **BXor** (output_control) . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Binäres Exklusiv-Oder der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_band`, `tuple_bor`, `tuple_bnot`

Siehe auch

`tuple_and`, `tuple_or`, `tuple_xor`, `tuple_not`

Modul

Foundation

tuple_lsh (: : T, Shift : Lsh)

Bitweises Verschieben eines Tupels nach links.

`tuple_lsh` verschiebt das Tupel `T` bitweise um `Shift` Stellen nach links. Falls kein Überlauf eintritt, ist diese Operation äquivalent zu einer Multiplikation mit $2^{\texttt{Shift}}$. Falls `T` negativ ist, hängt das Ergebnis von der Rechnerarchitektur ab. Das Ergebnis ist undefiniert, falls `Shift` negativ oder größer als 32 ist. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel veknüpft. Ansonsten muss entweder `T` oder `Shift` die Länge 1 haben. In diesem Fall wird die Operation für jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels ausgeführt. Die Eingabezahlen müssen ganze Zahlen sein.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_lsh`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Lsh := lsh(T, Shift)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Eingabetupel.
- ▷ **Shift** (input_control) . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Anzahl Stellen, um die verschoben werden soll.
- ▷ **Lsh** (output_control) . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Verschobenes Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).

- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_mult

Siehe auch

tuple_rsh

Modul

Foundation

tuple_rsh (: : T, Shift : Rsh)

Bitweises Verschieben eines Tupels nach rechts.

tuple_rsh verschiebt das Tupel T bitweise um Shift Stellen nach rechts. Diese Operation ist äquivalent zu einer Division mit 2^{Shift}. Falls T negativ ist, hängt das Ergebnis von der Rechnerarchitektur ab. Das Ergebnis ist undefiniert, falls Shift negativ oder größer als 32 ist. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel veknüpft. Ansonsten muss entweder T oder Shift die Länge 1 haben. In diesem Fall wird die Operation für jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels ausgeführt. Die Eingabezahlen müssen ganze Zahlen sein.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls einer oder beide Eingabetupel leer sind, wird ein leeres Tupel zurückgegeben.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_rsh, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Rsh := rsh(T, Shift)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Eingabetupel.
- ▷ **Shift** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Anzahl Stellen, um die verschoben werden soll.
- ▷ **Rsh** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Verschobenes Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_div

Siehe auch

tuple_lsh

Modul

Foundation

29.3 Datencontainer

copy_dict (: : DictHandle, GenParamName,
GenParamValue : CopiedDictHandle)

Kopieren eines Dictionaries.

copy_dict erstellt eine tiefe Kopie (d.h. von allen im Dictionary enthaltenen Handles und ikonischen Objekten wird eine tiefe Kopie erstellt) des Dictionary DictHandle und gibt diese als Dictionary in CopiedDictHandle zurück.

Wenn DictHandle ein Handle enthält, das nicht kopiert werden kann oder das schon freigegeben wurde, bricht copy_dict standardmäßig mit einer Fehlermeldung ab. Dieses Verhalten kann durch Setzen von GenParamName auf *'raise_error_if_content_not_serializable'* verändert werden, der zugehörige GenParamValue kann folgende Werte annehmen:

'true': Der Default: Fehler werden geworfen und der Kopierprozess abgebrochen.

'low_level': Nur Low-Level-Fehler werden geworfen. Anstatt des betreffenden Handles wird ein leeres Handle in CopiedDictHandle kopiert und der Kopierprozess weitergeführt. Der Umgang mit HALCON Low-Level-Fehlern wird durch *'do_low_error'* in set_system bestimmt.

'false': Es werden keine Fehler geworfen. Anstatt des betreffenden Handles wird ein leeres Handle in CopiedDictHandle kopiert und der Kopierprozess weitergeführt.

Parameter

▷ **DictHandle** (input_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Handle des Dictionaries.
Parameteranzahl: DictHandle == 1

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'raise_error_if_content_not_serializable'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string* / integer / real
Wert des generischen Parameters.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'true', 'false', 'low_level'}

▷ **CopiedDictHandle** (output_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Kopiertes Handle des Dictionaries.
Parameteranzahl: CopiedDictHandle == 1

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert copy_dict den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

read_dict, deserialize_handle, create_dict

Nachfolger

write_dict

Siehe auch

read_dict, write_dict, serialize_handle, deserialize_handle

Modul

Foundation

create_dict (: : : DictHandle)

Erzeugen eines neuen Dictionaries.

create_dict erzeugt ein neues, leeres Dictionary und gibt dessen Handle in DictHandle zurück.

Ein Dictionary ist ein Objekt, das ähnlich einem assoziativem Array (Wörterbuch) aufgebaut ist. Es erlaubt eine beliebige Anzahl von Daten zu speichern, welche mit Hilfe eines eindeutigen Schlüssels (String oder Integer) identifiziert werden. Jeder Schlüssel kann entweder einen Tupeldaten-Parameter oder ein ikonisches Objekt referenzieren. Diese Daten werden in dem Dictionary mit Hilfe der Operatoren `set_dict_object` und `set_dict_tuple` gespeichert und können über die Operatoren `get_dict_object` und `get_dict_tuple` wieder ausgelesen werden.

Die Daten, welche in dem Dictionary referenziert werden, sind stets Kopien ihrer Originale. Damit können die originalen Daten, nachdem sie in dem Dictionary durch die Operatoren `set_dict_tuple` oder `set_dict_object` gespeichert wurden, weiterverwendet werden. Dabei gelten folgende Besonderheiten:

- Objekte: Die Kopien sind Referenzen auf die Originale, wie in `copy_obj`. Insbesondere wirken sich Änderungen durch die Operatoren `set_grayval` oder `overpaint_region` auch auf das im Dictionary gespeicherte Objekt aus.
- Handles: Beim Speichern eines Handles in einem Dictionary wird nur der Handle-Wert, nicht aber das Handle-Objekt selbst kopiert (keine "tiefe Kopie").

Mehrere Threads können gleichzeitig Schlüssel hinzufügen, abrufen und entfernen, solange jeder Thread auf einen anderen Schlüssel zugreift. Als Ausnahme dieser Regel können mehrere Threads gleichzeitig den Wert eines Schlüssels abfragen.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `create_dict`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
DictHandle := dict{}
```

Parameter

▷ **`DictHandle`** (output_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Handle des neuen Dictionaries.
Parameteranzahl: DictHandle == 1

Beispiel

```
Dicts := []
for idx := 0 to 4 by 1
  create_dict (DictHandle)
  Dicts[idx] := DictHandle
endfor
* ...
```

Ergebnis

`create_dict` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), sofern kein Allokierungsfehler auftritt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

`set_dict_tuple`, `set_dict_object`

Siehe auch

`set_dict_tuple`, `get_dict_tuple`, `set_dict_object`, `get_dict_object`, `get_dict_param`

Modul

Foundation

dict_to_json (: : DictHandle, GenParamName,
GenParamValue : JsonString)

Umwandeln eines Dictionaries in einen JSON-String.

dict_to_json wandelt das in DictHandle übergebene Dictionary in einen JSON-String um, welcher in JsonString zurückgegeben wird.

Eine Reihe weiterer optionaler Parameter kann gesetzt werden, welche die Erzeugung des JSON-Strings beeinflussen. Diese können über die Parameter GenParamName und GenParamValue gesetzt werden und sind in der Dokumentation von write_dict genauer beschrieben:

- *'raise_error_if_content_not_serializable'*,
- *'compact_json'*,
- *'use_json_arrays'*.

dict_to_json kann mehrere Dictionaries in JSON-Strings umwandeln. Dafür muss in DictHandle ein Tupel von Dictionaries übergeben werden. Die Ausgabe JsonString enthält in diesem Fall einen String pro Eingabe-Dictionary.

Parameter

▷ **DictHandle** (input_control) . . . . . dict(-array) ⇝ *handle*
Handle des Dictionaries.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'compact_json', 'raise_error_if_content_not_serializable', 'use_json_arrays'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string* / integer / real
Wert des generischen Parameters.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {'true', 'false'}

▷ **JsonString** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
String im JSON-Format.

Beispiel

```
dict_to_json (dict{foo: 'bar', bar: [0:2]}, [], [], JSONString)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt dann liefert dict_to_json den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

create_dict, read_dict, json_to_dict

Nachfolger

json_to_dict

Alternativen

read_dict, create_dict

Siehe auch

json_to_dict, read_dict, write_dict, serialize_handle, deserialize_handle, copy_dict

Modul

Foundation

get_dict_object (: Object : DictHandle, Key :)

Zurückgeben der in einem Dictionary von einem Schlüssel referenzierten ikonischen Objekte.

get_dict_object fragt aus dem Dictionary DictHandle das mit dem Schlüssel Key assoziierte ikonische Objekt Object ab. Das ikonische Objekt muss zuvor mit Hilfe des Operators set_dict_object in dem Dictionary abgespeichert worden sein.

Falls der spezifizierte Schlüssel Key nicht in dem Dictionary hinterlegt ist oder die mit ihm verbundenen Daten kein ikonisches Objekt sondern ein Datentupel ist, schlägt get_dict_object fehl. Die gespeicherten Schlüssel und die Information über die von ihnen referenzierten Daten kann über den Operator get_dict_param abgefragt werden.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für get_dict_object, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

- Dynamische Syntax:
  `Object := DictHandle.['Key']`
- Statische Syntax:
  `Object := DictHandle.Key`

Parameter

▷ **Object** (output_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Vom Schlüssel referenziertes Objekt.

▷ **DictHandle** (input_control) ..... dict ⇝ *handle*
Handle des Dictionaries.
Parameteranzahl: DictHandle == 1

▷ **Key** (input_control) ..... string ⇝ *string* / integer
Schlüssel.
Parameteranzahl: Key == 1
Restriktion: length(Key) > 0

Beispiel

```
* ...
get_dict_param (Dict, 'key_exists', ['simple_string','foo','my_image'], \
                KeysPresence)
get_dict_param (Dict, 'key_data_type', ['simple_string','my_image'], \
                KeysType)
get_dict_object (Image, Dict, 'my_image')
```

Ergebnis

Im Erfolgsfall gibt get_dict_object den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Mögliche Fehler sind ungültige Parameter (Dictionary oder Schlüssel), Abwesenheit des Schlüssels in dem Dictionary oder wenn der Schüssel andere Datentypen als ein ikonisches Objekt referenziert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

set_dict_object

Nachfolger

get_dict_object

Alternativen

get_dict_tuple

Siehe auch

create_dict, set_dict_tuple, get_dict_tuple, set_dict_object, remove_dict_key, get_dict_param

Modul

Foundation

get_dict_param (: : DictHandle, GenParamName, Key : GenParamValue)

Abfragen von Parametern oder Informationen eines Dictionaries.

get_dict_param fragt die aktuellen Werte der Parameter eines Dictionaries oder anderweitige Informationen zum Status eines Dictionaries ab.

Jeder Aufruf von get_dict_param darf nur einen einzelnen Parameternamen in GenParamName enthalten. Es gibt zwei unterschiedliche Arten von Abfragen:

- Parameter, die auf das gesamte Dictionary angewendet werden. In diesem Fall dürfen keine Schlüssel übergeben werden, d.h. dem Parameter Key muss ein leeres Tupel übergeben werden.
- Parameter, die auf einzelne Schlüssel angewendet werden. In diesem Fall müssen die Schlüssel in dem Parameter Key übergeben werden, auf die der Parameter angewendet werden soll. Die Schlüssel werden dabei in der gleichen Reihenfolge abgearbeitet wie sie dem Parameter Key übergeben werden.

Parameternamen, die unabhängig von Schlüsseln angewendet werden:

'keys': Fragt alle Schlüssel ab, für die in dem Dictionary Daten hinterlegt sind, unabhängig von dem Typ der mit ihnen verbundenen Daten. Die Liste der Schlüssel wird über den Parameter GenParamValue als ein Tupel von Strings oder Ganzzahlen zurückgegeben. Für diese Abfrage muss dem Parameter Key ein leeres Tupel übergeben werden.

Parametername, die Schlüssel-spezifisch angewendet werden:

'key_exists': Gibt *1* zurück, wenn zu dem übergebenen Schlüssel in dem Dictionary Daten hinterlegt sind, sonst *0*. Die Ergebnisse werden im Parameter GenParamValue zurückgegeben, jeweils ein Wert pro übergebenem Schlüssel.

'key_data_type': Gibt den Wert *'tuple'* für Schlüssel zurück, die in dem Dictionary Tupeldaten referenzieren. Die Tupeldaten selbst erhält man mit dem Operator get_dict_tuple. Der Wert *'object'* wird für Schlüssel zurückgegeben, welche Objektdaten referenzieren. Die Objektdaten selbst werden vom Operator get_dict_object zurückgegeben. Die Ergebnisse werden im Parameter GenParamValue zurückgegeben, jeweils ein Wert pro Schlüssel. Dieser Parameter kann verwendet werden um dynamisch zu entscheiden, ob get_dict_tuple oder get_dict_object verwendet werden muss um die Daten eines speziellen Schlüssels zu erhalten.

Parameter

▷ **DictHandle** (input_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Handle des Dictionaries.
Parameteranzahl: DictHandle == 1

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name ⇝ *string*
Name des Parameters.
Parameteranzahl: GenParamName == GenParamValue
Default: 'keys'
Werteliste: GenParamName ∈ {'keys', 'key_exists', 'key_data_type'}

▷ **Key** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer
Schlüssel auf den der Parameter angewendet werden soll (leer für GenParamName = *'keys'*).
Default: []

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . attribute.value(-array) ⇝ *string* / integer / real
Wert der Parameterabfrage.

Beispiel

```
get_dict_param (Dict, 'keys', [], AllKeys)
get_dict_param (Dict, 'key_data_type', AllKeys, KeysType)
```

Ergebnis

Wenn alle Parameter und übergebenen Schlüssel gültig sind, gibt `get_dict_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`create_dict`

Siehe auch

`create_dict`, `set_dict_tuple`, `get_dict_tuple`, `set_dict_object`, `get_dict_object`, `remove_dict_key`

Modul

Foundation

`get_dict_tuple` (: : DictHandle, Key : Tuple)

Zurückgeben der in einem Dictionary über einen Schüssel referenzierten Tupeldaten.

`get_dict_tuple` fragt aus dem Dictionary `DictHandle` die mit einem Schlüssel `Key` assoziierten Tupeldaten `Tuple` ab. Die Tupeldaten müssen zuvor mit Hilfe des Operators `set_dict_tuple` in dem Dictionary abgespeichert worden sein.

Falls der spezifizierte Schlüssel `Key` nicht in dem Dictionary hinterlegt ist oder der mit ihm verbundene Eintrag kein Datentupel sondern ein ikonisches Objekt ist, schlägt `get_dict_tuple` fehl. Die gespeicherten Schlüssel und die Information über die von ihnen referenzierten Daten kann über den Operator `get_dict_param` abgefragt werden.

Der Abruf mehrerer Schlüssel ist nur möglich, wenn für jeden dieser Schlüssel ein Tupel mit genau einem Element hinterlegt ist.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `get_dict_tuple`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

- Dynamische Syntax:
  `Tuple := DictHandle.['Key']`
- Statische Syntax:
  `Tuple := DictHandle.Key`

Parameter

▷ **`DictHandle`** (input_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Handle des Dictionaries.
Parameteranzahl: DictHandle == 1

▷ **`Key`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer
Schlüssel.

▷ **`Tuple`** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *string* / integer / real
Vom Schlüssel referenzierte Tupeldaten.

Beispiel

```
* ...
get_dict_param (Dict, 'key_exists', ['simple_string','foo','my_image'], \
                KeysPresence)
get_dict_param (Dict, 'key_data_type', ['simple_string','my_image'], \
                KeysType)
get_dict_tuple (Dict, 'simple_string', TupleString)
*
* Access multiple keys, if their tuple all have length 1
get_dict_tuple (Dict, ['key1','key2','key3'], MultipleValues)
```

Ergebnis

Im Erfolgsfall gibt `get_dict_tuple` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Mögliche Fehler sind ungültige Parameter (Dictionary oder Schlüssel), Abwesenheit des Schlüssels in dem Dictionary oder wenn der Schüssel andere Datentypen als ein Datentupel referenziert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`set_dict_tuple`

Nachfolger

`get_dict_tuple`, `set_dict_tuple`, `set_dict_tuple_at`

Alternativen

`get_dict_object`

Siehe auch

`create_dict`, `set_dict_tuple`, `set_dict_object`, `get_dict_object`, `remove_dict_key`, `get_dict_param`

Modul

Foundation

json_to_dict (: : JsonString, GenParamName, GenParamValue : DictHandle)

Umwandeln eines JSON-Strings in ein Dictionary.

`json_to_dict` wandelt den in `JsonString` übergebenen String, welcher gültiges JSON darstellen muss, in ein Dictionary um und gibt das Handle des Dictionaries in `DictHandle` zurück.

Eine Reihe weiterer optionaler Parameter kann gesetzt werden, welche die Werte von JSON-Konstanten festlegen. Diese können über die Parameter `GenParamName` und `GenParamValue` gesetzt werden und sind in der Dokumentation von `read_dict` genauer beschrieben.

`json_to_dict` kann mehrere Strings in Dictionaries umwandeln. Dafür muss in `JsonString` ein Tupel von Strings übergeben werden. Die Ausgabe `DictHandle` enthält in diesem Fall ein Dictionary pro Eingabestring.

Parameter

▷ **JsonString** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
String im JSON-Format.
Default: ['"key":"value"']

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'json_value_true', 'json_value_false', 'json_value_null', 'convert_json_arrays_to'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string* / integer / real
Wert des generischen Parameters.
Default: []
Wertevorschläge: GenParamValue ∈ {0, 1, 'HNULL', 'true', 'false', 'dict', 'tuple', 'tuple_if_possible'}

▷ **DictHandle** (output_control) . . . . . dict(-array) ⇝ *handle*
Handle des Dictionaries.

Beispiel

```
json_to_dict ('{"capacity": "medium", "image_height": 1024, "image_width":
1024}', [], [], DictHandle)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt dann liefert json_to_dict den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Dies gilt insbesondere dann, wenn JsonString kein gültiges JSON ist.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Nachfolger

write_dict, copy_dict

Alternativen

read_dict, create_dict

Siehe auch

read_dict, write_dict, serialize_handle, deserialize_handle

Modul

Foundation

read_dict (: : FileName, GenParamName, GenParamValue : DictHandle)

Lesen eines Dictionaries aus einer Datei.

read_dict liest ein Dictionary aus der durch FileName gegebenen Datei und gibt das Handle des Dictionaries in DictHandle zurück.

Der Operator unterstützt die folgenden Dateiformate:

'hdict': Binäres HALCON-Format für Dictionaries. Dateien dieses Typs können mit write_dict geschrieben werden. Die Standard-Dateiendung für dieses Format ist 'hdict'.

'json': JSON (JavaScript Object Notation) Dateiformat. Die Standard-Dateiendung für dieses Format ist 'json'.

Falls keine Datei mit dem angegebenen Namen existiert, sucht der Operator durch Anhängen der Standard-Dateiendungen nach der Datei. Der Dateityp wird automatisch aus der Dateiendung und dem Dateiinhalt erkannt (welche übereinstimmen müssen).

Eine Reihe weiterer optionaler Parameter kann gesetzt werden. Die Namen und Werte dieser Parameter werden in GenParamName und GenParamValue übergeben. Einige der Parameter gelten nicht für alle Dateitypen. Die folgenden Werte sind für GenParamName möglich:

'json_value_true', *'json_value_false'*, *'json_value_null'*: Setzt die für JSON-Primitive verwendeten Werte. Gültige JSON-Primitive sind 'true', 'false' und 'null'. Wenn ein solches Primitiv in einer JSON-Datei

gefunden wird, wird der entsprechende Eintrag im Dictionary auf den mit diesen Parametern gesetzten Wert gesetzt. Der Wert wird in `GenParamValue` übergeben und muss ein Tupel der Länge 1 sein.

Standardmäßig werden die Primitive auf folgende Werte abgebildet: *1* für `'true'`, *0* für `'false'` und *'HNULL'* für `'null'`. Diese Parameter haben nur einen Einfluss, wenn eine JSON-Datei gelesen wird.

'convert_json_arrays_to': Mit diesem Parameter kann eingestellt werden, in welchen HALCON-internen Datentyp JSON-Arrays konvertiert werden sollen. Mögliche Werte für `GenParamValue` sind:

'dict' **(Standardwert):** JSON-Arrays werden in HALCON-Dictionaries konvertiert, mit von *0* an aufsteigenden Integer-Schlüsseln. Dies ist immer möglich, beispielsweise auch wenn das JSON-Array weitere Arrays als Einträge enthält, benötigt aber möglicherweise mehr Speicher als wenn die Daten in einem HALCON-Tupel gehalten werden.

'tuple': JSON-Arrays werden in HALCON-Tupel konvertiert. Falls dies nicht möglich ist, etwa bei Arrays die selber wieder Arrays enthalten, wird ein Fehler geworfen.

'tuple_if_possible': JSON-Arrays werden dann in HALCON-Tupel konvertiert, wenn dies verlustfrei möglich ist. Andernfalls werden sie als HALCON-Dictionaries zurückgegeben.
Bei Verwendung dieser Möglichkeit ist zu beachten, dass sich der Aufbau des gelesenen Dictionaries je nach den enthaltenen JSON-Daten ändern kann, auch wenn diese dem gleichen Schema folgen. Beispielsweise wird ein Array von 2D-Punktkoordinaten in der Form *'"pt": [[1,2], [3,4]]'* umgewandelt in ein äußeres Dictionary, welches zwei Tupel enthält. Falls unter dem gleichen Schema aber keine Punkte enthalten sind, das JSON also die Form *'"pt": []'* hat, so wird statt dem äußeren Dictionary ein Tupel erzeugt. Der verwendende Code muss auf diesen möglichen Wechsel vorbereitet sein.

Parameter

▷ **`FileName`** (input_control) . . . . . filename.read ⇝ *string*
Dateiname der zu lesenden Datei.
Dateiendung: `.hdict`, `.json`

▷ **`GenParamName`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: []
Werteliste: `GenParamName` ∈ {'json_value_true', 'json_value_false', 'json_value_null', 'convert_json_arrays_to'}

▷ **`GenParamValue`** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string* / integer / real
Wert des generischen Parameters.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {0, 1, 'HNULL', 'true', 'false', 'dict', 'tuple', 'tuple_if_possible'}

▷ **`DictHandle`** (output_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Handle des Dictionaries.
Parameteranzahl: DictHandle == 1

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `read_dict` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Vorgänger

`write_dict`

Alternativen

`json_to_dict`, `create_dict`

Siehe auch

`write_dict`, `serialize_handle`, `deserialize_handle`

Modul

Foundation

remove_dict_key (: : DictHandle, Key :)

Löschen eines Schlüssels aus einem Dictionary.

remove_dict_key löscht die in Key übergebenen Schlüssel aus dem in DictHandle übergebenen Dictionary und gibt die vom Schlüssel referenzierten ikonischen Objekte oder Tupeldaten frei.

Falls ein Fehler während der Verarbeitung eines oder mehrerer Schlüssel auftritt, beispielsweise weil ein Schlüssel nicht im Dictionary existiert, wird versucht, so weit wie möglich alle weiteren Schlüssel zu entfernen bevor der Operator mit dem entsprechenden Fehler zurückkehrt.

Parameter

▷ **DictHandle** (input_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
Handle des Dictionaries.
Parameteranzahl: DictHandle == 1

▷ **Key** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer
Zu löschender Schlüssel.
Restriktion: length(Key) > 0

Beispiel

```
* Remove all keys
get_dict_param (Dict, 'keys', [], Keys)
remove_dict_key (Dict, Keys)
```

Ergebnis

Im Erfolgsfall gibt remove_dict_key den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DictHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_dict

Nachfolger

get_dict_param

Siehe auch

create_dict, set_dict_tuple, get_dict_tuple, set_dict_object, get_dict_object, get_dict_param

Modul

Foundation

set_dict_object (Object : : DictHandle, Key :)

Hinzufügen eines Schlüssel-Objekt-Paares zu einem Dictionary.

set_dict_object speichert in einem Dictionary ähnlich zu einem assoziativem Array ein ikonisches Objekt in Verbindung mit einem Schlüssel ab. Das Dictionary wird im Parameter DictHandle übergeben.

Object wird durch die Operation kopiert und kann daher anschließend ohne Seiteneffekte weiterverwendet werden. Dabei werden die Objektdaten in die HALCON-Datenbank kopiert, d.h., das neue Objekt enthält Verweise auf Object, vgl. copy_obj.

Sowohl leere Objekte als auch ikonische Tupelobjekte sind zulässig und können von einem Schlüssel referenziert werden. Falls bereits Daten (Tupel oder Objekt) durch den angegebenen Schlüssel referenziert werden, werden die alten Daten freigegeben und durch Object ersetzt.

Key ist ein String oder eine ganze Zahl (integer). Bei Strings muss die Groß-/Kleinschreibung beachtet.

Die ikonischen Objekte für den übergebenen Schlüssel können mit Hilfe des Operators get_dict_object aus dem Dictionary wieder ausgelesen werden.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für set_dict_object, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

- Dynamische Syntax:
  `DictHandle.['Key'] := Object`
- Statische Syntax:
  `DictHandle.Key := Object`

Parameter

▷ **Object** (input_object) ..... object(-array) ⇝ *object*
Vom Schlüssel zu referenzierendes ikonisches Objekt.

▷ **DictHandle** (input_control) ..... dict ⇝ *handle*
Handle des Dictionaries.
Parameteranzahl: DictHandle == 1

▷ **Key** (input_control) ..... string ⇝ *string* / integer
Schlüssel.
Parameteranzahl: Key == 1
Restriktion: length(Key) > 0

Beispiel

```
create_dict (Dict)
read_image (Image, 'filename')
set_dict_object (Image, Dict, 'my_image')
```

Ergebnis

Im Erfolgsfall gibt set_dict_tuple den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Mögliche Fehler sind ungültige Parameter (Dictionary oder Schlüssel) oder ein Allokierungsfehler.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DictHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

create_dict

Nachfolger

set_dict_object, set_dict_tuple

Alternativen

set_dict_tuple

Siehe auch

create_dict, set_dict_tuple, get_dict_tuple, get_dict_object, remove_dict_key, get_dict_param

Modul

Foundation

set_dict_tuple (: : DictHandle, Key, Tuple :)

Hinzufügen eines Schlüssel-Tupeldaten-Paares zu einem Dictionary.

set_dict_tuple speichert in dem Dictionary DictHandle ähnlich zu einem assoziativem Array ein Datentupel in Verbindung mit einem Schlüssel ab.

Tuple wird in das Dictionary kopiert und kann anschließend weiterverwendet oder gelöscht werden. Ein leeres Tupel ist ebenfalls ein gültiger Wert, der mit einem Schlüssel referenziert werden kann. Falls bereits Daten (Tupel oder Objekt) durch den gegebenen Schlüssel referenziert werden, werden die alten Daten freigegeben und durch Tuple ersetzt.

Key ist ein String oder eine ganze Zahl (integer). Bei Strings muss die Groß-/Kleinschreibung beachtet.

Die Tupeldaten für den übergebenen Schlüssel können mit Hilfe des Operators get_dict_tuple aus dem Dictionary wieder ausgelesen werden.

set_dict_tuple kann den referenzierten Wert mehrerer Schlüssel gleichzeitig ändern. In diesem Fall muss die Länge von Tuple entweder gleich der Anzahl der Schlüssel oder *1* sein. Im ersten Fall wird jeweils ein Wert aus Tuple einem Schlüssel aus Key zugewiesen. Im zweiten Fall, wenn Tuple die Länge *1* hat, wird dieser eine Wert mit allen Schlüsseln assoziiert. Falls keine Schlüssel übergeben werden, werden die Werte in Tuple ignoriert. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die möglichen Kombinationen der Anzahl an Schlüsseln und Werten, wobei N eine beliebige nicht-negative ganze Zahl ist.

Länge von Key	Länge von Tuple	Effekt
N	1	Wert in Tuple wird mit allen Schlüsseln assoziiert
1	N	Tuple wird mit Key assoziiert
N	N	Tupel der Länge *1* werden mit allen Schlüsseln assoziiert

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für set_dict_tuple, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

- Dynamische Syntax:
  `DictHandle.['Key'] := ['The answer', 42]`
- Statische Syntax:
  `DictHandle.Key := ['The answer', 42]`

Achtung

Falls Tuple Handles enthält, werden nur die Handle-Werte kopiert. Von Handles, die in dem Tupel enthalten sind, wird keine "tiefe Kopie"erzeugt.

Parameter

- ▷ **DictHandle** (input_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
  Handle des Dictionaries.
  Parameteranzahl: DictHandle == 1
- ▷ **Key** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer
  Schlüssel.
- ▷ **Tuple** (input_control) . . . . . tuple-array ⇝ *string* / integer / real / handle
  Vom Schlüssel zu referenzierende Tupeldaten.

Beispiel

```
create_dict (Dict)
set_dict_tuple (Dict, 'simple_integer', 27)
set_dict_tuple (Dict, 'simple_string', 'Hello world')
set_dict_tuple (Dict, 'mixed_tuple', ['The answer', 42])
set_dict_tuple (Dict, 0, 'This is zero')
```

Ergebnis

Im Erfolgsfall gibt `set_dict_tuple` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Mögliche Fehler sind ungültige Parameter (Dictionary oder Schlüssel) oder ein Allokierungsfehler.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DictHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_dict`

Nachfolger

`set_dict_tuple`, `set_dict_object`

Alternativen

`set_dict_object`, `set_dict_tuple_at`

Siehe auch

`create_dict`, `set_dict_tuple_at`, `get_dict_tuple`, `set_dict_object`, `get_dict_object`, `get_dict_param`, `remove_dict_key`

Modul

Foundation

set_dict_tuple_at (: : DictHandle, Key, Index, Value :)

Zuweisung eines oder mehrerer Werte an ein oder mehrere Tupelelemente in einem Dictionary.

`set_dict_tuple_at` weist einem oder mehreren Tupelelementen eines in `DictHandle` unter dem Schlüssel `Key` gespeicherten Tupels einen oder mehrere neue Werte zu. Mit diesem Operator können effizient Teile eines Tupels in einem Dictionary geändert werden, ohne dass das Tuple zunächst aus dem Dictionary ausgelesen werden muss.

Falls es in dem Dictionary noch kein Tupel mit dem Schlüssel `Key` gibt, oder falls unter diesem Schlüssel ein ikonisches Objekt gespeichert ist, so wird ein neues Tupel erzeugt und unter dem Schlüssel abgelegt. In letzterem Fall wird das existierende ikonische Objekt aus dem Dictionary entfernt.

Werden Indizes übergeben, die außerhalb der aktuellen Größe des im Dictionary gespeicherten Tupels liegen, wird das Tupel entsprechend vergrößert und die nicht gesetzten Werte werden mit einem Defaultwert initialisiert.

`Key` ist ein String oder eine ganze Zahl (integer). Bei Strings muss die Groß-/Kleinschreibung beachtet. Als `Index` Parameter ist jeder Ausdruck erlaubt, der eine beliebige Anzahl von positiven Integerwerten ergibt. Als `Value` Parameter muss entweder genau ein Wert übergeben werden, oder es müssen genauso viele Werte wie Indizes übergeben werden.

Die Tupeldaten für den übergebenen Schlüssel können mit Hilfe des Operators `get_dict_tuple` aus dem Dictionary wieder ausgelesen werden.

Achtung

Falls `Value` Handles enthält, werden nur die Handle-Werte kopiert. Von Handles, die in dem Tupel enthalten sind, wird keine tiefe Kopie erzeugt.

Parameter

- ▷ **`DictHandle`** (input_control) . . . . . dict ⇝ *handle*
  Handle des Dictionaries.
  Parameteranzahl: DictHandle == 1
- ▷ **`Key`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer
  Schlüssel.
  Parameteranzahl: Key == 1
  Restriktion: length(Key) > 0
- ▷ **`Index`** (input_control) . . . . . integer-array ⇝ *integer*
  Indizes der Tupelelemente, die durch die übergebenen Werte ersetzt werden sollen.
  Default: 0
  Wertevorschläge: `Index` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6}
  Minimale Schrittweite: 1
- ▷ **`Value`** (input_control) . . . . . tuple-array ⇝ *string* / integer / real / handle
  Werte, die im Tupel gesetzt werden sollen.

Beispiel

```
Dict := dict{}
Dict.some_key := 27

set_dict_tuple_at (Dict, 'some_key', 1, 5)
* Dict.some_key is now [27, 5]

* Alternative TRIAS syntax
Dict.some_key[0] := 66
* Dict.some_key is now [66, 5]
```

Ergebnis

Im Erfolgsfall gibt `set_dict_tuple_at` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Mögliche Fehler sind ungültige Parameter oder ein Allokierungsfehler.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- DictHandle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Vorgänger

`create_dict`

Nachfolger

`set_dict_tuple`, `get_dict_tuple`

Alternativen

`set_dict_tuple`

Siehe auch

`create_dict`, `set_dict_tuple`, `get_dict_tuple`, `set_dict_object`, `get_dict_object`, `get_dict_param`, `remove_dict_key`

Modul

Foundation

write_dict (: : DictHandle, FileName, GenParamName, GenParamValue :)

Abspeichern eines Dictionaries in einer Datei.

write_dict speichert das Dictionary DictHandle in der Datei FileName ab.

Der Operator unterstützt die Dateiformate *'hdict'* und *'json'* (siehe read_dict). Das Format wird anhand der Dateiendung oder über den generischen Parameter *'file_type'* ausgewählt (siehe unten). Wenn beides den Typ nicht festlegt wird *'hdict'* verwendet.

Formatbedingt können im *'json'*-Dateiformat nicht alle in einem Dictionary möglichen Werte gespeichert werden. Insbesondere können keine ikonischen Objekte und keine Handles, die keine Dictionaries sind, gespeichert werden. Standardmäßig wirft der Operator einen Fehler, sollte in DictHandle ein solches nicht-serialisierbares Element enthalten sein. Dieses Verhalten kann über den generischen Parameter *'raise_error_if_content_not_serializable'* angepasst werden (siehe unten).

Eine Reihe weiterer optionaler Parameter kann gesetzt werden. Die Namen und Werte dieser Parameter werden in GenParamName und GenParamValue übergeben. Einige der Parameter gelten nicht für alle Dateitypen. Die folgenden Werte sind für GenParamName möglich:

'raise_error_if_content_not_serializable': Wenn DictHandle einen Eintrag enthält, der im Zielformat nicht serialisiert werden kann, bricht write_dict standardmäßig mit einer Fehlermeldung ab. Dieses Verhalten kann durch diesen Parameter verändert werden, der zugehörige GenParamValue kann folgende Werte annehmen:

- *'true'*: Das Standardverhalten, Fehler werden geworfen.
- *'false'*: Es wird kein Fehler geworfen. Je nach Dateityp wird z.B. ein leeres Handle ('hdict') oder gar nichts ('json') anstatt des nicht serialisierbaren Eintrags geschrieben.
- *'low_level'*: Wie bei *'false'*, allerdings wird bei nicht serialisierbaren Einträgen zusätzlich ein Low-Level-Fehler geworfen. Der Umgang mit HALCON Low-Level-Fehlern wird durch *'do_low_error'* in set_system bestimmt.

'file_type': Legt das zu schreibende Dateiformat fest. Der entsprechende Eintrag in GenParamValue muss auf *'hdict'* (Standardwert) oder *'json'* gesetzt werden. Ist dieser Parameter nicht gesetzt, wird der Typ aus der Dateiendung ermittelt. Ist diese nicht aussagekräftig, wird *'hdict'* verwendet.

'compact_json': Legt fest, ob JSON-Dateien in einer kompakten Schreibweise ohne überflüssigen Whitespace oder von Menschen lesbar mit Zeilenumbrüchen und Einrückung geschrieben werden. In beiden Fällen enthält die Datei die gleiche inhaltliche Information. Der entsprechende Eintrag in GenParamValue muss auf *'true'* (Standardwert) oder *'false'* gesetzt werden.

'use_json_arrays': Legt fest, ob beim Schreiben von JSON-Dateien versucht werden soll, Dictionaries wenn möglich als JSON-Arrays zu schreiben. Dafür müssen die Dictionaries lediglich Integer-Schlüssel in von null an aufsteigender Reihenfolge beinhalten. Der entsprechende Eintrag in GenParamValue muss auf *'true'* (Standardwert) oder *'false'* gesetzt werden.

Parameter

▷ **DictHandle** (input_control) ..... dict ⇝ *handle*
Handle des Dictionaries.
Parameteranzahl: DictHandle == 1

▷ **FileName** (input_control) ..... filename.write ⇝ *string*
Dateiname der zu lesenden Datei.
Dateiendung: .hdict

▷ **GenParamName** (input_control) ..... attribute.name(-array) ⇝ *string*
Name des generischen Parameters.
Default: []
Werteliste: GenParamName ∈ {'file_type', 'raise_error_if_content_not_serializable', 'compact_json', 'use_json_arrays'}

▷ **GenParamValue** (input_control) . . . . . attribute.name(-array) ⇝ *string* / integer / real
Wert des generischen Parameters.
Default: []
Wertevorschläge: `GenParamValue` ∈ {'hdict', 'json', 'true', 'false', 'low_level'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `write_dict` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`read_dict`, `deserialize_handle`, `create_dict`

Nachfolger

`read_dict`, `create_dict`

Siehe auch

`read_dict`, `serialize_handle`, `deserialize_handle`, `dict_to_json`

Modul

Foundation

29.4 Elementauswahl

tuple_find (: : Tuple, ToFind : Indices)

Suchen eines Tupels in einem anderem Tupel und Rückgabe der Indizes.

`tuple_find` sucht im Eingabetupel `Tuple` in aufsteigender Reihenfolge das zweite Eingabetupel `ToFind` und liefert als Resultat die Indizes der gefundenen Subtupel (bezogen auf das Eingabetupel `Tuple`) in dem Ergebnistupel `Indices` zurück. Besteht `Tuple` zum Beispiel aus den Werten [3,4,5,6,1,2,3,4,0] und enthält `ToFind` die beiden Werte [3,4], so beinhaltet das Ausgabetupel `Indices` die Ergebniswerte [0,6]. Falls im ersten Eingabetupel `Tuple` das zweite Eingabetupel `ToFind` nicht enthalten ist, so wird -1 im Ergebnistupel `Indices` zurückgegeben. Die Eingabetupel dürfen Strings und Zahlen auch gemischt enthalten.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_find`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Indices := find(Tuple, ToFind)
```

Parameter

▷ **Tuple** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
Eingabetupel mit zu untersuchenden Strings.

▷ **ToFind** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
Eingabetupel mit zu suchenden Werten.

▷ **Indices** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Indizes der gefundenen Subtupel in dem zu untersuchenden Tupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_find_first, tuple_find_last, tuple_sort, tuple_inverse, tuple_equal_elem

Modul

Foundation

tuple_find_first (: : Tuple, ToFind : Index)

Suchen nach dem Index des ersten gefundenen Subtupel in einem Tupel.

tuple_find_first durchsucht Tuple in aufsteigender Reihenfolge nach dem zweiten Tupel ToFind und gibt den entsprechenden Index bezüglich Tuple zurück. Beispielsweise liefert tuple_find_first für Tuple mit den Werten [3,4,5,6,1,2,3,4,0] und ToFind mit den Werten [3,4] für Index den Wert 0. Enthält Tuple ToFind nicht, so liefert der Operator für Index den Wert -1. Der Operator akzeptiert gemischte Eingabe-Tupel aus Zahlen und Strings.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_find_first, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Index := find_first(Tuple, ToFind)
```

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel mit zu untersuchenden Strings.
- ▷ **ToFind** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel mit zu suchenden Werten.
- ▷ **Index** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Index des ersten gefundenen Subtupel in dem zu untersuchenden Tupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_find, tuple_find_last, tuple_sort, tuple_equal_elem

Modul

Foundation

tuple_find_last (: : Tuple, ToFind : Index)

Suchen nach dem Index des letzten gefundenen Subtupel in einem Tupel.

tuple_find_last durchsucht Tuple rückwärts, d.h. in absteigender Reihenfolge, nach der ersten Übereinstimmung mit den Werten des zweiten Tupels ToFind und gibt den entsprechenden Index bezüglich Tuple zurück. Beispielsweise liefert tuple_find_last für Tuple mit den Werten [3,4,5,6,1,2,3,4,0] und ToFind mit den Werten [3,4] für Index den Wert 6. Enthält Tuple ToFind nicht, so liefert der Operator für Index den Wert -1. Der Operator akzeptiert gemischte Eingabe-Tupel aus Zahlen und Strings.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_find_last`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Index := find_last(Tuple, ToFind)
```

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel mit zu untersuchenden Strings.
- ▷ **ToFind** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel mit zu suchenden Werten.
- ▷ **Index** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Index des letzten gefundenen Subtupel in dem zu untersuchenden Tupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_find`, `tuple_find_first`, `tuple_sort`, `tuple_equal_elem`

Modul

Foundation

tuple_first_n (: : Tuple, Index : Selected)

Auswählen der vorderen Elemente eines Tupels bis zum Index „n“.

`tuple_first_n` wählt die vorderen Elemente des Tupels `Tuple` bis zum Index `Index` aus und liefert sie in dem Ausgabetupel `Selected` zurück. Der Index eines Tupelelements wird beginnend mit 0 gezählt, das heißt, das erste Tupelelement wird über den Index 0 ausgewählt. Insgesamt werden also `Index`+1 Elemente zurückgeliefert.

`Index` muss eine ganze Zahl sein (oder eine Gleitkommazahl, deren Nachkommastellen 0 sind).

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls `Tuple` leer ist, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_first_n`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Selected := firstn(Tuple, Index)
```

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel.
- ▷ **Index** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Index des letzten auszuwählenden Elements.
- ▷ **Selected** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Ausgewählte Tupelelemente.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_last_n, tuple_select, tuple_str_bit_select, tuple_concat, tuple_select_mask

Siehe auch

tuple_remove

Modul

Foundation

tuple_last_n (: : Tuple, Index : Selected)

Auswählen aller Elemente ab Index „n“ bis um Ende eines Tupels.

tuple_last_n wählt die hinteren Elemente des Tupels Tuple aus und liefert sie in dem Ausgabetupel Selected zurück. Selected enthält dann alle Elemente des Tupels Tuple ab dem „n-ten“ Element (inklusive des „n-ten“ Elements). Der Index „n“ wird durch den Parameter Index festgelegt. Folgerichtig muss Index eine ganze Zahl beinhalten (falls Index eine Gleitkommazahl enthält, so muss diese eine ganze Zahl repräsentieren; alle Nachkommastellen der Zahl müssen also 0 sein). Der Index eines Tupelelements wird beginnend mit 0 gezählt, das heißt, das erste Tupelelement wird über den Index 0 ausgewählt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls Tuple leer ist, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_last_n, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Selected := lastn(Tuple, Index)
```

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel.
- ▷ **Index** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Index des ersten auszuwählenden Elements.
- ▷ **Selected** (output_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Ausgewählte Tupelelemente.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_first_n, tuple_select, tuple_str_bit_select, tuple_concat, tuple_select_mask

Siehe auch

tuple_remove

Modul

Foundation

tuple_select (: : Tuple, Index : Selected)

Auswählen einzelner Elemente aus einem Tupel.

tuple_select wählt einzelne Elemente aus einem Tupel Tuple aus und liefert sie über den Parameter Selected zurück. Der Parameter Index gibt hierbei einen oder mehrere Indizes an, über die festgelegt wird,

welche Elemente ausgewählt werden. Folgerichtig darf Index ausschließlich ganze Zahlen beinhalten (falls Index eine Gleitkommazahl enthält, so muss diese eine ganze Zahl repräsentieren; alle Nachkommastellen der Zahl müssen also 0 sein). Tupelindizes werden beginnend mit 0 gezählt, das heißt, das erste Tupelelement wird über den Index 0 ausgewählt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls Tuple leer ist, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_select, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Selected := Tuple[Index]
Selected := subset(Tuple, Index)
```

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel.
- ▷ **Index** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Indizes der auszuwählenden Elemente.
- ▷ **Selected** (output_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Ausgewähltes Tupelelement.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_first_n, tuple_last_n, tuple_str_bit_select, tuple_concat, tuple_select_range, tuple_select_rank

Siehe auch

tuple_remove

Modul

Foundation

tuple_select_mask (: : Tuple, Mask : Selected)

Auswählen einzelner Elemente aus einem Tupel anhand einer Maske.

tuple_select_mask wählt einzelne Elemente aus einem Tupel Tuple aus und gibt sie mit dem Parameter Selected zurück. Der Parameter Mask legt für jedes Element fest, ob es ausgewählt wird. Ist der Wert größer als 0, so wird das entsprechende Element in Selected übernommen. Folgerichtig darf Mask ausschließlich Zahlen beinhalten und muss die gleiche Länge wie Tuple haben.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls beide Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück. Falls nur eins der Eingabetupel leer ist und das andere nicht, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_select_mask, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Selected := select_mask(Tuple, Mask)
```

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel.
- ▷ **Mask** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Spezifiziert jeweils mit >0 die auszuwählenden Elemente.
- ▷ **Selected** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Ausgewählte Tupelelemente.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_first_n`, `tuple_last_n`, `tuple_str_bit_select`, `tuple_concat`, `tuple_select`, `tuple_select_range`, `tuple_select_rank`

Siehe auch

`tuple_remove`

Modul

Foundation

`tuple_select_range ( : : Tuple, Leftindex, Rightindex : Selected )`

Auswählen mehrerer Elemente eines Tupels.

`tuple_select_range` wählt mehrere aufeinanderfolgende Elemente eines Tupels `Tuple` aus und liefert sie über den Parameter `Selected` zurück. Der Parameter `Leftindex` gibt hierbei den Index des ersten auszuwählenden Tupelelements und der Parameter `Rightindex` den Index des letzten auszuwählenden Tupelelements an. Folgerichtig müssen beide Parameter `Leftindex` und `Rightindex` eine ganze Zahl beinhalten (falls sie eine Gleitkommazahl enthalten, so muss diese eine ganze Zahl repräsentieren; alle Nachkommastellen der Zahl müssen also 0 sein). Der Index eines Tupelelements wird beginnend mit 0 gezählt, das heißt, das erste Tupelelement wird über den Index 0 ausgewählt. Das Ergebnistupel `Selected` enthält dann alle Elemente von `Tuple`, die zwischen den Positionen `Leftindex` und `Rightindex` stehen (inklusive der Elemente mit dem Index `Leftindex` und `Rightindex`). Sind beide Indices gleich groß, so wird ein einzelnes Element ausgewählt. Der Parameter `Rightindex` kann darüber hinaus auch um 1 kleiner sein, als `Leftindex`. In diesem Fall wird, wenn `Leftindex` oder `Rightindex` ein gültiger Index sind, ein leeres Tupel zurück geliefert. Der Index in `Rightindex` muss somit immer größer oder gleich `Leftindex` - 1 sein.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls `Leftindex` und `Rightindex` leere Tupel sind, wird ein leerer Tupel zurückgegeben. Wenn nur einer dieser beiden Parameter oder `Tuple` ein leeres Tupel ist, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_select_range`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Selected := Tuple[Leftindex:Rightindex]
```

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel.
- ▷ **Leftindex** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Index des ersten auszuwählenden Elements.
- ▷ **Rightindex** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Index des letzten auszuwählenden Elements.
- ▷ **Selected** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Ausgewählte Tupelelemente.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_select, tuple_first_n, tuple_last_n, tuple_select_mask, tuple_str_bit_select, tuple_concat, tuple_select_rank

Siehe auch

tuple_remove

Modul

Foundation

tuple_select_rank (: : Tuple, RankIndex : Selected)

Auswählen eines Elements mit Rang n aus einem Tupel.

tuple_select_rank sortiert die Elemente aus einem Tupel Tuple in aufsteigender Reihenfolge und liefert das Element mit Rang n über den Parameter Selected zurück. Der Parameter RankIndex gibt hierbei den Index des ausgewählten Elements an. Folgerichtig darf RankIndex ausschließlich eine ganze Zahl beinhalten (falls RankIndex eine Gleitkommazahl enthält, so muss diese eine ganze Zahl repräsentieren; alle Nachkommastellen der Zahl müssen also 0 sein). Tupelindizes werden beginnend mit 0 gezählt, das heißt, das niedrigste Tupelelement wird über den Index 0 ausgewählt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls Tuple leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_select_rank, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Selected := select_rank(Tuple, RankIndex)
```

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *integer* / real
  Eingabetupel.
- ▷ **RankIndex** (input_control) ..... number ⇝ *integer* / real
  Rang des auszuwählenden Elements.
- ▷ **Selected** (output_control) ..... number ⇝ *integer* / real
  Ausgewähltes Tupelelement.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_sort_index, tuple_sort

Siehe auch

tuple_median, tuple_select

Modul

Foundation

tuple_str_bit_select (: : Tuple, Index : Selected)

Auswählen eines einzelnen Zeichens oder Bits aus einem Tupel.

tuple_str_bit_select wählt aus einem Tupel Tuple von Strings und/oder Zahlen ein einzelnes Zeichen beziehungsweise Bit aus und gibt es in dem Ausgabetupel Selected zurück. Tuple kann hierbei aus Strings und/oder ganzen Zahlen bestehen. Welches Zeichen beziehungsweise Bit ausgewählt wird, hängt von dem Eingabeparameter Index ab, der ausschließlich aus einer Zahl „n“ bestehen darf. Ist dies eine Gleitkommazahl, so muss sie eine ganze Zahl repräsentieren (d.h., alle Nachkommastellen müssen 0 sein). Das Ausgabetupel Selected enthält nun für jedes Element aus Tuple ein neues Element, das aus dem „n-ten“ Zeichen (bei Strings) beziehungsweise dem „n-ten“ Bit (bei ganzen Zahlen) des korrespondierenden Elements von Tuple besteht.

Falls Tuple leer ist, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

Unicode Codepoints versus Bytes

Der Index bezieht sich auf Unicode Codepoints. Ein Codepoint kann aus mehreren Bytes im UTF-8 String zusammengesetzt sein. Wenn der Index sich auf die Bytes des Strings beziehen soll, kann dieser Operator mit set_system('tsp_tuple_string_operator_mode','byte') in einen Byte-Modus umgeschaltet werden. Wenn *'filename_encoding'* auf *'locale'* gesetzt ist (legacy), verwendet dieser Operator immer den Byte-Modus.

Für allgemeine Informationen zu String-Operationen siehe auch Tupel / String-Operationen.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_str_bit_select, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Selected := Tuple{Index}
```

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *string* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Index** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Position des Zeichens oder Bits.
- ▷ **Selected** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *string* / integer
  Tupel mit den ausgewählten Zeichen und Bits.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_select, tuple_first_n, tuple_last_n, tuple_concat, tuple_strchr, tuple_strrchr, tuple_str_first_n, tuple_str_last_n, tuple_substr, tuple_and, tuple_or, tuple_xor, tuple_not

Siehe auch

tuple_remove

Modul

Foundation

tuple_uniq (: : Tuple : Uniq)

Eliminieren direkt aufeinanderfolgender Wiederholungen identischer Elemente in einem Tupel.

tuple_uniq eliminiert aus dem Eingabetupel Tuple direkt aufeinanderfolgende Wiederholungen und liefert die verbleibenden Elemente im Ausgabetupel Uniq zurück. Besteht Tuple zum Beispiel aus den Werten [0,0,1,1,1,2,0,1], so beinhaltet das Ausgabetupel Uniq die Werte [0,1,2,0,1]. Im Eingabetupel dürfen Strings und Zahlen auch gemischt vorkommen.

Um ein Tupel `Uniq` zu erhalten, das jeden verschiedenen Eintrag von `Tuple` genau einmal enthält, sollte vorher der Operator `tuple_sort` angewendet werden. Dabei ist zu beachten, dass das Ausgabetupel `Uniq` dann jedoch sortiert ist. Das Resultat des obigen Beispiels ist dann [0,1,2].

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_uniq`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Uniq := uniq(Tuple)
```

Wie oben bereits erwähnt kann `tuple_sort` benutzt werden, um das Tupel `Uniq` zu erhalten, das jeden verschiedenen Eintrag von `Tuple` genau einmal enthält.

```
Uniq := uniq(sort(Tuple))
```

Parameter

- ▷ **`Tuple`** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel.
- ▷ **`Uniq`** (output_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Tupel ohne aufeinanderfolgende identische Elemente.

Beispiel

```
Tuple := [0,0,1,1,1,2,0,1]
*
tuple_uniq (Tuple, Uniq)
*
tuple_sort (Uniq, Sorted)
tuple_uniq (Sorted, Uniq1)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`tuple_inverse`, `tuple_sort`

Alternativen

`tuple_intersection`

Modul

Foundation

29.5 Elementreihenfolge

`tuple_inverse` (: : Tuple : Inverted)

Invertieren eines Tupels.

`tuple_inverse` invertiert das Eingabetupel `Tuple`. Das Ergebnistupel `Inverted` enthält also dieselben Elemente wie `Tuple` jedoch in umgekehrter Reihenfolge.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_inverse`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Inverted := inverse(Tuple)
```

Parameter

▷ **`Tuple`** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
Eingabetupel.

▷ **`Inverted`** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
Inversion des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_sort`, `tuple_sort_index`

Modul

Foundation

`tuple_sort` (: : Tuple : Sorted)

Sortieren der Elemente eines Tupels in aufsteigender Reihenfolge.

`tuple_sort` sortiert die Elemente des Eingabetupels `Tuple` in aufsteigender Reihenfolge und liefert das Resultat in dem Ergebnistupel `Sorted` zurück. Als Voraussetzung hierfür müssen alle Elemente von `Tuple` vergleichbar sein, das heißt, entweder `Tuple` besteht gänzlich aus Strings oder es enthält ausschließlich Zahlen, wobei in letzterem Fall auch ganze Zahlen und Gleitkommazahlen vermischt auftreten dürfen.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_sort`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Sorted := sort(Tuple)
```

Parameter

▷ **`Tuple`** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
Eingabetupel.

▷ **`Sorted`** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
Sortiertes Tupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

`tuple_sort_index`, `tuple_inverse`

Modul

Foundation

tuple_sort_index (: : Tuple : Indices)

Sortieren eines Tupels und Rückgabe der Indizes des sortierten Tupels.

tuple_sort_index sortiert die Elemente des Eingabetupels Tuple in aufsteigender Reihenfolge und liefert als Resultat die Indizes der Elemente des sortierten Tupels (bezogen auf das Eingabetupel) in dem Ergebnistupel Indices zurück. Als Voraussetzung hierfür müssen alle Elemente von Tuple vergleichbar sein, das heißt, entweder Tuple besteht gänzlich aus Strings oder es enthält ausschließlich Zahlen, wobei in letzterem Fall auch ganze Zahlen und Gleitkommazahlen auch vermischt auftreten dürfen.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_sort_index, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Indices := sort_index(Tuple)
```

Parameter

▷ **Tuple** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer / real / string*
Eingabetupel.

▷ **Indices** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Sortiertes Tupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_sort, tuple_inverse

Modul

Foundation

29.6 Generierung

clear_handle (: : Handle :)

Gibt den Inhalt eines Handles frei.

clear_handle gibt den Inhalt des Handles Handle frei. Das Handle ist danach in einem freigegebenen Zustand und kann nicht mehr mit anderen Operatoren verwendet werden.

In der Regel werden Handles automatisch freigegeben, wenn alle Referenzen in allen Tupeln überschrieben wurden. clear_handle kann eingesetzt werden, um ein Handle zu einem definierten Zeitpunkt freizugeben, auch wenn es noch Referenzen auf dieses Handle gibt.

clear_handle gibt Handles beliebigen Typs frei und kann daher anstelle von typspezifischen Freigabeoperatoren wie clear_matrix oder clear_shape_model verwendet werden.

Parameter

▷ **Handle** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *handle*
Das freizugebende Handle.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, d.h. enthält Handle ein Handle, dann liefert clear_handle den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator modifiziert den Zustand des folgenden Eingabeparameters:

- Handle

Während der Ausführung dieses Operators muss der Zugriff auf den Wert dieses Parameters synchronisiert werden, wenn er über mehrere Threads hinweg verwendet wird.

Siehe auch

`tuple_is_valid_handle`

Modul

Foundation

tuple_concat (: : T1, T2 : Concat)

Verknüpfen zweier Tupel zu einem neuen Tupel.

`tuple_concat` verknüpft die zwei Eingabetupel `T1` und `T2` zu einem neuen Tupel `Concat`, dessen vordere Elemente aus den Elementen von `T1` und dessen hintere Elemente aus denen von `T2` bestehen.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_concat`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Concat := [T1, T2]
```

Parameter

▷ **T1** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
Eingabetupel 1.

▷ **T2** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
Eingabetupel 2.

▷ **Concat** (output_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
Ergebnis der Verknüpfung der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_gen_const`, `tuple_str_bit_select`, `tuple_select`, `tuple_str_first_n`, `tuple_str_last_n`, `tuple_substr`

Siehe auch

`tuple_remove`

Modul

Foundation

tuple_constant (: : Name : Value)

Erstellt ein Tuple mit dem Wert einer Konstante der HDevelop-Sprache.

`tuple_constant` erstellt ein Tuple mit dem Wert einer Konstante der HDevelop-Sprache.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_constant`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Value := constant(Name)
```

Achtung

H_INT64_MIN und H_INT64_MAX erzeugen beide einen Fehler, wenn 32-Bit-HALCON verwendet wird, da sie nicht in dem dann von Tupeln verwendeten 32-Bit-Integer abgebildet werden können.

H_INT_MIN und H_INT_MAX erzeugen jeweils unterschiedliche Werte, je nachdem, ob 32- oder 64-bit HALCON verwendet wird.

Parameter

▷ **Name** (input_control) . . . . . tuple ⇝ *string*
Der Name der HDevelop Sprachkonstante als String.
Default: 'H_INT32_MIN'
Werteliste: `Name` ∈ {'H_INT_MIN', 'H_INT_MAX', 'H_INT32_MIN', 'H_INT32_MAX', 'H_INT64_MIN', 'H_INT64_MAX', 'H_FLOAT32_MIN', 'H_FLOAT32_MAX', 'H_FLOAT32_MIN_POSITIVE', 'H_FLOAT32_EPSILON', 'H_FLOAT64_MIN', 'H_FLOAT64_MAX', 'H_FLOAT64_MIN_POSITIVE', 'H_FLOAT64_EPSILON', 'H_FLOAT_INFINITY', 'H_FLOAT_NEG_INFINITY', 'H_FLOAT_NAN', 'HNULL', 'H_MSG_TRUE', 'H_MSG_FALSE', 'H_MSG_VOID', 'H_MSG_FAIL', 'H_TYPE_INT', 'H_TYPE_REAL', 'H_TYPE_STRING', 'H_TYPE_HANDLE', 'H_TYPE_MIXED', 'H_TYPE_ANY', 'true', 'false'}

▷ **Value** (output_control) . . . . . tuple ⇝ *integer* / real / handle
Der Wert der Konstante.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

`tuple_gen_const ( : : Length, Const : Newtuple )`

Erzeugen eines Tupels definierter Länge mit einer initialen Belegung.

`tuple_gen_const` erzeugt ein neues Tupel und gibt es in `Newtuple` zurück. Die Anzahl der Tupelelemente wird mit dem Parameter `Length` festgelegt. `Length` darf folglich nur aus einer einzigen Zahl bestehen. Enthält `Length` eine Gleitkommazahl, so darf diese nur eine ganze Zahl enthalten (alle Nachkommastellen müssen 0 sein). Der Datentyp der einzelnen Elemente des neu generierten Tupels und die initiale Belegung der Elemente wird durch den zweiten Eingabeparameter `Const` festgelegt. `Const` darf nur ein einziges Element enthalten. Alle Elemente von `Newtuple` entsprechen dann in ihrem Typ und ihrer Belegung exakt dem Datenelement von `Const`.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder mehrere Eingabetupel leer sind, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_gen_const`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Newtuple := gen_tuple_const(Length, Const)
```

Parameter

▷ **Length** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer* / real
Länge des zu erzeugenden Tupels.

▷ **Const** (input_control) . . . . . tuple ⇝ *integer* / real / string / handle
Konstante für die Initialisierung der Tupelelemente.

▷ **Newtuple** (output_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
Neues Tupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_str_bit_select, tuple_select, tuple_str_first_n, tuple_str_last_n, tuple_concat, tuple_insert, tuple_replace, tuple_gen_sequence

Siehe auch

tuple_rand

Modul

Foundation

tuple_gen_sequence (: : Start, End, Step : Sequence)

Erzeugen eines Tupels mit einer Sequenz von äquidistanten Werten.

tuple_gen_sequence erzeugt einen neuen Tupel Sequence mit einer Sequenz von äquidistanten Werten:

[Start, Start + Step, Start + 2*Step, ... End]

Step darf nicht Null sein und das Vorzeichen von (End - Start) muss dem Vorzeichen von Step entsprechend. Der letzte Wert in Sequence kann kleiner sein als End, wenn (End - Start) nicht ganzzahlig durch Step teilbar ist.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder mehrere Eingabetupel leer sind, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_gen_sequence, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

Sequence := [Start:Step:End]

Alternative Syntax: Sequence := [Start:End], wobei Step auf *1* gesetzt wird.

Parameter

▷ **Start** (input_control) ..... number ⇝ *integer* / real
Startwert der Sequenz.

▷ **End** (input_control) ..... number ⇝ *integer* / real
Endwert der Sequenz.

▷ **Step** (input_control) ..... number ⇝ *integer* / real
Inkrement.

▷ **Sequence** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *integer* / real
Ergebnissequenz.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_str_bit_select, tuple_select, tuple_str_first_n, tuple_str_last_n, tuple_concat, tuple_insert, tuple_replace, tuple_gen_const

Siehe auch

tuple_rand

Modul

Foundation

tuple_rand (: : Length : Rand)

Erzeugen eines Tupels von Zufallszahlen zwischen 0 und 1.

tuple_rand gibt ein Tupel von Zufallszahlen zurück, die im Intervall [0,1) liegen. Dabei bestimmt der Parameter Length die Anzahl der Elemente des Ausgabetupels, d.h. wie viele Zufallszahlen generiert werden sollen.

Die Zufallszahlen werden mit Hilfe der C-Funktion „drand48()“ generiert. Für Informationen zu den verwendeten Seeds siehe den Parameter *'seed_rand'* in set_system.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_rand, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Rand := rand(Length)
```

Parameter

- ▷ **Length** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer*
  Länge des zu erzeugenden Tupels.
- ▷ **Rand** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real*
  Tupel von Zufallszahlen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

tuple_gen_const

Modul

Foundation

tuple_repeat (: : Tuple, Num : Result)

Wiederholt ein Tupel.

tuple_repeat wiederholt Tuple Num-mal und gibt das Ergebnis in Result zurück. Folglich enthält Result Num-mal mehr Elemente als Tuple. Beispielsweise stimmen die ersten Num Elemente von Result elementweise mit den Elementen von Tuple überein. Num muss positiv und ganzzahlig sein (auch bei Datentyp real). Ist Num gleich 0, so gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_repeat, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Result := rep(Tuple, Num)
```

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string / handle
  Eingabetupel.
- ▷ **Num** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / real
  Anzahl an Wiederholungen.
- ▷ **Result** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string / handle
  Tupel mit mehreren Wiederholungen.

Beispiel

```
tuple_repeat (['a', 'b', 'c'], 2, Result)
* Returns ['a', 'b', 'c', 'a', 'b', 'c']
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_gen_const`, `tuple_concat`

Siehe auch

`tuple_repeat_elem`

Modul

Foundation

tuple_repeat_elem (: : Tuple, Num : Result)

Wiederholen der Elemente eines Tupels.

`tuple_repeat_elem` wiederholt die einzelnen Elemente von `Tuple` jeweils `Num`-mal und gibt das Ergebnis in `Result` zurück. Folglich enthält `Result` `Num`-mal mehr Elemente als `Tuple`. Die ersten `Num` Elemente von `Result` sind beispielsweise identisch zum ersten Element von `Tuple`. `Num` muss positiv und ganzzahlig sein (auch bei Datentyp `real`). Ist `Num` gleich 0, so gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_repeat_elem`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Result := rep_elem(Tuple, Num)
```

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string / handle
  Eingabetupel.
- ▷ **Num** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer* / real
  Anzahl an Wiederholungen.
- ▷ **Result** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string / handle
  Tupel mit wiederholten Elementen.

Beispiel

```
tuple_repeat_elem (['a', 'b', 'c'], 2, Result)
* Returns ['a', 'a', 'b', 'b', 'c', 'c']
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_concat`, `tuple_gen_const`

Siehe auch

`tuple_repeat`

Modul

Foundation

29.7 Konversion

`handle_to_integer` (: : `Handle` : `CastedHandle`)

Konvertiert ein Handle in eine Ganzzahl.

Es wird nicht empfohlen, diesen Operator in HDevelop zu verwenden. Er existiert nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität.

`handle_to_integer` konvertiert das Handle `Handle` in eine Integerdarstellung und gibt diese in `CastedHandle` zurück.

Sobald alle Instanzen des Handles in allen Tupeln überschrieben wurden, wird das Handle und sein Inhalt automatisch freigegeben und `CastedHandle` wird ungültig.

Achtung

Es wird nicht empfohlen, diesen Operator in HDevelop zu verwenden. Er existiert nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität.

Parameter

▷ **`Handle`** (input_control) . . . . . handle(-array) ⇝ *handle*
Das zu konvertierende Handle.

▷ **`CastedHandle`** (output_control) . . . . . pointer(-array) ⇝ *integer*
Das in einen Integer umgewandelte Handle.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `handle_to_integer` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

`integer_to_handle`

Modul

Foundation

`integer_to_handle` (: : `IntegerHandle` : `Handle`)

Konvertiert eine Ganzzahl in ein Handle.

Es wird nicht empfohlen, diesen Operator in HDevelop zu verwenden. Er existiert nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität.

`integer_to_handle` konvertiert den Integer `IntegerHandle`, der ein Handle repräsentiert, in ein Handle und gibt dieses in `Handle` zurück.

Das Handle wird automatisch freigegeben, wenn alle Referenzen darauf in allen Handles überschrieben wurden. Falls `IntegerHandle` in diesem Fall weiterhin verwendet werden soll, muss eine Referenz auf das zurückgegebene `Handle` behalten werden, um die automatische Freigabe zu unterbinden.

Achtung

Es wird nicht empfohlen, diesen Operator in HDevelop zu verwenden. Er existiert nur aus Gründen der Rückwärtskompatibilität.

Parameter

- ▷ **IntegerHandle** (input_control) . . . . . pointer(-array) ⇝ *integer*
  Das zu konvertierende Handle in Integer-Darstellung.
- ▷ **Handle** (output_control) . . . . . handle(-array) ⇝ *handle*
  Das Handle vom korrekten Handle-Typ.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `integer_to_handle` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Dieser Operator liefert ein Handle zurück. Es ist zu beachten, dass der Zustand einer Instanz dieses Handletyps durch bestimmte Operatoren geändert werden kann, obwohl das Handle als Eingabeparameter in diesen Operatoren verwendet wird.

Siehe auch

`handle_to_integer`

Modul

Foundation

tuple_chr (: : T : Chr)

Konvertieren eines Tupels von ganzen Zahlen in ein Tupel von Strings.

`tuple_chr` konvertiert das Eingabetupel `T`, bestehend aus ganzen Zahlen, in ein Tupel aus Strings der Länge 1. Wenn die Stringkodierung der HALCON Bibliothek UTF-8 ist (siehe `set_system('filename_encoding','utf8')`) und die String-Operatoren auf der Basis von Codepoints arbeiten (siehe `set_system('tuple_string_operator_mode','codepoint')`), was für beide Optionen die Standardeinstellung ist, akzeptiert der Operator beliebige Unicode-Zeichencodes und gibt Strings mit der entsprechenden UTF-8 Repräsentation der Unicode-Zeichen zurück. Wenn die Stringkodierung der HALCON Bibliothek *'locale'* ist oder die String-Operatoren im Modus *'byte'* arbeiten, akzeptiert der Operator nur ganze Zahlen zwischen 0 und 256. In diesem Fall gibt der Operator `tuple_chr` Strings mit jeweils einer Länge von einem Byte zurück, wobei die Eingabezahl ein ANSI-Code ist. Detailliertere Informationen zu den verschiedenen Modi und weitere Aspekte zur Stringkodierung sind unter Tupel / String-Operationen zu finden.

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_chr`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Chr := chr(T)
```

Parameter

▷ **T** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Eingabetupel mit Unicode-Zeichencodes oder ANSI-Codes.
Restriktion: 0 <= T

▷ **Chr** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Ausgabetupel mit Strings, die aus den Zeichencodes im Eingabetupel generiert wurden.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_chrt

Siehe auch

tuple_ord, tuple_ords

Modul

Foundation

tuple_chrt (: : T : Chrt)

Konvertieren eines Tupels von ganzen Zahlen in ein Tupel von Strings.

tuple_chrt konvertiert das Eingabetupel T, bestehend aus ganzen Zahlen, in ein Tupel aus Strings und Einträgen mit der Zahl 0. Alle anderen Zahlen im Eingabetupel werden in Zeichen konvertiert, die bis zur nächsten 0 im Eingabetupel jeweils zu einem String zusammengefasst werden. Wenn die Stringkodierung der HALCON Bibliothek UTF-8 ist (siehe set_system ('filename_encoding','utf8')) und die String-Operatoren auf der Basis von Codepoints arbeiten (siehe set_system('tuple_string_operator_mode','codepoint')), was für beide Optionen die Standardeinstellung ist, interpretiert der Operator die Eingabezahlen als Unicode-Zeichencodes und wandelt diese in die entsprechende UTF-8 Darstellung der jeweiligen Zeichen um. Wenn die Stringkodierung der HALCON Bibliothek *'locale'* ist oder die String-Operatoren im Modus *'byte'* arbeiten, akzeptiert der Operator nur ganze Zahlen zwischen 0 und 256. Diese werden als ANSI-Code interpretiert und Byte für Byte zu einem String zusammengesetzt. In diesem Modus wird nicht überprüft, ob die Bytefolgen in den Ergebnisstrings gültige Zeichen entsprechend der eingestellten Stringkodierung ergeben. Detailliertere Informationen zu den verschiedenen Modi und weitere Aspekte zur Stringkodierung sind unter Tupel / String-Operationen zu finden.

Der Operator versucht so viele Eingabezahlen wie möglich in einem String zusammenzufassen. Ist das nächste Element im Eingabetupel eine 0, wird der aktuelle String abgeschlossen und die Zahl 0 zum Ausgabetupel hinzugefügt. Folgen im Eingabetupel weitere Zahlen ungleich 0, wird ein neuer String angefangen. Der Operator tuple_chrt kann benutzt werden, um mit read_serial eingelesene Daten in Strings umzuwandeln. Dieses Vorgehen erlaubt auch das Lesen von Bytes mit dem Wert 0.

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_chrt, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Chrt := chrt(T)
```

Parameter

▷ **T** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Eingabetupel mit ganzen Zahlen.
Restriktion: 0 <= T

▷ **Chrt** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / integer
Ausgabetupel mit Strings, welche durch die Zahl 0 voneinander getrennt sind.

Beispiel

```
read_serial (SerialHandle, 100, Data)
tuple_chrt (Data, Strings)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_chr

Siehe auch

tuple_ord, tuple_ords, read_serial

Modul

Foundation

tuple_int (: : T : Int)

Konvertieren eines Tupels in ein Tupel von ganzzahligen Werten.

tuple_int konvertiert das Eingabetupel T in ein Tupel von von ganzzahligen Werten. Dabei wird T abgeschnitten. Die Konversion von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_int, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Int := int(T)
```

Parameter

▷ **T** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
Eingabetupel.

▷ **Int** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *integer*
Ergebnis der Konversion in ganze Zahlen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_round

Modul

Foundation

tuple_number (: : T : Number)

Konvertieren eines Tupels (von Strings) in ein Tupel von Zahlen.

tuple_number konvertiert das Eingabetupel T in ein Tupel von Zahlen. Dabei werden schon vorhandene Zahlen im Eingabetupel kopiert. Strings werden in den passenden Zahlentyp (Gleitpunktzahlen oder ganze Zahlen) konvertiert oder als Strings kopiert, falls sie keine Zahl darstellen. Strings, die mit 0x bzw. 0 beginnen, werden als Hexadezimalzahlen bzw. Oktalzahlen interpretiert. Der String '20' z.B. wird in die Zahl 20 konvertiert, '020' in 16, '0x20' in 32.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

Sonderfall: Out of range integer

Falls das Eingabetupel Strings mit Ganzzahlen beinhaltet, welche nicht als Hlong (32-Bit vorzeichenbehaftete Ganzzahl für 32-Bit HALCON, 64-Bit vorzeichenbehaftete Ganzzahl für 64-Bit HALCON), repräsentiert werden können, wird eine Exception geworfen.

String padding

Fall tuple_number einen String in eine Zahl konvertiert, wird der gleiche String mit zusätzlichen Leerzeichen, sowohl am Anfang als auch am Ende, zu der gleichen Zahl konvertiert. Beispiel: number('55.6') == 55.6 and number(' 55.6 ') == 55.6

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_number, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Number := number(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *string* / real / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Number** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Eingabetupel als Zahlen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

tuple_is_number, tuple_string

Modul

Foundation

tuple_ord (: : T : Ord)

Konvertieren eines Tupels von Strings der Länge 1 in ein Tupel von ganzen Zahlen.

tuple_ord konvertiert das Eingabetupel T, das nur Strings der Länge 1 enthalten darf, in ein Tupel von Ganzzahlen. Wenn die Stringkodierung der HALCON Bibliothek UTF-8 ist (siehe set_system ('filename_encoding','utf8')) und die String-Operatoren auf der Basis von Codepoints arbeiten (siehe set_system('tuple_string_operator_mode','codepoint')), was für beide Optionen die Standardeinstellung ist, akzeptiert der Operator beliebige Unicode-Zeichen (Codepoint) als UTF-8-String und gibt den entsprechenden Unicode-Zeichencode zurück. Wenn die Stringkodierung der HALCON Bibliothek *'locale'* ist oder die String-Operatoren im Modus *'byte'* arbeiten, akzeptiert der Operator nur ein einzelnes Byte pro Eingabestring. In diesem Fall gibt der Operator tuple_ord den ANSI-Code des Eingabe-Bytes als ganze Zahl zwischen 0 und 256 zurück. Detailliertere Informationen zu den verschiedenen Modi und weitere Aspekte zur Stringkodierung sind unter Tupel / String-Operationen zu finden.

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_ord`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Ord := ord(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Eingabetupel mit Strings der Länge 1.
- ▷ **Ord** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Ausgabetupel mit den Unicode-Zeichencodes oder den ANSI-Codes der Zeichen des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_ords`

Siehe auch

`tuple_chr`, `tuple_chrt`

Modul

Foundation

tuple_ords (: : T : Ords)

Konvertieren eines Tupels von Strings in ein Tupel von ganzen Zahlen.

`tuple_ords` konvertiert das Eingabetupel `T`, das nur Strings und ganze Zahlen enthalten darf, in ein Tupel von Ganzzahlen. Wenn die Stringkodierung der HALCON Bibliothek UTF-8 ist (siehe `set_system('filename_encoding','utf8')`) und die String-Operatoren auf der Basis von Codepoints arbeiten (siehe `set_system('tuple_string_operator_mode','codepoint')`), was für beide Optionen die Standardeinstellung ist, gibt der Operator für die Eingabestrings die entsprechenden Unicode-Zeichencodes zurück. Wenn die Stringkodierung der HALCON Bibliothek *'locale'* ist oder die String-Operatoren im Modus *'byte'* arbeiten, gibt der Operator den ANSI-Code für jeden Byte des Eingabestrings zurück. In diesem Modus kann das Ergebnis von der aktuell verwenden Codepage für Strings mit nicht-ASCII Zeichen abhängen. Detailliertere Informationen zu den verschiedenen Modi und weitere Aspekte zur Stringkodierung sind unter Tupel / String-Operationen zu finden.

Entsprechend ihrer Reihenfolge innerhalb des Strings und des Tupels, werden die Zeichencodes der einzelnen Strings in das Ausgabetupel geschrieben. Ganzzahlen werden entsprechend ihrer Position im Eingabetupel in das Ausgabetupel kopiert. Der Operator `tuple_ords` kann genutzt werden, um Ausgaben mit `write_serial` vorzubereiten. Insbesondere kann zwischen zwei Strings der Wert 0 als Trenner geschrieben werden, indem die Ganzzahl 0 in das Eingabetupel `T` eingefügt wird.

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_ords`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Ords := ords(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string* / integer
  Eingabetupel mit Strings.
- ▷ **Ords** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Ausgabetupel mit den Unicode-Zeichencodes oder ANSI-Codes des Eingabestrings.

Beispiel

```
tuple_ords (['String 1', 0, 'String 2', 0], Data)
write_serial (SerialHandle, Data)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_ord

Siehe auch

tuple_chr, tuple_chrt, write_serial

Modul

Foundation

tuple_real (: : T : Real)

Konvertieren eines Tupels in ein Tupel von Gleitkommazahlen.

tuple_real konvertiert das Eingabetupel T in ein Tupel von Gleitkommazahlen. Die Konversion von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_real, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Real := real(T)
```

Parameter

▷ **T** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *real* / integer
Eingabetupel.

▷ **Real** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
Eingabetupel als Gleitkommazahlen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

tuple_round (: : T : Round)

Konvertieren eines Tupels in ein Tupel von ganzen Zahlen.

tuple_round konvertiert das Eingabetupel T in ein Tupel von ganzen Zahlen. Dabei wird T zur nächsten ganzen Zahl gerundet. Die Konversion von Strings ist nicht erlaubt.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_round`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Round := round(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Round** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer*
  Ergebnis der Rundung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_int`

Modul

Foundation

tuple_string (: : T, Format : String)

Konvertieren eines Tupels in ein Tupel von Strings.

`tuple_string` konvertiert Zahlen in Strings und modifiziert Strings. Der Operator hat zwei Parameter: `T` enthält die Zahlen oder Strings, die konvertiert werden sollen. `Format` spezifiziert die Konversion.

Im folgenden werden zuerst einige Beispiele für die Benutzung von `tuple_string` gegeben und anschließend die Struktur des `Format`-Strings erläutert.

Beispiele

Beispiele für die Konvertierung von Zahlen in Strings:

`T` (Input)	`Format` (Input)	`String` (Output)
23	'10.2f'	' 23.00'
23	'-10.2f'	'23.00 '
4	'.7f'	'4.0000000'
1234.56789	'+10.3f'	' +1234.568'
255	'x'	'ff'
255	'X'	'FF'
0xff	'.5d'	'00255'

Beispiele für die Modifikation von Strings:

`T` (Input)	`Format` (Input)	`String` (Output)
'total'	'10s'	' total'
'total'	'-10s'	'total '
'total'	'-10.3s'	'tot '

Format-String

Der `Format`-String besteht aus den folgenden vier Teilen:

```
<flags><field width><precision><conversion characters>
```

flags Null oder mehr Flags, in beliebiger Reihenfolge, die die Bedeutung der Konversionsspezifikation modifizieren. Die Flags können aus den folgenden Zeichen bestehen:

- **-** Das Ergebnis der Konversion wird links im Ergebnisfeld ausgerichtet.
- **+** Das Ergebnis einer vorzeichenbehafteten Konversion fängt immer mit dem Vorzeichen an, also + oder −.
- <**space**> Falls das erste Zeichen einer vorzeichenbehafteten Konversion kein Vorzeichen ist, wird ein Leerzeichen vor das Ergebnis eingefügt. Falls das <space> Flag und das + Flag gleichzeitig angegeben werden, wird das <space> Flag ignoriert.
- **#** Der Wert soll in eine „alternativen Form“ konvertiert werden. Für die d und s Konversionen hat dieses Flag keine Auswirkungen. Bei der o Konversion (siehe unten) erhöht es die Präzision, so dass das erste Zeichen immer als 0 ausgegeben wird. Bei den x oder X Konversionen (siehe unten) wird an Ergebnisse ungleich Null immer 0x oder 0X am Anfang eingefügt. Bei den e, E, f, g, und G Konversionen enthält das Ergebnis immer den Dezimalpunkt, selbst wenn auf den Dezimalpunkt keine Ziffern folgen. Bei den g, und G Konversionen werden außerdem, im Gegensatz zum normalen Verhalten, abschließende Nullen nicht entfernt.
- **0** Der Wert soll mit Nullen aufgefüllt werden. Für d, o, u, x, X, e, E, f, F, g, und G-Konvertierungen wird der konvertierten Wert auf der linken Seite mit Nullen statt mit Leerzeichen aufgefüllt. Wenn die 0 und − Flags erscheinen, wird das 0 Flag ignoriert. Wenn bei einer numerischen Umrechnung eine Genauigkeit gegeben ist (d, o, u, x, und X), wird das 0 Flag ignoriert. Bei anderen Konvertierungen ist das Verhalten undefiniert.

field width Eine optionale Zeichenfolge von Dezimalziffern, die eine minimale Breite des Ergebnisfeldes spezifiziert. Falls der konvertierte Wert weniger Zeichen als die Feldbreite hat, wird er links (oder rechts, falls das Linksausrichtungsflag - spezifiziert worden ist) mit Leerzeichen bis zur Feldbreite aufgefüllt.

precision Die Präzision spezifiziert die minimale Anzahl von Ziffern, die für die d, o, x, oder X Konversionen ausgegeben werden soll (das Ergebnisfeld wird mit führenden Nullen aufgefüllt). Für die e und f Konversionen spezifiziert sie die Anzahl der Ziffern, die hinter dem Dezimalpunkt erscheinen sollen, für die g Konversion die maximale Anzahl von signifikanten Stellen, und für die s Konversion die maximale Anzahl von Zeichen, die von einem String ausgegeben werden sollen. Die Präzision hat die Form **.** gefolgt von eine Folge von Dezimalzahlen. Eine leere Folge wird als Null interpretiert.

conversion characters Ein Konversionszeichen spezifiziert die Art der Konversion, die auszuführen ist:

- **d,o,x,X** Das ganzzahlige Argument wird als vorzeichenbehaftete Dezimalzahl (d), vorzeichenlose Oktalzahl (o) oder vorzeichenlose Hexadezimalzahl (x und X) ausgegeben. Die x Konversion verwendet die Zeichen und Buchstaben 0123456789abcdef, während die X Konversion 0123456789ABCDEF verwendet. Die Präzision spezifiziert hier die minimale Anzahl von Ziffern, die ausgegeben werden sollen. Wenn die zu konvertierende Zahl mit weniger Ziffern repräsentiert werden kann als das angegebene Minimum, werden führende Nullen eingefügt. Wenn nichts anderes angegeben wird, ist die Präzision 1. Wenn die Zahl 0 mit einer Präzision von 0 ausgegeben werden soll, wird ein leerer String erzeugt.
- **f** Die Gleitkommazahl im Argument wird in dezimaler Notation in folgender Art ausgegeben: [-]ddd.ddd. Hierbei ist die Anzahl Ziffern hinter dem Dezimalpunkt gleich der Präzision. Wenn die Präzision nicht angegeben wird, werden sechs Ziffern ausgegeben; wenn die Präzision explizit auf 0 gesetzt wird, werden kein Dezimalpunkt und keine Nachkommastellen ausgegeben.
- **e,E** Die Gleitkommazahl im Argument wird in dezimaler Notation in folgender Art ausgegeben: [-]d.ddde±dd, wobei genau eine Zahl vor dem Dezimalpunkt steht und die Anzahl von Ziffern hinter dem Dezimalpunkt gleich der Präzision ist. Wenn die Präzision nicht angegeben wird, werden sechs Ziffern ausgegeben; wenn die Präzision explizit auf 0 gesetzt wird, werden kein Dezimalpunkt und keine Nachkommastellen ausgegeben. In der E Konversion wird der Exponent in der Ausgabe durch E anstelle von e gekennzeichnet. Der Exponent enthält immer mindestens zwei Ziffern. Falls die auszugebende Zahl mehr als zwei Ziffern im Exponenten benötigt, werden weitere Ziffern ausgegeben.
- **g,G** Die Gleitkommazahl im Argument wird in der Art der f oder e Konversionen (oder in der Art der E Konversion, falls die G Konversion spezifiziert worden ist) ausgegeben, wobei die Präzision die Anzahl der signifikanten Stellen angibt. Die Art der Konversion hängt von der zu konvertierenden Zahl ab; die e Konversion wird nur dann verwendet, wenn der Exponent des Ergebnisses der Konversion kleiner als -4 oder größer gleich der Präzision ist. Abschließende Nullen werden aus dem Ergebnis entfernt. Ein Dezimalpunkt wird nur ausgegeben, falls er von einer Ziffer gefolgt wird.
- **s** Von dem String-Argument werden solange Zeichen ausgegeben, bis das Ende des Strings oder die in der Präzision angegebene Anzahl von Zeichen erreicht ist. Wenn die Präzision nicht angegeben wird, wird sie als unendlich groß interpretiert und alle Zeichen bis zum Ende des Strings werden ausgegeben.

b Ähnlich wie die `s` Konversion, nur dass der String sog. Backslash-Escape-Sequenzen (Zeichenfolgen, die mit
beginnen) enthalten kann, die in die Zeichen, die sie repräsentieren umgewandelt werden.

In keinem Fall führt eine nicht existierende oder ungenügende Feldbreite zur Beschneidung des Feldes; wenn das Ergebnis der Konversion breiter als die Feldbreite ist, wird das Feld verbreitert, so dass das Ergebnis hineinpasst.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder mehrere Eingabetupel leer sind, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_string`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
String := T $ Format
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Eingabetupel.
- ▷ **Format** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Format-String.
- ▷ **String** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  In Strings konvertiertes Eingabetupel.

Beispiel

```
*
* '     23.00'
tuple_string (23, '10.2f', String)
String := 23$'10.2f'
*
* '23.00     '
tuple_string (23, '-10.2f', String)
String := 23$'-10.2f'
*
* '4.0000000'
tuple_string (4, '.7f', String)
String := 4$'.7f'
*
* ' +1234.568'
tuple_string (1234.56789, '+10.3f', String)
String := 1234.56789$'+10.3f'
*
* 'ff'
tuple_string (255, 'x', String)
String := 255$'x'
*
* 'FF'
tuple_string (255, 'X', String)
String := 255$'X'
*
* '00255'
tuple_string (0xff, '.5d', String)
String := 0xff$'.5d'
*
* '     total'
tuple_string ('total', '10s', String)
String := 'total'$'10s'
*
* 'total     '
```

```
tuple_string ('total', '-10s', String)
String := 'total'$'-10s'
*
* 'tot       '
tuple_string ('total', '-10.3s', String)
String := 'total'$'-10.3s'
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_sub

Modul

Foundation

29.8 Logische Operationen

tuple_and (: : T1, T2 : And)

Berechnen des logischen Und zweier Tupel.

tuple_and berechnet das logische Und der Eingabetupel T1 und T2. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel veknüpft. Ansonsten muss entweder T1 oder T2 die Länge 1 haben. In diesem Fall wird die Operation für jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels ausgeführt. Die Eingabezahlen müssen ganze Zahlen sein.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder mehrere Eingabetupel leer sind, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_and, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
And := T1 and T2
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Eingabetupel 2.
- ▷ **And** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Logisches Und der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_or, tuple_xor, tuple_not

Siehe auch

tuple_band, tuple_bor, tuple_bxor, tuple_bnot

Modul

Foundation

tuple_not (: : T : Not)

Berechnen des logischen Nicht eines Tupels.

tuple_not berechnet das logische Nicht des Eingabetupels T. Die Eingabezahlen müssen ganze Zahlen sein.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_not, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Not := not T1
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Eingabetupel.
- ▷ **Not** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Binäres Nicht des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_and, tuple_or, tuple_xor

Siehe auch

tuple_band, tuple_bor, tuple_bxor, tuple_bnot

Modul

Foundation

tuple_or (: : T1, T2 : Or)

Berechnen des logischen Oder zweier Tupel.

tuple_or berechnet das logische Oder der Eingabetupel T1 und T2. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel veknüpft. Ansonsten muss entweder T1 oder T2 die Länge 1 haben. In diesem Fall wird die Operation für jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels ausgeführt. Die Eingabezahlen müssen ganze Zahlen sein.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder mehrere Eingabetupel leer sind, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_or, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Or := T1 or T2
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Eingabetupel 2.
- ▷ **Or** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Logisches Oder der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_and, tuple_xor, tuple_not

Siehe auch

tuple_band, tuple_bor, tuple_bxor, tuple_bnot

Modul

Foundation

tuple_xor (: : T1, T2 : Xor)

Berechnen des logischen Exklusiv-Oder zweier Tupel.

tuple_xor berechnet das logische Exklusiv-Oder der Eingabetupel T1 und T2. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel veknüpft. Ansonsten muss entweder T1 oder T2 die Länge 1 haben. In diesem Fall wird die Operation für jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels ausgeführt. Die Eingabezahlen müssen ganze Zahlen sein.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder mehrere Eingabetupel leer sind, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_xor, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Xor := T1 xor T2
```

Parameter

▷ **T1** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Eingabetupel 1.

▷ **T2** (input_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Eingabetupel 2.

▷ **Xor** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Binäres Exklusiv-Oder der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_and, tuple_or, tuple_not

Siehe auch

tuple_band, tuple_bor, tuple_bxor, tuple_bnot

Modul

Foundation

29.9 Manipulation

tuple_insert (: : Tuple, Index, InsertTuple : Extended)

Einfügen von Elementen in ein Tupel ab Index.

tuple_insert fügt einzelne Elemente aus dem Tupel InsertTuple ab Index in das Tupel Tuple ein und gibt das veränderte Tupel mit dem Parameter Extended zurück. Der Parameter Index enthält hierbei den Startindex der einzufügenden Elemente und InsertTuple die Elementwerte, die eingefügt werden. Alle nachfolgenden Tupelelemente verschieben sich nach hinten. Folgerichtig darf Index ausschließlich eine ganze Zahl beinhalten (falls Index eine Gleitkommazahl enthält, so muss diese eine ganze Zahl repräsentieren; alle Nachkommastellen der Zahl müssen also 0 sein). Tupelindizes werden beginnend mit 0 gezählt, das heißt das erste Tupelelement wird über den Index 0 ausgewählt. Falls der Indexwert der Tupellänge von Tuple entspricht, so wird InsertTuple hinten angefügt. Die Länge des Ausgabetupels Extended entspricht somit immer der Summe der Länge der beiden Eingabetupel. Besteht Tuple zum Beispiel aus den Werten [0,0,0,1,1,1] und enthalten Index und InsertTuple die Werte [3] und [2,2,2], so beinhaltet das Ausgabetupel Extended die Ergebniswerte [0,0,0,2,2,2,1,1,1]. Die Eingabetupel Tuple und InsertTuple dürfen gleichzeitig Strings und Zahlen enthalten.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder mehrere Eingabetupel leer sind, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_insert, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Extended := insert(Tuple, Index, InsertTuple)
```

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel.
- ▷ **Index** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Startindex.
- ▷ **InsertTuple** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Tupel mit den einzufügenden Elementen.
- ▷ **Extended** (output_control) ..... tuple-array ⇝ *integer* / real / string
  Tupel mit den eingefügten Elementen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_concat, tuple_replace, tuple_gen_const

Siehe auch

tuple_remove

Modul

Foundation

tuple_remove (: : Tuple, Index : Reduced)

Eliminieren einzelner Elemente aus einem Tupel.

tuple_remove eliminiert einzelne Elemente aus einem Tupel Tuple und liefert die verbleibenden Elemente über den Parameter Reduced zurück. Der Parameter Index enthält hierbei die Indizes der Elemente, die eliminiert werden sollen. Folgerichtig darf Index ausschließlich ganze Zahlen beinhalten (falls Index eine Gleitkommazahl enthält, so muss diese eine ganze Zahl repräsentieren; alle Nachkommastellen der Zahl müssen also

0 sein). Tupelindizes werden beginnend mit 0 gezählt, das heißt das erste Tupelelement wird über den Index 0 ausgewählt. Doppelte Indizes oder Indizes, die außerhalb des gültigen Bereichs liegen, werden ignoriert.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls `Tuple` leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_remove`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Reduced := remove(Tuple, Index)
```

Parameter

- ▷ **`Tuple`** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel.
- ▷ **`Index`** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Indizes der zu löschenden Elemente.
- ▷ **`Reduced`** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Verbleibende Tupelelemente.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_first_n`, `tuple_last_n`, `tuple_str_bit_select`, `tuple_concat`, `tuple_insert`, `tuple_replace`

Siehe auch

`tuple_select`, `tuple_select_mask`

Modul

Foundation

`tuple_replace` (: : Tuple, Index, ReplaceTuple : Replaced)

Ersetzen einzelner Elemente aus einem Tupel.

`tuple_replace` ersetzt einzelne Elemente aus einem Tupel `Tuple` und gibt das veränderte Tupel mit dem Parameter `Replaced` zurück. Der Parameter `Index` enthält hierbei die Indizes der Elemente und `ReplaceTuple` die entsprechenden Elementwerte, die ersetzt werden. Folglich darf `Index` ausschließlich ganze Zahlen beinhalten (falls `Index` eine Gleitkommazahl enthält, so muss diese eine ganze Zahl repräsentieren; alle Nachkommastellen der Zahl müssen also 0 sein). Tupelindizes werden beginnend mit 0 gezählt, das heißt das erste Tupelelement wird über den Index 0 ausgewählt. Falls `ReplaceTuple` nur einen Wert enthält, dann wird dieser an allen in `Index` angegebenen Indizes eingesetzt. Falls ein Indexwert größer als die bisherige Tupellänge ist, so wird das Ergebnistupel `Replaced` entsprechend verlängert und mit Nullen aufgefüllt. Falls zum Beispiel `Tuple` [1] enthält, `Index` die Werte [2,4] enthält und `ReplaceTuple` die Werte [3,5] enthält, so ergibt sich `Replaced` gleich [1,0,3,0,5].

Die Eingabetupel `Tuple` und `ReplaceTuple` dürfen gleichzeitig Strings und Zahlen enthalten.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Ist eines der beiden Tupel `Index` und `ReplaceTuple` leer und das andere nicht, wird eine Fehlermeldung angezeigt. Sind beide leer, entspricht das Ausgabetupel `Replaced` dem Eingabetupel `Tuple`. Sind beide nicht leer, aber das Eingabetupel `Tuple` ist leer, wird das leere Tupel entsprechend der oben beschriebenen Vorgehensweise erweitert.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_replace`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Replaced := replace(Tuple, Index, ReplaceTuple)
```

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel.
- ▷ **Index** (input_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Indizes der zu ersetzenden Elemente.
- ▷ **ReplaceTuple** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Tupel mit den einzusetzenden Elementen.
- ▷ **Replaced** (output_control) . . . . . tuple-array ⇝ *integer* / real / string
  Tupel mit den ersetzten Elementen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_select`, `tuple_first_n`, `tuple_last_n`, `tuple_select_mask`, `tuple_str_bit_select`, `tuple_concat`, `tuple_select_rank`

Siehe auch

`tuple_remove`, `tuple_insert`

Modul

Foundation

29.10 Mengen-Operationen

tuple_difference (: : Set1, Set2 : Difference)

Berechnet die Differenzmenge von zwei Tupeln.

`tuple_difference` liefert die Differenz von `Set1` und `Set2` in `Difference` zurück. Die Differenz von [0,1,3,3,5] und [2,3,5,10] ist zum Beispiel [0,1]. Elemente unterschiedlichen Typs werden als unterschiedliche Elemente betrachtet, das heißt, 1.0 und 1 sind nicht gleich. Wenn `Set1` und `Set2` unterschiedliche Elementtypen enthalten, kann die Differenz gleich `Set1` sein. Die Differenz von [2.0,5.0,0,10] und [2,5,3] ist zum Beispiel [0,10,2.0,5.0]. Es ist zu beachten, dass die Reihenfolge der Elemente im Ergebnistupel von `tuple_difference` nicht zwingend der Reihenfolge im Eingabetupel entspricht.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls beide Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück. Gleichermaßen gibt der Operator ein leeres Tupel zurück, wenn `Set1` leer ist und `Set2` nicht. Falls jedoch `Set2` leer ist und `Set1` nicht, entspricht die Ausgabe `Set1`.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_difference`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Difference := difference(Set1, Set2)
```

Parameter

- ▷ **Set1** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string / handle
  Eingabe-Tupel.
- ▷ **Set2** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string / handle
  Eingabe-Tupel.
- ▷ **Difference** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string / handle
  Die Differenz aus den zwei Eingabe-Tupeln.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `tuple_difference` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

`tuple_symmdiff`

Siehe auch

`tuple_intersection`, `tuple_symmdiff`, `tuple_union`

Modul

Foundation

`tuple_intersection ( : : Set1, Set2 : Intersection )`

Berechnet die Schnittmenge von zwei Tupeln.

`tuple_intersection` liefert die Schnittmenge von `Set1` und `Set2` in `Intersection` zurück. Der Schnitt von [0,1,3,3,5] und [2,3,5,10] ist zum Beispiel [3,5]. Elemente unterschiedlichen Typs werden als unterschiedliche Elemente betrachtet, das heißt, 1.0 und 1 sind nicht gleich. Wenn `Set1` und `Set2` unterschiedliche Elementtypen enthalten, kann ihre Schnittmenge leer sein. So ist zum Beispiel der Schnitt von [2.0,5.0,0,10] und [2,5,3] leer. Es ist zu beachten, dass die Reihenfolge der Elemente im Ergebnistupel von `tuple_intersection` nicht zwingend der Reihenfolge im Eingabetupel entspricht.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_intersection`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Intersection := intersection(Set1, Set2)
```

Parameter

- ▷ **`Set1`** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string / handle
  Eingabe-Tupel.
- ▷ **`Set2`** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string / handle
  Eingabe-Tupel.
- ▷ **`Intersection`** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string / handle
  Die Schnittmenge aus den zwei Eingabe-Tupeln.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `tuple_intersection` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

`tuple_union`

Siehe auch

`tuple_difference`, `tuple_symmdiff`, `tuple_union`

Modul

Foundation

tuple_symmdiff (: : Set1, Set2 : SymmDiff)

Berechnet die symmetrische Differenz von zwei Tupeln.

tuple_symmdiff liefert die symmetrische Differenz von Set1 und Set2 in SymmDiff zurück. Ist zum Beispiel Set1 gleich [0,1,3,3,5] und Set2 gleich [2,3,5,10], dann ist SymmDiff [0,1,2,10]. Elemente unterschiedlichen Typs werden als unterschiedliche Elemente betrachtet, das heißt, 1.0 und 1 sind nicht gleich. Wenn Set1 und Set2 unterschiedliche Elementtypen enthalten, kann die symmetrische Differenz die Vereinigungsmenge sein. Die symmetrische Differenz von [2,5,3] und [2.0,5.0] ist so zum Beispiel [2,3,5,2.0,5.0]. Es ist zu beachten, dass die Reihenfolge der Elemente im Ergebnistupel von tuple_symmdiff nicht zwingend der Reihenfolge im Eingabetupel entspricht.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls beide Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück. Falls ein Eingabetupel leer ist und das andere nicht, dann entspricht die Ausgabe dem Tupel, das nicht leer ist.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_symmdiff, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
SymmDiff := symmdiff(Set1, Set2)
```

Parameter

- ▷ **Set1** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string / handle
  Eingabe-Tupel.
- ▷ **Set2** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string / handle
  Eingabe-Tupel.
- ▷ **SymmDiff** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string / handle
  Die symmetrische Differenz aus den zwei Eingabe-Tupeln.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert tuple_symmdiff den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

tuple_difference

Siehe auch

tuple_difference, tuple_intersection, tuple_union

Modul

Foundation

tuple_union (: : Set1, Set2 : Union)

Berechnet die Vereinigungsmenge von zwei Tupeln.

tuple_union liefert die Vereinigungsmenge von Set1 und Set2 in Union zurück. Die Vereinigung von [0,1,3,3,5] und [3,4] ist zum Beispiel [0,1,3,4,5]. Elemente unterschiedlichen Typs werden als unterschiedliche Elemente betrachtet, das heißt, 1.0 und 1 sind nicht gleich. Die Vereinigung von [2,5,3] und [4.0,5.0] ist zum Beispiel [2,3,5,4.0,5.0]. Es ist zu beachten, dass die Reihenfolge der Elemente im Ergebnistupel von tuple_union nicht zwingend der Reihenfolge im Eingabetupel entspricht.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls beide Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück. Falls ein Eingabetupel leer ist und das andere nicht, dann entspricht die Ausgabe dem Tupel, das nicht leer ist.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_union`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Union := union(Set1, Set2)
```

Parameter

- ▷ **`Set1`** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string / handle
  Eingabe-Tupel.
- ▷ **`Set2`** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string / handle
  Eingabe-Tupel.
- ▷ **`Union`** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string / handle
  Die Vereinigungsmenge aus den zwei Eingabe-Tupeln.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `tuple_union` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf interner Datenebene.

Alternativen

`tuple_intersection`

Siehe auch

`tuple_difference`, `tuple_intersection`, `tuple_symmdiff`

Modul

Foundation

29.11 Merkmale

`get_handle_object` `( : Object : Handle,  Key : )`

Zurückgeben eines über einen Schlüssel referenzierten ikonischen Objekts eines Handles

`get_handle_object` liefert das ikonische Objekt, das von dem Schlüssel `Key` in `Handle` referenziert wird, in `Object` zurück. Die Liste der von einem Handle unterstützten Schlüssel und ihrer Typen kann zuvor mit `get_handle_param` abgerufen werden.

Zu beachten ist, dass `get_handle_object` nur für die Implementierung generischer Inspektions- und Debugmechanismen gedacht ist. Die für ein Handle zurückgegebenen Schlüssel können sich auch ohne weitere Ankündigung ändern. Weiterhin werden manche Handletypen und Handleeigenschaften von diesem Mechanismus eventuell nicht unterstützt. Dieser Mechanismus ist nicht auf Performanz optimiert. Um die Eigenschaften von Handles zuverlässig abzufragen, etwa zum Steuern des weiteren Programmablaufs, wird empfohlen, die jeweils auf einen Handletyp spezialisierten Operatoren wie `get_object_model_3d_params` oder `get_generic_shape_model_param` zu verwenden.

Parameter

- ▷ **`Object`** (output_object) . . . . . object(-array) ⇝ *object*
  Vom Schlüssel referenziertes ikonisches Objekt.
- ▷ **`Handle`** (input_control) . . . . . handle ⇝ *handle*
  Handle, dessen Eigenschaft abgerufen werden soll.
- ▷ **`Key`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer
  Abzurufender Schlüssel.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_handle_object` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Falls das

Handle ungültig ist, den übergebenen Schlüssel nicht unterstützt oder der Schlüssel ein Tupel referenziert, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

get_handle_tuple

Siehe auch

get_handle_param

Modul

Foundation

get_handle_param (: : Handle, GenParamName, Key : GenParamValue)

Zurückgeben von Informationen über ein Handle.

get_handle_param gibt Informationen über Handle zurück. Der Operator bietet einen generischen Mechanismus, um den Inhalt von Handles aller Typen zu debuggen. Er liefert insbesondere eine Liste von Schlüsseln für das Handle zurück, zu denen Werte mittels get_handle_tuple und get_handle_object abgefragt werden können.

Zu beachten ist, dass get_handle_param nur für die Implementierung generischer Inspektions- und Debugmechanismen gedacht ist. Die für ein Handle zurückgegebenen Schlüssel können sich auch ohne weitere Ankündigung ändern. Weiterhin werden manche Handletypen und Handleeigenschaften von diesem Mechanismus eventuell nicht unterstützt. Dieser Mechanismus ist nicht auf Performanz optimiert. Um die Eigenschaften von Handles zuverlässig abzufragen, etwa zum Steuern des weiteren Programmablaufs, wird empfohlen, die jeweils auf einen Handletyp spezialisierten Operatoren wie get_object_model_3d_params oder get_generic_shape_model_param zu verwenden.

Je nach dem Wert von GenParamName können mit diesem Operator die folgenden Eigenschaften abgefragt werden:

'keys': Gibt in GenParamValue eine Liste von Schlüsseln zurück, die vom übergebenen Handle unterstützt werden. Jeder Schlüssel enthält entweder ein ikonisches Objekt oder ein Tupel. Für diese Abfrage muss der Parameter Key auf ein leeres Tupel gesetzt werden. Aufgrund des generischen Mechanismus dieses Operators sind einige der zurückgegebenen Schlüssel für das übergebene Handle möglicherweise nicht gültig. Für solche Schlüssel liefern get_handle_tuple bzw. get_handle_object einen Fehler zurück.

'key_data_type': Gibt den Datentyp des in Key übergebenen Schlüssels zurück. Der Typ wird in GenParamValue zurückgegeben und ist entweder *'tuple'* oder *'object'*. Je nach Typ kann der dem Schlüssel zugewiesene Wert mit get_handle_tuple oder get_handle_object abgerufen werden.

Parameter

▷ **Handle** (input_control) . . . . . handle ⇝ *handle*
Handle, dessen Eigenschaft abgerufen werden soll.

▷ **GenParamName** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Abzurufende Eigenschaft.
Default: 'keys'
Werteliste: GenParamName ∈ {'keys', 'key_data_type'}

▷ **Key** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Optionaler Schlüssel, dessen Eigenschaften abgerufen werden.
Default: []

▷ **GenParamValue** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *string* / integer / real
Zurückgegebener Wert.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_handle_param` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`clear_handle`, `get_handle_tuple`, `get_handle_object`

Siehe auch

`get_handle_tuple`, `get_handle_object`

Modul

Foundation

`get_handle_tuple` (: : `Handle`, `Key` : `Tuple`)

Zurückgeben eines über einen Schlüssel referenzierten Tupels eines Handles.

`get_handle_tuple` liefert das Tupel, das von dem Schlüssel `Key` in `Handle` referenziert wird, in `Tuple` zurück. Die Liste der von einem Handle unterstützten Schlüssel kann zuvor mit `get_handle_param` abgerufen werden.

Zu beachten ist, dass `get_handle_tuple` nur für die Implementierung generischer Inspektions- und Debugmechanismen gedacht ist. Die für ein Handle zurückgegebenen Schlüssel können sich auch ohne weitere Ankündigung ändern. Weiterhin werden manche Handletypen und Handleeigenschaften von diesem Mechanismus eventuell nicht unterstützt. Dieser Mechanismus ist nicht auf Performanz optimiert. Um die Eigenschaften von Handles zuverlässig abzufragen, etwa zum Steuern des weiteren Programmablaufs, wird empfohlen, die jeweils auf einen Handletyp spezialisierten Operatoren wie `get_object_model_3d_params` oder `get_generic_shape_model_param` zu verwenden.

Parameter

▷ **`Handle`** (input_control) . . . . . handle ⇝ *handle*
Handle, dessen Eigenschaft abgerufen werden soll.

▷ **`Key`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer
Abzurufender Schlüssel.
Parameteranzahl: Key == 1
Restriktion: length(Key) > 0

▷ **`Tuple`** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *string* / integer / real
Vom Schlüssel referenzierte Tupeldaten.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `get_handle_tuple` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Falls das Handle ungültig ist, den übergebenen Schlüssel nicht unterstützt oder der Schlüssel ein ikonisches Objekt referenziert, wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`get_handle_param`

Alternativen

`get_handle_object`

Siehe auch

get_handle_param, get_handle_object

Modul

Foundation

tuple_deviation (: : Tuple : Deviation)

Berechnen der Standardabweichung aller Elemente eines Zahlentupels.

tuple_deviation berechnet die Standardabweichung aller Elemente des Eingabetupels Tuple und liefert sie in dem Ausgabeparameter Deviation als Gleitkommazahl zurück. Das Eingabetupel muss ausschließlich aus (ganzen oder Gleitkomma-)Zahlen bestehen.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_deviation, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Deviation := deviation(Tuple)
```

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *integer* / real
  Eingabetupel.
- ▷ **Deviation** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
  Standardabweichung der Tupelelemente.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_mean, tuple_sum, tuple_min, tuple_max, tuple_length, tuple_median

Modul

Foundation

tuple_histo_range (: : Tuple, Min, Max, NumBins : Histo, BinSize)

Berechnen der Werteverteilung eines Tupels innerhalb eines bestimmten Wertebereichs.

tuple_histo_range erstellt die Werteverteilung Histo des Tupels Tuple im Wertebereich [Min, Max]. Die Werte für Min und Max werden abgerundet falls alle Einträge des Tupels Tuple vom Datentyp integer (Ganzzahl) sind. Der Wertebereich wird in NumBins gleichgroße Klassen aufgeteilt. Die Größe einer solchen Klasse wird in BinSize ausgegeben. Liegt ein Wert zwischen zwei Klassen wird er immer der kleineren Klasse zugeordnet. Bei einem Tupel mit Einträgen vom Datentyp real (Gleitkommazahl) ist die Klassengröße $\texttt{BinSize} = \frac{\texttt{Max}-\texttt{Min}}{\texttt{NumBins}}$. Sind alle Einträge vom Datentyp integer (Ganzzahl) wird die Klassengröße über $\texttt{BinSize} = \frac{\texttt{Max}-\texttt{Min}+1}{\texttt{NumBins}}$ berechnet.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder mehrere Eingabetupel leer sind, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

Achtung

Bei Tupeln, die nur Daten vom Typ integer (Ganzzahl) enthalten kann es in Abhängigkeit von BinSize zu den folgenden Effekten kommen: Für $\texttt{BinSize} > 1$ werden mehrere aufeinanderfolgende Zahlen der selben

Klasse zugeordnet. Ist BinSize dabei keine natürliche Zahl werden die Zahlen ungleichmäßig auf die Klassen verteilt (Für BinSize = *1.5* werden beispielsweise die ersten beiden Zahlen der ersten Klasse, die dritte Zahl der zweiten Klasse und die vierte und fünfte Zahl der dritten Klasse zugeordnet). Dies macht sich durch einzelne Spitzen im Histogramm Histo bemerkbar. Gilt BinSize < *1* werden je nach BinSize einigen Klassen keine Zahlen zugeordnet (Für BinSize = *0.5* wird beispielsweise die erste Zahl der ersten Klasse und die zweite Zahl der dritten Klasse zugeordnet). Das Histogramm Histo weist dann einige Lücken auf, was der Struktur eines Kamms ähnelt.

Bei einem Tupel mit Einträgen vom Datentyp real (Gleitkommazahl) werden für Min = Max alle Einträge des entsprechenden Wertes nur der ersten Klasse zugeordnet.

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
  Eingabetupel.
- ▷ **Min** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Minimaler Wert.
- ▷ **Max** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Maximaler Wert.
  Restriktion: Max >= Min
- ▷ **NumBins** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl Klassen.
  Restriktion: NumBins >= 1
- ▷ **Histo** (output_control) ..... histogram(-array) ⇝ *integer*
  Zu berechnendes Histogramm.
- ▷ **BinSize** (output_control) ..... real ⇝ *real*
  Klassengröße.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert tuple_histo_range den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

tuple_min, tuple_max

Nachfolger

create_funct_1d_array

Siehe auch

gray_histo, gray_histo_abs, gray_histo_range

Modul

Foundation

tuple_length (: : Tuple : Length)

Bestimmen der Länge eines Tupels.

tuple_length liefert die Anzahl der Elemente des Eingabetupels Tuple zurück.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator 0 zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_length, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Length := |Tuple|
```

Parameter

▷ **Tuple** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
Eingabetupel.

▷ **Length** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Elemente des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_min, tuple_max, tuple_mean, tuple_deviation, tuple_sum, tuple_median

Siehe auch

tuple_type

Modul

Foundation

tuple_max (: : Tuple : Max)

Bestimmen des maximalen Elements eines Tupels.

tuple_max bestimmt das maximale Element von allen Elementen des Eingabetupels Tuple und liefert es in dem Ausgabeparameter Max zurück. Das Eingabetupel muss hierfür entweder durchwegs Strings enthalten oder ausschließlich (ganze oder Gleitkomma-)Zahlen beinhalten. Eine Mischung aus Strings und Zahlen ist nicht erlaubt. Das Ergebnis besteht in einer Gleitkommazahl, sobald mindestens ein Element des Eingabetupels eine Gleitkommazahl ist. Falls alle Elemente von Tuple hingegen ganze Zahlen sind, so besteht auch Max aus einer ganzen Zahl.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_max, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Max := max(Tuple)
```

Parameter

▷ **Tuple** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
Eingabetupel.

▷ **Max** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string
Maximales Element aller Eingabetupelelemente.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_min, tuple_mean, tuple_deviation, tuple_sum, tuple_length, tuple_median

Siehe auch

tuple_max2, tuple_min2

Modul

Foundation

tuple_mean (: : Tuple : Mean)

Berechnen des Durchschnittswerts aller Elemente eines Zahlentupels.

tuple_mean berechnet den Durchschnittswert aller Elemente des Eingabetupels Tuple und liefert ihn in dem Ausgabeparameter Mean als Gleitkommazahl zurück. Das Eingabetupel muss ausschließlich aus (ganzen oder Gleitkomma-)Zahlen bestehen.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_mean, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Mean := mean(Tuple)
```

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / real
  Eingabetupel.
- ▷ **Mean** (output_control) . . . . . number ⇝ *real*
  Durchschnittswert der Tupelelemente.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_deviation, tuple_sum, tuple_min, tuple_max, tuple_length, tuple_median

Modul

Foundation

tuple_median (: : Tuple : Median)

Berechnen des Medians aller Elemente eines Zahlentupels.

tuple_median berechnet den Median aller Elemente des Eingabetupels Tuple und liefert ihn in dem Ausgabeparameter Median zurück. Das Eingabetupel muss ausschließlich aus (ganzen oder Gleitkomma-)Zahlen bestehen. Der Median ist definiert als das Element mit Rang n/2 (siehe tuple_select_rank).

Es ist zu beachten, dass bei einer geraden Anzahl von Elementen der Obermedian, nicht der arithmetische Median bestimmt wird. Den arithmetischen Median kann man berechnen, indem man mit tuple_select_rank die Werte für den Ober- und Untermedian ermittelt und dann das arithmetische Mittel beider Werte berechnet.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_median, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Median := median(Tuple)
```

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / real
  Eingabetupel.
- ▷ **Median** (output_control) . . . . . number ⇝ *integer* / real
  Median der Tupelelemente.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_select_rank

Siehe auch

tuple_mean, tuple_min, tuple_max

Modul

Foundation

tuple_min (: : Tuple : Min)

Bestimmen des minimalen Elements eines Tupels.

tuple_min bestimmt das minimale Element von allen Elementen des Eingabetupels Tuple und liefert es in dem Ausgabeparameter Min zurück. Das Eingabetupel muss hierfür entweder durchwegs Strings enthalten oder ausschließlich (ganze oder Gleitkomma-)Zahlen beinhalten. Eine Mischung aus Strings und Zahlen ist nicht erlaubt. Das Ergebnis besteht in einer Gleitkommazahl, sobald mindestens ein Element des Eingabetupels eine Gleitkommazahl ist. Falls alle Elemente von Tuple hingegen ganze Zahlen sind, so besteht auch Min aus einer ganzen Zahl.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_min, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Min := min(Tuple)
```

Parameter

▷ **Tuple** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
Eingabetupel.

▷ **Min** (output_control) ..... tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string
Minimales Element aller Eingabetupelelemente.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_max, tuple_mean, tuple_deviation, tuple_sum, tuple_length, tuple_median

Siehe auch

tuple_max2, tuple_min2

Modul

Foundation

tuple_sum (: : Tuple : Sum)

Berechnen der Summe aller Elemente eines Tupels.

tuple_sum berechnet die Summe aus allen Elementen des Eingabetupels Tuple und liefert sie in dem Ausgabeparameter Sum zurück. Das Eingabetupel muss hierfür entweder durchwegs Strings enthalten oder ausschließlich (ganze oder Gleitkomma-)Zahlen beinhalten. Eine Mischung aus Strings und Zahlen ist nicht erlaubt. Das Ergebnis besteht in einer Gleitkommazahl, sobald mindestens ein Element des Eingabetupels eine Gleitkommazahl ist. Falls alle Elemente von Tuple hingegen ganze Zahlen sind, so besteht auch Sum aus einer ganzen Zahl. Bei Strings wird zur Summenbildung statt der Addition die Konkatenation verwendet, so dass die einzelnen Elemente der Reihe nach verknüpft werden.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_sum, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Sum := sum(Tuple)
```

Parameter

- ▷ **Tuple** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel.
- ▷ **Sum** (output_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string
  Summe der Tupelelemente.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_mean, tuple_deviation, tuple_min, tuple_max, tuple_length, tuple_median

Siehe auch

tuple_cumul

Modul

Foundation

29.12 String-Operationen

Dieses Kapitel beschreibt Operatoren für String-Operationen.

Allgemeine Information

Die HALCON-Bibliothek kodiert Strings standardmäßig in UTF-8.

UTF-8 ist eine Kodierung für Unicode-Zeichen, die alle Unicode-Codepoints mit einem bis vier Bytes kodieren kann. „Unicode“ bezeichnet den Zeichensatz, mit dem jedem Zeichen eines Strings ein Codepoint (z.B. ’U+0041’ für ’A’) zugewiesen werden kann. Mit UTF-8 werden dann die Unicode-Codepoints in Binärdaten übersetzt. Der Speicherbedarf für alle ASCII-Zeichen beträgt in der Regel 1 Byte. Bestimmte Zeichen wie beispielsweise deutsche Umlaute, oder griechische und kyrillische Zeichen erfordern 2 Bytes. Asiatische Zeichen belegen bis zu 4 Bytes je Zeichen.

Die HALCON-String-Operatoren arbeiten standardmäßig auf Basis von Unicode-Codepoints. D.h., beim Zugriff auf ein Zeichen eines Strings wird immer der entsprechende Unicode-Codepoint des Zeichens zurückgegeben, unabhängig davon, wie viele Bytes benötigt werden, um den Codepoint in UTF-8 darzustellen. Somit können Multi-Byte Zeichen, wie asiatische Zeichen oder deutsche Umlaute auf allen Systemen einheitlich übersetzt werden. Bitte beachten Sie, dass der Unicode-Standard es auch erlaubt, druckbare Zeichen aus mehreren Codepoints zusammenzusetzen (mit Hilfe sogenannter „Combining Diacritical Marks“). Dies wird derzeit von HALCON nicht vollständig unterstützt: in HALCON werden die Codepoints separat verarbeitet, und beim Vergleich von Strings werden äquivalente Zeichen nicht gleich gesetzt, wenn sie mit unterschiedlichen Codepoints codiert sind.

Sollte es beim Ausführen von alten Programmen Kompatibilitätsprobleme geben, kann die Stringkodierung der HALCON-Bibliothek von *'utf8'* auf *'locale'* gesetzt werden (Legacy-Modus). Dann werden Strings abhängig von der Ländereinstellung gespeichert und die String-Operatoren arbeiten – wie in früheren HALCON-Versionen – nicht zeichen- sondern byteweise. Sollte auch im UTF-8-Modus eine byteweise Verarbeitung von Zeichen nötig sein, kann mit dem Operator `set_system` die Option *'tuple_string_operator_mode'* von *'codepoint'* auf *'byte'* gesetzt werden. Dann arbeiten die String-Operatoren nicht mehr auf der Basis von Codepoints. Die Bytefolge eines Strings kann beispielsweise zum Debugging interessant sein.

tuple_environment (: : Names : Values)

Einlesen einer oder mehrerer Umgebungsvariablen.

`tuple_environment` liest den Inhalt aller Umgebungsvariablen, deren Namen in dem Eingabetupel `Names` definiert sind und liefert ihn in den Elementen des Ausgabetupels `Values` zurück. Das Eingabetupel darf nur Strings enthalten. Enthält das Eingabetupel einen Namen, für den keine gültige Umgebungsvariable existiert, so wird für diesen Namen ein leerer String als Ergebnis zurückgeliefert.

Für allgemeine Informationen zu String-Operationen siehe auch Tupel / String-Operationen.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_environment`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Values := environment(Names)
```

Parameter

▷ **Names** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Eingabetupel mit den Namen der Umgebungsvariable(n).

▷ **Values** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Inhalt der Umgebungsvariable(n).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_strstr`, `tuple_strrstr`, `tuple_strchr`, `tuple_strrchr`, `tuple_strlen`, `tuple_str_first_n`, `tuple_str_last_n`, `tuple_split`, `tuple_substr`

Modul

Foundation

tuple_join (: : Strings, Separators : JoinedStrings)

Zusammenfügen von Strings mittels Trennstrings.

`tuple_join` fügt die Strings des Eingabetupels `Strings` mittels den Trennstrings im Eingabetupel `Separators` zusammen und gibt diese im Tupel `JoinedStrings` zurück.

Für jedes Element in `Separators` wird ein zugehöriges Element in `JoinedStrings` erzeugt, welches die zusammengefügten Elemente in `Strings` enthält. Dabei bewirkt ein leerer String in `Separators` eine einfache String-Verkettung.

Beispiel: `Strings` = *['aaa', 'bbb', 'ccc', 'ddd']* und `Separators` = *['++', '–', '']*. Dann gibt der Operator das Ausgabetupel `JoinedStrings` = *['aaa++bbb++ccc++ddd', 'aaa–bbb–ccc–ddd', 'aaabbbcccddd']* zurück.

Beide Eingabetupel (`Strings` und `Separators`) müssen ausschließlich aus Strings bestehen. Anderenfalls bricht `tuple_join` mit einem entsprechenden Fehler ab.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

Unicode Codepoints versus Bytes

Unabhängig vom Wert von *'tsp_tuple_string_operator_mode'* ist ein Trennstring immer durch den kompletten String definiert.

Für allgemeine Informationen zu String-Operationen siehe auch Tupel / String-Operationen.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_join`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
JoinedStrings := join(Strings, Separators)
```

Parameter

- ▷ **`Strings`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Eingabetupel mit zusammenzufügenden Strings.
- ▷ **`Separators`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Eingabetupel mit Trennstrings.
- ▷ **`JoinedStrings`** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Ausgabetupel mit den zusammengefügten Strings.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

`tuple_split`

Alternativen

`tuple_strstr`, `tuple_strrstr`, `tuple_strchr`, `tuple_strrchr`, `tuple_strlen`, `tuple_str_first_n`, `tuple_str_last_n`, `tuple_environment`

Modul

Foundation

`tuple_regexp_match` (: : Data, Expression : Matches)

Extrahieren von Teilen aus Zeichenketten mit Hilfe von regulären Ausdrücken.

`tuple_regexp_match` wendet den regulären Ausdruck `Expression` auf eine oder mehrere Zeichenketten in `Data` an und liefert jeweils die erste dem Suchmuster entsprechende Teilzeichenkette in `Matches` zurück. In der Regel wird eine Ausgabezeichenkette pro Eingabezeichenkette zurückgegeben, wobei die Zeichenketten leer sind, wenn keine Übereinstimmung gefunden wurde. Falls der reguläre Ausdruck jedoch Gruppen mit Teilergebnissen (siehe unten) enthält, hängt das Verhalten von der Anzahl der Eingabezeichenketten ab: Gibt es nur eine Eingabe, so ist das Ergebnis das Tupel aller Teilzeichenketten, die dem Suchmuster einer Gruppe entsprechen. Gibt es mehrere Eingaben, so wird für jede Eingabe das Ergebnis der ersten Gruppe zurückgegeben.

Eine Zusammenfassung der Syntax regulärer Ausdrücke folgt. Grundsätzlich steht jedes Zeichen im Suchmuster als Literal für ein entsprechendes Zeichen in den Eingabedaten, wobei jedoch die nachfolgend aufgeführten Symbole eine spezielle Bedeutung haben (die beschriebene Syntax ist kompatibel zu Perl):

^	Steht für den Anfang der Zeichenkette
$	Steht für das Ende der Zeichenkette, ggf. inklusive einem Newline als letztes Zeichen
.	Steht für jedes Zeichen außer Newline
[...]	Steht für jedes in den eckigen Klammern aufgeführte Literal. Ist das erste Zeichen ein '^', so ist der Ausdruck negiert. Mit dem Zeichen '-' kann man Wertebereiche angeben wie in [A-Z0-9]. Andere Zeichen verlieren ihre spezielle Bedeutung innerhalb eckiger Klammern, außer '\'. Innerhalb der eckigen Klammern können die folgenden POSIX Zeichenklassen verwendet werden (dabei ist zu beachten, dass die eckigen Klammern um den Klassennamen zusätzlich angegeben werden müssen): [:alnum:] Ziffern und Buchstaben [:alpha:] Buchstaben [:blank:] Leerzeichen und Tab [:cntrl:] Steuerzeichen [:digit:] Ziffern [:graph:] Alle druckbaren Zeichen ohne Leerzeichen [:lower:] Kleinbuchstaben [:print:] Alle druckbaren Zeichen einschließlich Leerzeichen [:punct:] Interpunktionszeichen [:space:] Alle Whitespace-Zeichen ([:blank:], Zeilenumbrüche, ...) [:upper:] Großbuchstaben [:xdigit:] Für Hexadezimalzahlen verwendete Buchstaben und Ziffern (0-9a-fA-F).
*	Erlaubt 0 oder mehr Wiederholungen des vorhergehenden Literals / Gruppe
+	Erlaubt 1 oder mehr Wiederholungen des vorhergehenden Literals / Gruppe
?	Erlaubt 0 oder 1 Wiederholung des vorhergehenden Literals / Gruppe
{n,m}	Erlaubt n bis m Wiederholungen des vorhergehenden Literals / Gruppe
{n}	Erlaubt genau n Wiederholungen des vorhergehenden Literals / Gruppe
|	Trennt alternative Suchausdrücke
()	Gruppiert einen Unterausdruck und speichert ein Teilergebnis. (?:) Reine Gruppierung (z.B. für Wiederholungen) ohne Teilergebnis. (?=) Positive Vorausschau (lookahead, notwendige Bedingung rechts vom Match) (?!) Negative Vorausschau (lookahead, unerlaubte Bedingung rechts vom Match) (?<=) Positive Rückschau (lookbehind, notwendige Bedingung links vom Match) (?<!) Negative Rückschau (lookbehind, unerlaubte Bedingung links vom Match)
\	Escape-Zeichen, erlaubt die Verwendung eines Symbols mit spezieller Bedeutung als Literal. *Achtung:* Manche Sprachen wie HDevelop und C/C++ verwenden den Backslash bereits als allgemeines Escape-Zeichen für Zeichenketten. In diesem Fall steht '\.' für ein Punktliteral und '\\' für ein Backslashliteral. Darüber hinaus gibt es einige Sequenzen mit spezieller Bedeutung: \d Steht für Ziffern (Negation: \D) \w Steht für Ziffern, Buchstaben und Unterstrich (Negation: \W) \s Steht für Leerraum (Whitespace) (Negation: \S) \b Steht für eine Wortgrenze (Negation: \B)

Die in obiger Tabelle gelisteten Wiederholungsquantifikatoren sind im Normalfall "gierig", d.h. es wird die maximal mögliche Übereinstimmung gesucht. Mit einem zusätzlichen '?' wird die minimale Übereinstimmung gesucht, z.B. '+?'.

Falls der angegebene Ausdruck syntaktisch inkorrekt ist, wird als Fehler ein falscher Wert im Steuerparameter 2 bemängelt. Zusätzliche Informationen erhält man in einem Benachrichtigungsfenster, wenn `set_system ('do_low_error','true')` gesetzt ist, oder aber in der Ausgabekonsole von HDevelop.

Weiterhin lassen sich einige Optionen setzen, indem man für `Expression` ein Tupel übergibt. In diesem Fall wird das erste Element als regulärer Ausdruck behandelt, und jedes weitere Element als Option.

- *'ignore_case'*: Ignorieren von Groß- und Kleinschreibung
- *'multiline'*: '^' und '$' stehen für Start und Ende einzelner Zeilen
- *'dot_matches_all'*: '.' steht auch für Newlines
- *'newline_lf'*, *'newline_crlf'*, *'newline_cr'*: Kodierung von Newlines in den Eingabedaten. Als Default wird auf allen Systemen LF verwendet (obwohl in Windows-Dateien normalerweise CRLF als Zeilenumbruch

verwendet wird, werden beim Einlesen dieser Dateien die Zeilenumbrüche i.d.R. in `'\n'` umgewandelt, was dem LF entspricht).

Für allgemeine Informationen zu String-Operationen siehe auch Tupel / String-Operationen.

Falls der Eingabeparameter `Data` ein leeres Tupel ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück. Wenn `Expression` ein leeres Tupel ist, wird ein Fehler zurückgegeben.

Unicode Codepoints versus Bytes

Die Auswertung der regulären Ausdrücke berücksichtigt Unicode Codepoints. Ein Codepoint kann aus mehreren Bytes im UTF-8 String zusammengesetzt sein. Wenn die Auswertung der regulären Ausdrücke sich auf die Bytes des Strings beziehen soll, kann dieser Operator mit `set_system ('tsp_tuple_string_operator_mode','byte')` in einen Byte-Modus umgeschaltet werden. Wenn *'filename_encoding'* auf *'locale'* gesetzt ist (legacy), verwendet dieser Operator immer den Byte-Modus.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_regexp_match`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Matches := regexp_match(Data, Expression)
```

Parameter

- ▷ **`Data`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Eingabezeichenketten, auf die das Suchmuster angewendet wird
- ▷ **`Expression`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Regulärer Ausdruck.
  Default: '.*'
  Wertevorschläge: `Expression` ∈ {'.*', 'ignore_case', 'multiline', 'dot_matches_all', 'newline_lf', 'newline_crlf', 'newline_cr'}
- ▷ **`Matches`** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Dem Suchmuster entsprechende Teilzeichenketten

Beispiel

```
tuple_regexp_match ('abba', 'a*b*', Result)
* Returns 'abb'

tuple_regexp_match ('abba', 'b*a*', Result)
* Returns 'a'

tuple_regexp_match ('abba', 'b+a*', Result)
* Returns 'bba'

tuple_regexp_match ('abba', '.a', Result)
* Returns 'ba'

tuple_regexp_match ('abba', '[ab]*', Result)
* Returns 'abba'

tuple_regexp_match (['img123','img124'], 'img(.*)', Result)
* Returns ['123','124']

tuple_regexp_match ('mydir/img001.bmp', 'img(.*)\\.(.*)', Result)
* Returns ['001','bmp']
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_strstr

Siehe auch

tuple_regexp_replace, tuple_regexp_test, tuple_regexp_select

Literatur

Perl Compatible Regular Expressions (PCRE), http://www.pcre.org/

Modul

Foundation

tuple_regexp_replace (: : Data, Expression, Replace : Result)

Ersetzen eines Teils einer Zeichenkette mit Hilfe von regulären Ausdrücken.

tuple_regexp_replace wendet den regulären Ausdruck Expression auf eine oder mehrere Zeichenketten in Data an und ersetzt jeweils die **erste** dem Suchmuster entsprechende Teilzeichenkette durch Replace. Die bearbeiteten Zeichenketten werden in Result zurückgegeben.

Für die Beschreibung von Syntax und Optionen des regulären Ausdrucks wird auf die Dokumentation des Operators tuple_regexp_match verwiesen. Zusätzlich unterstützt der Operator tuple_regexp_replace noch die Option *'replace_all'*, mit der bei mehrfachen Übereinstimmungen auch mehrfache Ersetzungen durchgeführt werden.

Im Ausdruck Replace kann man mit *'$0'* auf die dem Suchmuster entsprechende Teilzeichenkette verweisen, mit *'$i'* auf das Teilergebnis der i-ten Gruppe (für $i <= 9$), sowie mit *'$$'* auf das Literal *'$'*.

Für allgemeine Informationen zu String-Operationen siehe auch Tupel / String-Operationen.

Wenn Data ein leeres Tupel ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück. Wenn Replace ein leeres Tupel ist und Data nicht leer ist, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

Unicode Codepoints versus Bytes

Die Auswertung der regulären Ausdrücke berücksichtigt Unicode Codepoints. Ein Codepoint kann aus mehreren Bytes im UTF-8 String zusammengesetzt sein. Wenn die Auswertung der regulären Ausdrücke sich auf die Bytes des Strings beziehen soll, kann dieser Operator mit set_system ('tsp_tuple_string_operator_mode','byte') in einen Byte-Modus umgeschaltet werden. Wenn *'filename_encoding'* auf *'locale'* gesetzt ist (legacy), verwendet dieser Operator immer den Byte-Modus.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_regexp_replace, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Result := regexp_replace(Data, Expression, Replace)
```

Parameter

- ▷ **Data** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Zu bearbeitende Eingabezeichenketten
- ▷ **Expression** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Regulärer Ausdruck.
  Default: '.*'
  Wertevorschläge: Expression ∈ {'.*', 'replace_all', 'ignore_case', 'multiline', 'dot_matches_all', 'newline_lf', 'newline_crlf', 'newline_cr'}
- ▷ **Replace** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Ersetzungsausdruck.
- ▷ **Result** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Bearbeitete Zeichenketten.

Beispiel

```
tuple_regexp_replace(['img10.bmp','img11.bmp','img12.bmp'], \
                     'img(.*).bmp', 'out$1.txt', Result)
* Returns ['out10.txt','out11.txt','out12.txt']
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

tuple_regexp_match, tuple_regexp_test, tuple_regexp_select

Modul

Foundation

tuple_regexp_select (: : Data, Expression : Selection)

Auswählen von Tupelelementen, die einem regulären Ausdruck entsprechen.

tuple_regexp_select wendet den regulären Ausdruck Expression auf eine oder mehrere Zeichenketten in Data an, und gibt die Elemente, die eine dem Suchmuster entsprechende Teilzeichenkette enthalten, in Selection zurück. Dies ist ein bequemer Weg, um z.B. ein über den Operator list_files erhaltenes Tupel von Dateinamen zu filtern.

Für die Beschreibung von Syntax und Optionen des regulären Ausdrucks wird auf die Dokumentation des Operators tuple_regexp_match verwiesen. Zusätzlich unterstützt der Operator tuple_regexp_test noch die Option *'invert_match'*, mit der die Elemente ausgewählt werden, die dem Suchmuster **nicht** entsprechen.

Für allgemeine Informationen zu String-Operationen siehe auch Tupel / String-Operationen.

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

Unicode Codepoints versus Bytes

Die Auswertung der regulären Ausdrücke berücksichtigt Unicode Codepoints. Ein Codepoint kann aus mehreren Bytes im UTF-8 String zusammengesetzt sein. Wenn die Auswertung der regulären Ausdrücke sich auf die Bytes des Strings beziehen soll, kann dieser Operator mit set_system ('tsp_tuple_string_operator_mode','byte') in einen Byte-Modus umgeschaltet werden. Wenn *'filename_encoding'* auf *'locale'* gesetzt ist (legacy), verwendet dieser Operator immer den Byte-Modus.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_regexp_select, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Selection := regexp_select(Data, Expression)
```

Parameter

▷ **Data** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Eingabezeichenketten, auf die das Suchmuster angewendet wird

▷ **Expression** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Regulärer Ausdruck.
Default: '.*'
Wertevorschläge: Expression ∈ {'.*', 'invert_match', 'ignore_case', 'multiline', 'dot_matches_all', 'newline_lf', 'newline_crlf', 'newline_cr'}

▷ **Selection** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Zeichenketten mit Übereinstimmung

Beispiel

```
tuple_regexp_select (['.','..','mydir','a.png','b.txt','c.bmp','d.dat'], \
                     '.(bmp|png)', Result)
* Returns ['a.png','c.bmp']

tuple_regexp_select (Files, ['training','invert_match'], Matches)
* Returns all file names that do *not* contain the string 'training'
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_select`

Siehe auch

`tuple_regexp_match`, `tuple_regexp_replace`, `tuple_regexp_test`

Modul

Foundation

`tuple_regexp_test` (: : Data, Expression : NumMatches)

Testen, ob eine Zeichenkette einem regulären Ausdruck entspricht.

`tuple_regexp_test` wendet den regulären Ausdruck `Expression` auf eine oder mehrere Zeichenketten in `Data` an, und gibt die Anzahl der Elemente, die eine dem Suchmuster entsprechende Teilzeichenkette enthalten, in `NumMatches` zurück. Insbesondere ist für eine einzelne Eingabe das Ergebnis 1, falls die Zeichenkette eine Übereinstimmung enthält, ansonsten 0.

Für die Beschreibung von Syntax und Optionen des regulären Ausdrucks wird auf die Dokumentation des Operators `tuple_regexp_match` verwiesen. Zusätzlich unterstützt der Operator `tuple_regexp_test` noch die Option *'invert_match'*, mit der die Elemente gezählt werden, die dem Suchmuster **nicht** entsprechen.

Für die bequeme Verwendung in einer Bedingung ist diese Funktionalität in HDevelop auch als Operator =~ verfügbar.

Für allgemeine Informationen zu String-Operationen siehe auch Tupel / String-Operationen.

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator 0 zurück.

Unicode Codepoints versus Bytes

Die Auswertung der regulären Ausdrücke berücksichtigt Unicode Codepoints. Ein Codepoint kann aus mehreren Bytes im UTF-8 String zusammengesetzt sein. Wenn die Auswertung der regulären Ausdrücke sich auf die Bytes des Strings beziehen soll, kann dieser Operator mit `set_system ('tsp_tuple_string_operator_mode','byte')` in einen Byte-Modus umgeschaltet werden. Wenn *'filename_encoding'* auf *'locale'* gesetzt ist (legacy), verwendet dieser Operator immer den Byte-Modus.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_regexp_test`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

`NumMatches := regexp_test(Data, Expression)` oder `NumMatches := Data =~ Expression`

Parameter

▷ **`Data`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Eingabezeichenketten, auf die das Suchmuster angewendet wird

▷ **`Expression`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Regulärer Ausdruck.
Default: '.*'
Wertevorschläge: `Expression` ∈ {'.*', 'invert_match', 'ignore_case', 'multiline', 'dot_matches_all', 'newline_lf', 'newline_crlf', 'newline_cr'}

▷ **`NumMatches`** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Zeichenketten mit Übereinstimmung

Beispiel

```
tuple_regexp_test ('p10662599755', '[A-Z]*', Result)
* Returns 0

tuple_regexp_test ('p10662599755', ['[A-Z]*','ignore_case'], Result)
* Returns 1
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_strstr

Siehe auch

tuple_regexp_match, tuple_regexp_replace, tuple_regexp_select

Modul

Foundation

tuple_split (: : String, Separator : Substrings)

Aufteilen von Strings in mehrere Strings mittels Trennsymbolen.

tuple_split sucht in den einzelnen Strings des Eingabetupels String nach den Trennsymbolen, die in dem Eingabetupel Separator definiert sind. tuple_split teilt dann die untersuchten Strings in die Teilstrings, die durch die Trennsymbole separiert werden, und gibt diese in Substrings zurück. Das Verhalten hängt von der Länge der Eingabe-Tupel ab:

- Separator enthält genau einen String: Jeder String in String wird durch die Trennsymbole in Separator aufgeteilt. Z.B. sei String = *['alpha:1', 'beta:2', 'gamma:3']* und Separator = *['a:']*. Dann gibt der Operator das Ausgabetupel Substrings = *['lph', '1', 'bet', '2', 'g', 'mm', '3']* zurück.
- String enthält genau einen String: Der einzelne String wird je Element des Tupels Separator aufgeteilt. Z.B. sei String = *['alpha:1 beta:2 gamma:3']* und Separator = *[':', '123']*. Dann besteht das Ausgabetupel Substrings aus den Teilstrings *'alpha'*, *'1'*, *'beta'*, *'2'*, *'gamma'* und *'3'* aufgrund der Trennung durch das erste Element in Separator (*':'*) sowie aus den Teilstrings *'alpha:'*, *'beta:'* und *'gamma:'* aufgrund der Trennung durch das zweite Element in Separator (*'123'*).
- Beide Tupel beinhalten die selbe Anzahl Strings: Die Suche geschieht elementweise. Das heißt, der erste String von String wird gemäß den Trennsymbolen des ersten Strings von Separator aufgeteilt, der zweite String von String wird gemäß den Trennsymbolen des zweiten Strings von Separator aufgeteilt und so weiter.
- Eines oder beide der Eingabetupel sind leer: Ein leeres Tupel wird zurück gegeben.

Anmerkungen zum Parameter Separator: Enthalten die Strings von Separator mehr als ein Zeichen, so werden alle in einem String enthaltenen Zeichen als Trennsymbole interpretiert (siehe das oben gegebene Beispiel). Folgen in einem String aus String mehrere Trennsymbole direkt einander, so werden diese wie ein einzelnes Trennsymbol behandelt. Trennsymbole am Anfang und am Ende von String führen nicht zu einem leeren Teilstring.

Es gilt zu beachten, dass beide Eingabetupel (String und Separator) ausschließlich aus Strings bestehen müssen. Anderenfalls bricht tuple_split mit einem entsprechenden Fehler ab. Weisen die beiden Eingabetupel eine unterschiedliche Anzahl an Elementen auf, die von 1 verschieden ist, so bricht tuple_split mit einem entsprechenden Fehler ab.

Unicode Codepoints versus Bytes

Die Trennzeichen werden als Unicode Codepoints behandelt. Ein Codepoint kann aus mehreren Bytes im UTF-8 String zusammengesetzt sein. Wenn die Trennzeichen als einzelne Bytes behandelt werden sollen, kann dieser Operator mit `set_system('tsp_tuple_string_operator_mode','byte')` in einen Byte-Modus umgeschaltet werden. Wenn *'filename_encoding'* auf *'locale'* gesetzt ist (legacy), verwendet dieser Operator immer den Byte-Modus.

Für allgemeine Informationen zu String-Operationen siehe auch Tupel / String-Operationen.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_split`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Substrings := split(String, Separator)
```

Parameter

- ▷ **`String`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Eingabetupel mit aufzuteilenden Strings.
- ▷ **`Separator`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Eingabetupel mit Trennsymbolen.
- ▷ **`Substrings`** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Teil-Strings nach Aufteilung mittels Trennsymbolen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_strstr`, `tuple_strrstr`, `tuple_strchr`, `tuple_strrchr`, `tuple_strlen`, `tuple_str_first_n`, `tuple_str_last_n`, `tuple_environment`

Modul

Foundation

`tuple_str_distance` (: : String1, String2, Mode : Distance)

Berechnen der Distanz zwischen Strings.

`tuple_str_distance` berechnet die Editierdistanz zwischen `String1` und `String2` und gibt das Ergebnis in `Distance` zurück. Das zur Distanzbestimmung verwendete Maß wird in `Mode` übergeben. Beide Eingabetupel dürfen nur Strings enthalten. Andernfalls gibt `tuple_str_distance` einen Fehler zurück. Falls eines der Eingabetupel `String1` oder `String2` leer ist, wird ein leeres Tupel `Distance` zurückgegeben..

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für die Eingabetupel `String1` und `String2` jeweils ein Tupel der Länge *1* oder *'N'* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *'N'* Distanzen berechnet und zurückgegeben werden.

Unterstützte Distanzmaße

- *'levenshtein'*: Verwendet die Levenshtein-Distanz zum Vergleich der Strings. Die Levenshtein-Distanz ist die minimale Anzahl von Editieroperationen, welche nötig sind um `String1` in `String2` zu überführen. Gültige Operationen sind das Einfügen, Löschen und Ersetzen von Zeichen.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_str_distance`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann: `Result := str_distance(String1, String2, Mode)`

Parameter

▷ **String1** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Eingabetupel.
Default: 'String1'

▷ **String2** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Eingabetupel.
Default: 'String2'

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Distanzmaß.
Default: 'levenshtein'
Werteliste: `Mode` ∈ {'levenshtein'}

▷ **Distance** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Elementweise String-Distanz.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`get_text_result`, `find_text`, `do_ocr_word_mlp`

Alternativen

`suggest_lexicon`

Literatur

Vladimir I. Levenshtein, Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals, Doklady Akademii Nauk SSSR, 163(4):845-848, 1965 (Russian). English translation in Soviet Physics Doklady, 10(8):707-710, 1966.

Modul

Foundation

tuple_str_first_n (: : String, Position : Substring)

Ausschneiden aller Zeichen bis zur Position „n“ aus einem Stringtupel.

`tuple_str_first_n` schneidet aus jedem String des Eingabetupels `String` die ersten Zeichen bis einschließlich zur Position „n“ aus und liefert sie als einen neuen String in dem Ausgabetupel `Substring` zurück (Bemerkung: Die Position innerhalb eines Strings wird beginnend mit 0 gezählt). Die Zahl „n“ wird hierbei durch das zweite Eingabetupel `Position` definiert. Enthält `Position` nur ein Element, so legt dieses Element die Zahl „n“ für alle Strings von `String` fest. Beinhaltet `Position` genauso viele Elemente wie `String`, so legt das erste Element von `Position` die Zahl „n“ für den ersten String von `String` fest, das zweite Element von `Position` legt die Zahl „n“ für den zweiten String von `String` fest und so weiter. Enthält `Position` mehr als ein Element und besteht `String` nur aus einem String, so werden aus diesem String mehrere Anfangssegmente ausgeschnitten, deren Längen durch die Elemente von `Position` festgelegt sind. Beinhalten die beiden Eingabetupel mehr als ein Element und besitzen sie eine unterschiedliche Zahl an Elementen, so bricht `tuple_str_first_n` mit einer Fehlermeldung ab.

Falls beide Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück. Gleichermaßen gibt der Operator ein leeres Tupel zurück, wenn `String` leer ist und `Position` nicht. Falls jedoch `Position` leer ist und `String` nicht, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

Unicode Codepoints versus Bytes

Die Position bezieht sich auf Unicode Codepoints. Ein Codepoint kann aus mehreren Bytes im UTF-8 String zusammengesetzt sein. Wenn die Position sich auf die Bytes des Strings beziehen soll, kann dieser Operator mit `set_system('tsp_tuple_string_operator_mode','byte')` in einen Byte-Modus umgeschaltet werden. Wenn *'filename_encoding'* auf *'locale'* gesetzt ist (legacy), verwendet dieser Operator immer den Byte-Modus.

Für allgemeine Informationen zu String-Operationen siehe auch Tupel / String-Operationen.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_str_first_n`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Substring := str_firstn(String, Position)
```

Parameter

- ▷ **`String`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Eingabetupel mit zu untersuchenden Strings.
- ▷ **`Position`** (input_control) ..... number(-array) ⇝ *integer* / real
  Eingabetupel mit den Positionen „n“.
- ▷ **`Substring`** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Die ersten Zeichen bis zu den Positionen „n“ aller Eingabestrings.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_str_last_n`, `tuple_substr`, `tuple_strstr`, `tuple_strrstr`, `tuple_strlen`, `tuple_strchr`, `tuple_strrchr`, `tuple_split`, `tuple_environment`

Modul

Foundation

`tuple_str_last_n` (: : String, Position : Substring)

Ausschneiden aller Zeichen ab der Position „n“ aus einem Stringtupel.

`tuple_str_last_n` schneidet aus jedem String des Eingabetupels `String` alle Zeichen bis zum String-Ende beginnend mit dem Zeichen an der Position „n“ aus und liefert sie als einen neuen String in dem Ausgabetupel `Substring` zurück. Die Zahl „n“ wird hierbei durch das zweite Eingabetupel `Position` definiert. Enthält `Position` nur ein Element, so legt dieses Element die Zahl „n“ für alle Strings von `String` fest. Beinhaltet `Position` genauso viele Elemente wie `String`, so legt das erste Element von `Position` die Zahl „n“ für den ersten String von `String` fest, das zweite Element von `Position` legt die Zahl „n“ für den zweiten String von `String` fest und so weiter. Enthält `Position` mehr als ein Element und besteht `String` nur aus einem String, so werden aus diesem String mehrere Endsegmente ausgeschnitten, deren Länge durch die Elemente von `Position` festgelegt ist. Beinhalten die beiden Eingabetupel mehr als ein Element und besitzen sie eine unterschiedliche Zahl an Elementen, so bricht `tuple_str_last_n` mit einer Fehlermeldung ab.

Falls beide Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück. Gleichermaßen gibt der Operator ein leeres Tupel zurück, wenn `String` leer ist und `Position` nicht. Falls jedoch `Position` leer ist und `String` nicht, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

Unicode Codepoints versus Bytes

Die Position bezieht sich auf Unicode Codepoints. Ein Codepoint kann aus mehreren Bytes im UTF-8 String zusammengesetzt sein. Wenn die Position sich auf die Bytes des Strings beziehen soll, kann dieser Operator mit `set_system('tsp_tuple_string_operator_mode','byte')` in einen Byte-Modus umgeschaltet werden. Wenn *'filename_encoding'* auf *'locale'* gesetzt ist (legacy), verwendet dieser Operator immer den Byte-Modus.

Für allgemeine Informationen zu String-Operationen siehe auch Tupel / String-Operationen.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_str_last_n`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Substring := str_lastn(String, Position)
```

Parameter

▷ **String** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Eingabetupel mit zu untersuchenden Strings.

▷ **Position** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / real
Eingabetupel mit den Positionen „n“.

▷ **Substring** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Alle Zeichen von den Positionen „n“ bis zum String-Ende für alle Eingabestrings.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_str_first_n, tuple_substr, tuple_strstr, tuple_strrstr, tuple_strlen, tuple_strchr, tuple_strrchr, tuple_split, tuple_environment

Modul

Foundation

tuple_str_replace (: : String, Before, After : Replaced)

Ersetzen aller Vorkommen eines Teilstrings in einem String.

tuple_str_replace ersetzt alle Vorkommen von Before in String mit After und gibt das Ergebnis in Replaced zurück. Alle drei Tupel dürfen nur Strings enthalten. Andernfalls gibt tuple_str_replace einen Fehler zurück. Als Ausnahme entspricht ein leeres Tupel in After einem leeren String. Before und After müssen die gleiche Anzahl an Elementen enthalten. Sie können entweder ein Element enthalten, dann wird Before in allen Eingabestrings mit After ersetzt, oder sie können genauso viele Elemente wie String enthalten, dann wird der n-te Eintrag in Before mit dem n-ten Eintrag in After im n-ten String in String ersetzt. Die Strings mit allen Ersetzungen werden in Replaced zurückgegeben und enthalten in beiden Fällen die gleiche Anzahl an Elementen wie String.

Für allgemeine Informationen zu String-Operationen siehe auch Tupel / String-Operationen.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_str_replace, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Replaced := str_replace(String, Before, After)
```

Parameter

▷ **String** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Eingabetupel mit zu untersuchenden Strings.

▷ **Before** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Eingabetupel mit zu ersetzenden Strings.

▷ **After** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Eingabetupel mit den Ersetzungen für Before.

▷ **Replaced** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
Ausgabetupel mit allen Ersetzungen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_regexp_replace

Modul

Foundation

tuple_strchr (: : String, ToFind : Position)

Vorwärtssuchen nach einem Zeichen in einem Tupel von Strings.

tuple_strchr sucht in dem Eingabetupel String nach den in dem Eingabetupel ToFind definierten Zeichen. Beide Eingabetupel müssen durchgehend aus Strings bestehen. Anderenfalls bricht tuple_strchr mit einem entsprechenden Fehler ab. Enthalten die Strings von ToFind mehr als ein Zeichen, so wird ausschließlich das erste Zeichen in einem String berücksichtigt und alle folgenden Zeichen ignoriert. Besteht String nur aus einem einzigen String, so werden in diesem alle in ToFind definierten Zeichen gesucht. Das Ausgabetupel besteht also in diesem Fall aus genauso vielen Elementen wie das Eingabetupel ToFind. Ist die Suche nach einem Zeichen erfolgreich, so wird die Position (beginnend mit 0 für das erste Zeichen eines Strings), an der das Zeichen das erste Mal innerhalb des untersuchten Strings gefunden wurde, in dem Ausgabetupel Position zurückgegeben. Wurde ein Zeichen nicht gefunden, so wird für dessen Position der Wert -1 zurückgegeben. Enthalten beide Eingabetupel String und ToFind gleich viele Elemente, so werden sie elementweise bearbeitet, das heißt, das erste Zeichen im ersten Element von ToFind wird in dem ersten String von String, das erste Zeichen des zweiten ELements von ToFind wird im zweiten String von String gesucht und so weiter. Die einzelnen Elemente des Ausgabetupels enthalten dann das Resultat der elementweisen Suche. Besteht ToFind nur aus einem Element, so wird das dort definierte Zeichen in allen Strings des Eingabetupels String gesucht. Das Ausgabetupel Position besitzt dann also genauso viele Elemente wie das Eingabetupel String. Weisen die beiden Eingabetupel String und ToFind eine unterschiedliche Anzahl an Elementen auf, die von 1 verschieden ist, so bricht tuple_strchr mit einem entsprechenden Fehler ab.

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

Unicode Codepoints versus Bytes

Die Position bezieht sich auf Unicode Codepoints. Ein Codepoint kann aus mehreren Bytes im UTF-8 String zusammengesetzt sein. Wenn die Position sich auf die Bytes des Strings beziehen soll, kann dieser Operator mit set_system('tsp_tuple_string_operator_mode','byte') in einen Byte-Modus umgeschaltet werden. Wenn *'filename_encoding'* auf *'locale'* gesetzt ist (legacy), verwendet dieser Operator immer den Byte-Modus.

Für allgemeine Informationen zu String-Operationen siehe auch Tupel / String-Operationen.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_strchr, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Position := strchr(String, ToFind)
```

Parameter

- ▷ **String** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Eingabetupel mit zu untersuchenden Strings.
- ▷ **ToFind** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Eingabetupel mit zu suchenden Zeichen.
- ▷ **Position** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Positionen der gesuchten Zeichen in den untersuchten Strings.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_strrchr, tuple_strstr, tuple_strrstr, tuple_strlen, tuple_substr, tuple_str_first_n, tuple_str_last_n, tuple_split, tuple_environment

Modul

Foundation

tuple_strlen (: : T1 : Length)

Berechnen der Länge der einzelnen Strings eines Stringtupels.

tuple_strlen untersucht jeden String des Eingabetupels T1 auf dessen Länge und liefert die Länge der einzelnen Strings in dem Ausgabetupel Length zurück. Das Eingabetupel T1 darf nur Strings enthalten. Ansonsten bricht tuple_strlen mit einer entsprechenden Fehlermeldung ab.

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

Unicode Codepoints versus Bytes

Die Länge des Strings bezieht sich auf Unicode Codepoints. Ein Codepoint kann aus mehreren Bytes im UTF-8 String zusammengesetzt sein. Wenn die Länge sich auf die Bytes des Strings beziehen soll, kann dieser Operator mit set_system('tsp_tuple_string_operator_mode','byte') in einen Byte-Modus umgeschaltet werden. Wenn *'filename_encoding'* auf *'locale'* gesetzt ist (legacy), verwendet dieser Operator immer den Byte-Modus.

Für allgemeine Informationen zu String-Operationen siehe auch Tupel / String-Operationen.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_strlen, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Length := strlen(T1)
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Eingabetupel.
- ▷ **Length** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Länge der Strings des Eingabetupels.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_strstr, tuple_strrstr, tuple_strchr, tuple_strrchr, tuple_substr, tuple_str_first_n, tuple_str_last_n, tuple_split, tuple_environment

Siehe auch

tuple_is_string

Modul

Foundation

tuple_strrchr (: : String, ToFind : Position)

Rückwärtssuchen nach einem Zeichen in einem Tupel von Strings.

tuple_strrchr sucht in dem Eingabetupel String nach den in dem Eingabetupel ToFind definierten Zeichen. Beide Eingabetupel müssen durchwegs aus Strings bestehen. Anderenfalls bricht tuple_strrchr mit einem entsprechenden Fehler ab. Enthalten die Strings von ToFind mehr als ein Zeichen, so wird ausschließlich das erste Zeichen in einem String berücksichtigt und alle folgenden Zeichen ignoriert. Die Suche nach einem Zeichen geschieht rückwärts also vom Ende zum Anfang des zu untersuchenden Strings. Besteht String nur aus einem einzigen String, so werden in diesem alle in ToFind definierten Zeichen gesucht. Das Ausgabetupel besteht also

in diesem Fall aus genauso vielen Elementen wie das Eingabetupel ToFind. Ist die Suche nach einem Zeichen erfolgreich, so wird die Position (beginnend mit 0 für das erste Zeichen eines Strings), an der das Zeichen das erste Mal innerhalb des untersuchten Strings gefunden wurde, in dem Ausgabetupel Position zurückgegeben. Wurde ein Zeichen nicht gefunden, so wird für dessen Position der Wert -1 zurückgegeben. Enthalten beide Eingabetupel String und ToFind gleich viele Elemente, so werden sie elementweise bearbeitet, das heißt, das erste Zeichen im ersten Element von ToFind wird in dem ersten String von String, das erste Zeichen des zweiten ELements von ToFind wird im zweiten String von String gesucht und so weiter. Die einzelnen Elemente des Ausgabetupels enthalten dann das Resultat der elementweisen Suche. Besteht ToFind nur aus einem Element, so wird das dort definierte Zeichen in allen Strings des Eingabetupels String gesucht. Das Ausgabetupel Position besitzt dann also genauso viele Elemente wie das Eingabetupel String. Weisen die beiden Eingabetupel String und ToFind eine unterschiedliche Anzahl an Elementen auf, die von 1 verschieden ist, so bricht tuple_strrchr mit einem entsprechenden Fehler ab.

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

Unicode Codepoints versus Bytes

Die Position bezieht sich auf Unicode Codepoints. Ein Codepoint kann aus mehreren Bytes im UTF-8 String zusammengesetzt sein. Wenn die Position sich auf die Bytes des Strings beziehen soll, kann dieser Operator mit set_system('tsp_tuple_string_operator_mode','byte') in einen Byte-Modus umgeschaltet werden. Wenn *'filename_encoding'* auf *'locale'* gesetzt ist (legacy), verwendet dieser Operator immer den Byte-Modus.

Für allgemeine Informationen zu String-Operationen siehe auch Tupel / String-Operationen.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_strrchr, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Position := strrchr(String, ToFind)
```

Parameter

- ▷ **String** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Eingabetupel mit zu untersuchenden Strings.
- ▷ **ToFind** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Eingabetupel mit zu suchenden Zeichen.
- ▷ **Position** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Positionen der gesuchten Zeichen in den untersuchten Strings.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_strchr, tuple_strstr, tuple_strrstr, tuple_strlen, tuple_substr, tuple_str_first_n, tuple_str_last_n, tuple_split, tuple_environment

Modul

Foundation

tuple_strrstr (: : String, ToFind : Position)

Rückwärtssuchen nach einem Teilstring in einem Tupel von Strings.

tuple_strrstr sucht in dem Eingabetupel String nach den in dem Eingabetupel ToFind definierten Strings. Beide Eingabetupel müssen durchgehend aus Strings bestehen. Anderenfalls bricht tuple_strrstr mit einem entsprechenden Fehler ab. Besteht String nur aus einem einzigen String, so werden in diesem alle in ToFind definierten Strings gesucht. Das Ausgabetupel besteht also in diesem Fall aus genauso vielen Elementen wie das Eingabetupel ToFind. Die Suche geschieht rückwärts also vom Ende zum Anfang des zu untersuchenden Strings. Ist die Suche nach einem String erfolgreich, so wird die Position, an der der gesuchte String innerhalb des

untersuchten Strings das erste Mal gefunden wurde, in dem Ausgabetupel `Position` zurückgegeben (die Position innerhalb eines Strings wird beginnend mit 0 gezählt). Wurde ein String nicht gefunden, so wird für dessen Position der Wert -1 zurückgegeben. Enthalten beide Eingabetupel `String` und `ToFind` gleich viele Elemente, so werden sie elementweise bearbeitet, das heißt, der erste String von `ToFind` wird in dem ersten String von `String`, der zweite von `ToFind` im zweiten von `String` gesucht und so weiter. Die einzelnen Elemente des Ausgabetupels enthalten dann das Resultat der elementweisen Suche. Besteht `ToFind` nur aus einem String, so wird dieser String in allen Strings des Eingabetupels `String` gesucht. Das Ausgabetupel `Position` besitzt dann also genauso viele Elemente wie das Eingabetupel `String`. Weisen die beiden Eingabetupel `String` und `ToFind` eine unterschiedliche Anzahl an Elementen auf, die von 1 verschieden ist, so bricht `tuple_strrstr` mit einem entsprechenden Fehler ab.

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

Unicode Codepoints versus Bytes

Die Position bezieht sich auf Unicode Codepoints. Ein Codepoint kann aus mehreren Bytes im UTF-8 String zusammengesetzt sein. Wenn die Position sich auf die Bytes des Strings beziehen soll, kann dieser Operator mit `set_system('tsp_tuple_string_operator_mode','byte')` in einen Byte-Modus umgeschaltet werden. Wenn *'filename_encoding'* auf *'locale'* gesetzt ist (legacy), verwendet dieser Operator immer den Byte-Modus.

Für allgemeine Informationen zu String-Operationen siehe auch Tupel / String-Operationen.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_strrstr`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Position := strrstr(String, ToFind)
```

Parameter

- ▷ **`String`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Eingabetupel mit zu untersuchenden Strings.
- ▷ **`ToFind`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Eingabetupel mit zu suchenden Teilstrings.
- ▷ **`Position`** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Positionen der gesuchten Strings in den untersuchten Strings.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_strstr`, `tuple_strlen`, `tuple_strchr`, `tuple_strrchr`, `tuple_substr`, `tuple_str_first_n`, `tuple_str_last_n`, `tuple_split`, `tuple_environment`

Modul

Foundation

`tuple_strrstr ( : : String, ToFind : Position )`

Vorwärtssuchen nach einem Teilstring in einem Tupel von Strings.

`tuple_strrstr` sucht in dem Eingabetupel `String` nach den in dem Eingabetupel `ToFind` definierten Strings. Beide Eingabetupel müssen durchgehend aus Strings bestehen. Anderenfalls bricht `tuple_strrstr` mit einem entsprechenden Fehler ab. Besteht `String` nur aus einem einzigen String, so werden in diesem alle in `ToFind` definierten Strings gesucht. Das Ausgabetupel besteht also in diesem Fall aus genauso vielen Elementen wie das Eingabetupel `ToFind`. Ist die Suche nach einem String erfolgreich, so wird die Position, an der der gesuchte String innerhalb des untersuchten Strings das erste Mal gefunden wurde, in dem Ausgabetupel `Position` zurückgegeben (die Position wird beginnend mit 0 gezählt). Wurde ein String nicht gefunden, so wird für dessen Position der Wert -1 zurückgegeben. Enthalten beide Eingabetupel `String` und `ToFind` gleich viele Elemente,

so werden sie elementweise bearbeitet, das heißt, der erste String von ToFind wird in dem ersten String von String, der zweite von ToFind im zweiten von String gesucht und so weiter. Die einzelnen Elemente des Ausgabetupels enthalten dann das Resultat der elementweisen Suche. Besteht ToFind nur aus einem String, so wird dieser String in allen Strings des Eingabetupels String gesucht. Das Ausgabetupel Position besitzt dann also genauso viele Elemente wie das Eingabetupel String. Weisen die beiden Eingabetupel String und ToFind eine unterschiedliche Anzahl an Elementen auf, die von 1 verschieden ist, so bricht tuple_strstr mit einem entsprechenden Fehler ab.

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

Unicode Codepoints versus Bytes

Die Position bezieht sich auf Unicode Codepoints. Ein Codepoint kann aus mehreren Bytes im UTF-8 String zusammengesetzt sein. Wenn die Position sich auf die Bytes des Strings beziehen soll, kann dieser Operator mit set_system('tsp_tuple_string_operator_mode','byte') in einen Byte-Modus umgeschaltet werden. Wenn *'filename_encoding'* auf *'locale'* gesetzt ist (legacy), verwendet dieser Operator immer den Byte-Modus.

Für allgemeine Informationen zu String-Operationen siehe auch Tupel / String-Operationen.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_strstr, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Position := strstr(String, ToFind)
```

Parameter

- ▷ **String** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Eingabetupel mit zu untersuchenden Strings.
- ▷ **ToFind** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Eingabetupel mit zu suchenden Teilstrings.
- ▷ **Position** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Positionen der gesuchten Strings in den untersuchten Strings.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_strrstr, tuple_strlen, tuple_strchr, tuple_strrchr, tuple_substr, tuple_str_first_n, tuple_str_last_n, tuple_split, tuple_environment

Modul

Foundation

tuple_substr (: : String, Position1, Position2 : Substring)

Ausschneiden von Zeichen ab Position „n1“ bis einschließlich „n2“ aus einem Stringtupel.

tuple_substr schneidet aus jedem String des Eingabetupels String alle Zeichen beginnend mit dem Zeichen an der Position „n1“ bis einschließlich zur Position „n2“ aus und liefert sie als einen neuen String in dem Ausgabetupel Substring zurück. Die Zahlen „n1“ und „n2“ werden hierbei durch das zweite und dritte Eingabetupel Position1 und Position2 definiert, das jeweils die gleiche Länge haben muss. Enthalten Position1 und Position2 nur jeweils ein Element, so legt dieses Element die Zahlen „n1“ und „n2“ für alle Strings von String fest. Beinhalten Position1 und Position2 genauso viele Elemente wie String, so legen die jeweils ersten Elemente von Position1 und Position2 die Zahlen „n1“ und „n2“ für den ersten String von String fest. Die zweiten Elemente von Position1 und Position2 legen dann die Zahlen „n1“ und „n2“ für den zweiten String von String fest und so weiter. Enthalten Position1 und Position2 mehr als ein Element und besteht String nur aus einem String, so werden aus diesem String mehrere Segmente ausgeschnitten, deren Länge durch die Elemente von Position1 und Position2 festgelegt sind. Beinhalten alle Eingabetupel mehr

als ein Element und unterscheiden sie sich gleichzeitig in der Anzahl der Elemente, so bricht `tuple_substr` mit einer Fehlermeldung ab.

Falls `String` ein leeres Tupel ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück. Falls `String` nicht leer ist und `Position1` und/oder `Position2` leere Tupel sind, wird eine Fehlermeldung angezeigt.

Unicode Codepoints versus Bytes

Die Positionen beziehen sich auf Unicode Codepoints. Ein Codepoint kann aus mehreren Bytes im UTF-8 String zusammengesetzt sein. Wenn die Positionen sich auf die Bytes des Strings beziehen sollen, kann dieser Operator mit `set_system('tsp_tuple_string_operator_mode','byte')` in einen Byte-Modus umgeschaltet werden. Wenn *'filename_encoding'* auf *'locale'* gesetzt ist (legacy), verwendet dieser Operator immer den Byte-Modus.

Für allgemeine Informationen zu String-Operationen siehe auch Tupel / String-Operationen.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_substr`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Substring := String{Position1:Position2}
```

Parameter

- ▷ **`String`** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Eingabetupel mit zu untersuchenden Strings.
- ▷ **`Position1`** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / real
  Eingabetupel mit den Start-Positionen „n1“.
- ▷ **`Position2`** (input_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer* / real
  Eingabetupel mit den End-Positionen „n2“.
- ▷ **`Substring`** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Alle Zeichen von den Positionen „n1“ bis „n2“ für alle Eingabestrings.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_str_first_n`, `tuple_str_last_n`, `tuple_strstr`, `tuple_strrstr`, `tuple_strlen`, `tuple_strchr`, `tuple_strrchr`, `tuple_split`, `tuple_environment`

Modul

Foundation

29.13 Typ

`tuple_is_handle` (: : `T` : `IsHandle`)

Testen, ob die interne Repräsentation eines Tupels vom Typ `handle` ist.

`tuple_is_handle` testet, ob die interne Repräsentation des Eingabetupels `T` vom Typ `handle` ist. In diesem Fall wird *1* (true) zurückgegeben, ansonsten wird *0* (false) zurückgegeben. Falls ein Tupel nur aus Elementen des Typs `handle` besteht, kann `IsHandle` trotzdem gleich *0* sein, falls die interne Repräsentation des Tupels H_TYPE_MIXED ist; siehe `tuple_type` für weitere Details.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator *1* zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_is_handle`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
IsHandle := is_handle(T)
```

Achtung

Auch falls alle Elemente des Tupels vom Typ `handle` sind, liefert `tuple_is_handle` *0* (false) zurück, falls die interne Repräsentation des Tupels vom Typ H_TYPE_MIXED ist. Um zu testen, ob die Elemente des Tupels vom Typ `handle` sind, sollte der Operator `tuple_is_handle_elem` verwendet werden.

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *handle* / real / integer / string
  Eingabetupel.
- ▷ **IsHandle** (output_control) . . . . . number ⇝ *integer*
  Boolescher Wert, der angibt, ob das Eingabetupel vom Typ `handle` ist.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `tuple_is_handle` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_type`, `tuple_is_number`, `tuple_is_handle_elem`, `tuple_is_string`, `tuple_sem_type`

Siehe auch

`tuple_is_int`, `tuple_is_real`, `tuple_is_string`

Modul

Foundation

tuple_is_handle_elem (: : T : IsHandle)

Testen, ob die Elemente eines Tupels vom Typ `handle` sind.

`tuple_is_handle_elem` testet die Elemente des Eingabetupels `T`. Für alle Elemente vom Typ `handle` wird *1* (true) zurückgegeben, ansonsten wird *0* (false) zurückgegeben.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_is_handle_elem`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
IsHandle := is_handle_elem(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *handle* / real / integer / string
  Eingabetupel.
- ▷ **IsHandle** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer*
  Boolesche Werte, die angeben, ob die Elemente des Eingabetupels vom Typ `handle` sind.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `tuple_is_handle_elem` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_type, tuple_type_elem, tuple_is_handle

Siehe auch

tuple_is_mixed, tuple_is_int, tuple_is_real, tuple_is_string, tuple_is_mixed, tuple_is_int_elem, tuple_is_real_elem, tuple_is_number, tuple_is_handle

Modul

Foundation

tuple_is_int (: : T : IsInt)

Testen, ob die interne Repräsentation eines Tupels vom Typ integer (Ganzzahl) ist.

tuple_is_int testet, ob die interne Repräsentation des Eingabetupels T vom Typ integer (Ganzzahl) ist. In diesem Fall wird *1* (true) zurückgegeben, ansonsten wird *0* (false) zurückgegeben. Falls ein Tupel nur aus Elementen des Typs integer besteht, kann IsInt trotzdem gleich 0 sein, falls die interne Repräsentation des Tupels H_TYPE_MIXED ist; siehe tuple_type für weitere Details.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator 1 zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_is_int, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
IsInt := is_int(T)
```

Achtung

Auch falls alle Elemente des Tupels vom Typ integer sind, liefert tuple_is_int *0* (false) zurück, falls die interne Repräsentation des Tupels vom Typ H_TYPE_MIXED ist. Um zu testen, ob die Elemente des Tupels vom Typ integer sind, sollte der Operator tuple_is_int_elem verwendet werden.

Parameter

- ▷ **T** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string / handle
  Eingabetupel.
- ▷ **IsInt** (output_control) ..... number ⇝ *integer*
  Ist das Eingabetupel vom Typ integer (Ganzzahl)?

Beispiel

```
tuple_is_int ([3.1416,'pi',3], IsIntA)
* IsIntA = false
tuple_is_int ([1,2,3], IsIntB)
* IsIntB = true
tuple_is_int ([], IsIntC)
* IsIntC = true
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert tuple_is_int den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_type, tuple_is_number, tuple_is_int_elem

Siehe auch

tuple_is_real, tuple_is_string, tuple_is_handle

Modul

Foundation

tuple_is_int_elem (: : T : IsInt)

Testen, ob die Elemente eines Tupels vom Typ integer (Ganzzahl) sind.

tuple_is_int_elem testet die Elemente des Eingabetupels T. Für alle Elemente vom Typ integer (Ganzzahl) wird *1* (true) zurückgegeben, ansonsten wird *0* (false) zurückgegeben.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_is_int_elem, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
IsInt := is_int_elem(T)
```

Achtung

tuple_is_int_elem gibt 2 (H_MSG_TRUE) zurück, falls der interne Datentyp der Elemente des Tupels integer ist. Im Gegensatz zu tuple_is_number wird nicht zurückgegeben, ob die Elemente eines Tupel als integer dargestellt werden könnten.

Parameter

- ▷ **T** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string / handle
  Eingabetupel.
- ▷ **IsInt** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *integer*
  Sind die Elemente des Eingabetupels vom Typ integer (Ganzzahl)?

Beispiel

```
tuple_is_int_elem ([3.1416,'pi',3,3.0], IsInt)
* IsInt = [false, false, true, false]
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert tuple_is_int_elem den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_type, tuple_type_elem, tuple_is_int

Siehe auch

tuple_is_mixed, tuple_is_int, tuple_is_real, tuple_is_string, tuple_is_mixed, tuple_is_real_elem, tuple_is_string_elem, tuple_is_number, tuple_is_handle_elem, tuple_is_handle

Modul

Foundation

tuple_is_mixed (: : T : IsMixed)

Testen, ob ein Tupel vom Typ mixed (gemischt) ist.

tuple_is_mixed testet das Eingabetupel T. Ist das Tupel vom Typ mixed (gemischt) wird *1* (true) zurückgegeben, ansonsten wird *0* (false) zurückgegeben.

Wenn der Typ des Tupels T mixed ist, aber erwartet wird, dass alle Elemente des Tupels von einem bestimmten Datentyp sind, kann das Tupel explizit in ein besser passendes Format konvertiert werden. Dazu können die Operatoren tuple_int, tuple_real oder tuple_string mit Format='s' verwendet werden. Dies erhöht

die Verarbeitungsgeschwindigkeit des konvertierten Tupels und lohnt sich insbesondere, falls das Tupel danach mehrmals verwendet wird.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator 1 zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_is_mixed`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
IsMixed := is_mixed(T)
```

Parameter

- ▷ **`T`** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *string* / real / integer / handle
  Eingabetupel.
- ▷ **`IsMixed`** (output_control) . . . . . number ⇝ *integer*
  Ist das Eingabetupel vom Typ `mixed` (gemischt)?

Beispiel

```
tuple_is_mixed ([3.1416,'pi',3], IsMixedA)
* IsMixedA = true
tuple_is_mixed (['a','b','111'], IsMixedB)
* IsMixedB = false
tuple_is_mixed ([], IsMixedC)
* IsMixedC = true
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `tuple_is_mixed` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_type`, `tuple_is_number`

Siehe auch

`tuple_is_int`, `tuple_is_real`

Modul

Foundation

`tuple_is_nan_elem` (: : T : IsNaN)

Testen, ob Elemente eines Tupels NaNs (Not-a-Number) darstellen.

`tuple_is_nan_elem` testet das Eingabetupel `T` daraufhin, welche Elemente ein NaN darstellen. Wenn ein Eintrag ein NaN ist, so wird als entsprechender Eintrag in `IsNaN` 1 zurückgeliefert, andernfalls 0.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_is_nan_elem`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
IsNaN := is_nan_elem(T)
```

Parameter

▷ **T** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *real* / integer
Eingabetupel.

▷ **IsNaN** (output_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Tupel mit Booleschen Werten.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_type, tuple_is_number, tuple_sem_type

Siehe auch

tuple_is_int, tuple_is_real, tuple_is_string

Modul

Foundation

tuple_is_number (: : T : IsNumber)

Testen, ob Elemente eines Tupels (inkl. Strings) Zahlen darstellen.

tuple_is_number testet das Eingabetupel T daraufhin, welches Element eine Zahl darstellt. Dabei wird für schon vorhandene Zahlen 1 zurückgeliefert. Für Strings wird getestet, ob der String eine Zahl darstellt oder nicht. Für Strings, die Zahlen darstellen, wird eine 1 zurückgeliefert, ansonsten eine 0

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_is_number, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
IsNumber := is_number(T)
```

Parameter

▷ **T** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string
Eingabetupel.

▷ **IsNumber** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Tupel mit Booleschen Werten.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_is_int, tuple_is_real, tuple_type, tuple_is_nan_elem

Siehe auch

tuple_number

Modul

Foundation

tuple_is_real (: : T : IsReal)

Testen, ob die interne Repräsentation eines Tupels vom Typ `real` (Gleitkommazahl) ist.

`tuple_is_real` testet, ob die interne Repräsentation des Eingabetupels `T` vom Typ `real` (Gleitkommazahl) ist. In diesem Fall wird *1* (true) zurückgegeben, ansonsten wird *0* (false) zurückgegeben. Falls ein Tupel nur aus Elementen des Typs `real` besteht, kann `IsReal` trotzdem gleich 0 sein, falls die interne Repräsentation des Tupels H_TYPE_MIXED ist; siehe `tuple_type` für weitere Details.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator 1 zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_is_real`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
IsReal := is_real(T)
```

Achtung

Auch falls alle Elemente des Tupels vom Typ `real` sind, liefert `tuple_is_real` *0* (false) zurück, falls die interne Repräsentation des Tupels vom Typ H_TYPE_MIXED ist. Um zu testen, ob die Elemente des Tupels vom Typ `real` sind, sollte der Operator `tuple_is_real_elem` verwendet werden.

Parameter

- ▷ **T** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string / handle
  Eingabetupel.
- ▷ **IsReal** (output_control) ..... number ⇝ *integer*
  Ist das Eingabetupel vom Typ `real` (Gleitkommazahl)?

Beispiel

```
tuple_is_real ([3.1416,'pi',3], IsRealA)
* IsRealA = false
tuple_is_real ([1.0,2.0,3.0], IsRealB)
* IsRealB = true
tuple_is_real ([], IsRealC)
* IsRealC = true
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `tuple_is_real` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_type`, `tuple_is_number`, `tuple_is_real_elem`

Siehe auch

`tuple_is_int`, `tuple_is_string`, `tuple_is_handle`

Modul

Foundation

tuple_is_real_elem (: : T : IsReal)

Testen, ob die Elemente eines Tupels vom Typ `real` (Gleitkommazahl) sind.

tuple_is_real_elem testet die Elemente des Eingabetupels T. Für alle Elemente vom Typ real (Gleitkommazahl) wird *1* (true) zurückgegeben, ansonsten wird *0* (false) zurückgegeben.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_is_real_elem, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
IsReal := is_real_elem(T)
```

Achtung

tuple_is_real_elem gibt 2 (H_MSG_TRUE) zurück, falls der interne Datentyp der Elemente des Tupels real ist. Im Gegensatz zu tuple_is_number wird nicht zurückgegeben, ob die Elemente eines Tupel als real dargestellt werden könnten.

Parameter

- ▷ **T** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *real / integer / string / handle*
  Eingabetupel.
- ▷ **IsReal** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *integer*
  Sind die Elemente des Eingabetupels vom Typ real (Gleitkommazahl)?

Beispiel

```
tuple_is_real_elem ([3.1416,'pi',3,3.0], IsReal)
* IsReal = [true, false, false, true]
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert tuple_is_real_elem den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_type, tuple_type_elem, tuple_is_real

Siehe auch

tuple_is_mixed, tuple_is_int, tuple_is_real, tuple_is_string, tuple_is_mixed, tuple_is_int_elem, tuple_is_string_elem, tuple_is_number, tuple_is_handle_elem, tuple_is_handle

Modul

Foundation

tuple_is_string (: : T : IsString)

Testen, ob die interne Repräsentation eines Tupels vom Typ string (Zeichenkette) ist.

tuple_is_string testet, ob die interne Repräsentation des Eingabetupels T vom Typ string (Zeichenkette) ist. In diesem Fall wird *1* (true) zurückgegeben, ansonsten wird *0* (false) zurückgegeben. Falls ein Tupel nur aus Elementen des Typs string besteht, kann IsString trotzdem gleich 0 sein, falls die interne Repräsentation des Tupels H_TYPE_MIXED ist; siehe tuple_type für weitere Details.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator 1 zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_is_string, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
IsString := is_string(T)
```

Achtung

Auch falls alle Elemente des Tupels vom Typ string sind, liefert tuple_is_string *0* (false) zurück, falls die interne Repräsentation des Tupels vom Typ H_TYPE_MIXED ist. Um zu testen, ob die Elemente des Tupels vom Typ string sind, sollte der Operator tuple_is_string_elem verwendet werden.

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *string* / real / integer / handle
  Eingabetupel.
- ▷ **IsString** (output_control) . . . . . number ⇝ *integer*
  Ist das Eingabetupel vom Typ string (Zeichenkette)?

Beispiel

```
tuple_is_string ([3.1416,'pi',3], IsStringA)
* IsStringA = false
tuple_is_string (['a','b','111'], IsStringB)
* IsStringB = true
tuple_is_string ([], IsStringC)
* IsStringC = true
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert tuple_is_string den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_type, tuple_is_number, tuple_is_string_elem

Siehe auch

tuple_is_int, tuple_is_real, tuple_is_handle

Modul

Foundation

tuple_is_string_elem (: : T : IsString)

Testen, ob die Elemente eines Tupels vom Typ string (Zeichenkette) sind.

tuple_is_string_elem testet die Elemente des Eingabetupels T. Für alle Elemente vom Typ string (Zeichenkette) wird *1* (true) zurückgegeben, ansonsten wird *0* (false) zurückgegeben.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_is_string_elem, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
IsString := is_string_elem(T)
```

Parameter

▷ **T** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *string* / real / integer / handle
Eingabetupel.

▷ **IsString** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer*
Sind die Elemente des Eingabetupels vom Typ `string` (Zeichenkette)?

Beispiel

```
tuple_is_string_elem ([3.1416,'pi',3], IsString)
* IsString = [false, true, false]
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `tuple_is_string_elem` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_type`, `tuple_type_elem`, `tuple_is_string`

Siehe auch

`tuple_is_mixed`, `tuple_is_int`, `tuple_is_real`, `tuple_is_string`, `tuple_is_mixed`, `tuple_is_int_elem`, `tuple_is_real_elem`, `tuple_is_number`, `tuple_is_handle_elem`, `tuple_is_handle`

Modul

Foundation

tuple_is_valid_handle (: : Handle : IsValid)

Prüft, ob ein Handle gültig ist.

`tuple_is_valid_handle` gibt *1* in `IsValid` zurück, wenn `Handle` ein gültiges, nicht freigegebenes Handle enthält, andernfalls *0*.

Mehrere Handles können in `Handle` übergeben werden. In diesem Fall enthält `IsValid` einen Gültigkeitswert für jedes Eingabehandle.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_constant`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
IsValid := is_valid_handle(Handle)
```

Parameter

▷ **Handle** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *handle*
Handle, das auf Gültigkeit geprüft wird.

▷ **IsValid** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Gültigkeit des Eingabehandles.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `tuple_is_valid_handle` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

tuple_sem_type (: : T : SemType)

Zurückgeben den semantischen Typs eines Tupels.

`tuple_sem_type` gibt den semantischen Typ des Eingabetupels `T` zurück. Der Typ wird als String in `SemType` zurückgegeben.

Falls `T` nur gültige Handles des gleichen Typs enthält, wird dessen semantischer Typ zurückgegeben (z.B. *'matrix'*). Falls das Eingabetupel nur gültige und ungültige Handles oder Handles verschiedenen Typs enthält, wird *'handle'* zurückgegeben. Falls `T` Elemente verschiedenen Typs enthält, wird *'any'* zurückgegeben.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator den Wert *'any'* zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_sem_type`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
SemType := sem_type(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *handle* / real / integer / string
  Eingabetupel.
- ▷ **SemType** (output_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Semantischer Typ des Eingabetupels als String.

Beispiel

```
create_matrix (3, 3, 0, MatrixID)
tuple_sem_type (MatrixID, SemType)
* SemType == 'matrix' (Handle of specific type)
clear_handle (MatrixID)
tuple_sem_type (MatrixID, SemType)
* SemType == 'handle' (Cleared handle)
tuple_sem_type ([MatrixID,123], SemType)
* SemType == 'any' (Mixed types)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `tuple_sem_type` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_is_int`, `tuple_is_number`, `tuple_is_real`, `tuple_is_string`, `tuple_type`

Siehe auch

`get_obj_class`

Modul

Foundation

tuple_sem_type_elem (: : T : SemTypes)

Zurückgeben der semantischen Typen der Elemente eines Tupels.

tuple_sem_type_elem gibt die semantischen Typen der Elemente des Eingabetupels T zurück. Die Typen werden als String in SemTypes zurückgegeben.

Falls ein Element ein gültiges Handle ist, wird der semantische Typ des Handles zurückgegeben. Für freigegebene oder ungültige Handles wird *'handle'* zurückgegeben.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_sem_type_elem, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
SemTypes := sem_type_elem(T)
```

Parameter

- ▷ **T** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *handle* / real / integer / string
  Eingabetupel.
- ▷ **SemTypes** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Semantische Typen der Elemente des Eingabetupels als Strings.

Beispiel

```
create_matrix (3, 3, 0, MatrixID)
tuple_sem_type_elem ([MatrixID,1,1.0,'HALCON',HNULL], SemTypeElem)
* SemTypeElem == ['matrix','integer','real','string','handle']
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert tuple_sem_type_elem den Wert 2 (H_MSG_TRUE).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_type, tuple_is_mixed, tuple_is_int, tuple_is_real, tuple_is_string, tuple_is_mixed, tuple_is_int_elem, tuple_is_real_elem, tuple_is_string_elem, tuple_type_elem, tuple_sem_type

Siehe auch

get_obj_class

Modul

Foundation

tuple_type (: : T : Type)

Zurückgeben des Typs eines Tupels.

tuple_type gibt den Typ eines Eingabetupels T zurück. Der Typ wird als Ganzzahl im Ausgabeparameter Type zurückgegeben. In HDevelop stehen entsprechend definierte Konstanten zur Verfügung:

- H_TYPE_INT (1).
- H_TYPE_REAL (2).
- H_TYPE_STRING (4).

- H_TYPE_MIXED (8).
- H_TYPE_HANDLE (16).
- H_TYPE_ANY (31).

H_TYPE_MIXED wird in folgenden zwei Fällen zurückgegeben:

- Elemente des Tupels haben verschiedene Datentypen, z.B. `real` und `integer`.
- Mit dem Tupel `T` wurden Operationen durchgeführt, die den Datentyp einzelner Elemente geändert haben. Solche Tupel werden im Allgemeinen (aufgrund von Laufzeitgründen) nicht automatisch optimiert, selbst wenn die Datentypen aller Elemente in nachfolgenden Operationen wieder gleich werden. Siehe Operator `tuple_is_mixed` und das nachfolgende Beispiel für Informationen darüber wie solche Tupel optimiert werden können.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator 31 (H_TYPE_ANY) zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_type`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Type := type(T)
```

Achtung

`tuple_type` gibt den internen Datentyp des Tupels zurück. Im Gegensatz zu `tuple_is_number` wird nicht zurückgegeben, ob ein Tupel als ein bestimmter Datentyp dargestellt werden könnte.

Parameter

▷ **`T`** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string / handle
Eingabetupel.

▷ **`Type`** (output_control) . . . . . number ⇝ *integer*
Typ des Eingabetupels als Ganzzahl.

Beispiel

```
tuple_type ([3.1416,'pi',3], TypeA)
* TypeA = H_TYPE_MIXED
tuple_type (['a','b','111'], TypeB)
* TypeB = H_TYPE_STRING
tuple_type ([], TypeC)
* TypeC = H_TYPE_ANY
tuple_type (HNULL, TypeD)
* TypeD = H_TYPE_HANDLE

TupleInt := [1,2,3,4]
TupleReal := [42.0]
TupleConcat := [TupleInt, TupleReal]
tuple_type (TupleConcat, TypeConcat)
* TypeConcat = H_TYPE_MIXED
* Now set 42.0 to 42
TupleConcat[4] := 42
tuple_type (TupleConcat, TypeConcat2)
* TypeConcat2 = H_TYPE_MIXED
* TupleConcat now consists of integers only, but the
* internal representation hasn't been updated. Optimize
* it by converting the tuple explicitly to an integer
* tuple.
tuple_int (TupleConcat, TupleConcatInt)
tuple_type (TupleConcatInt, TypeConcatInt)
* TypeConcatInt = H_TYPE_INT
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `tuple_type` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_is_int`, `tuple_is_number`, `tuple_is_real`, `tuple_is_string`, `tuple_sem_type`

Siehe auch

`get_obj_class`

Modul

Foundation

`tuple_type_elem ( : : T : Types )`

Zurückgeben des Typs der Elemente eines Tupels.

`tuple_type_elem` gibt den Typ der Elemente des Eingabetupels `T` zurück. Die Typen werden als Ganzzahl im Ausgabeparameter `Types` zurückgegeben. In HDevelop stehen entsprechend definierte Konstanten zur Verfügung:

- H_TYPE_INT (1).
- H_TYPE_REAL (2).
- H_TYPE_STRING (4).
- H_TYPE_HANDLE (16).

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls das Eingabetupel leer ist, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_type_elem`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Types := type_elem(T)
```

Parameter

▷ **T** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *real* / integer / string / handle
Eingabetupel.

▷ **Types** (output_control) . . . . . number(-array) ⇝ *integer*
Typen der Elemente des Eingabetupels als Ganzzahl.

Beispiel

```
tuple_type_elem ([3.1416,'pi',3], Types)
* Types = [H_TYPE_REAL, H_TYPE_STRING, H_TYPE_INT]
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `tuple_type_elem` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`).

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_type, tuple_is_mixed, tuple_is_int, tuple_is_real, tuple_is_string, tuple_is_mixed, tuple_is_int_elem, tuple_is_real_elem, tuple_is_string_elem

Siehe auch

get_obj_class, tuple_is_number

Modul

Foundation

29.14 Vergleich

tuple_equal (: : T1, T2 : Equal)

Testen, ob zwei Tupel gleich sind.

tuple_equal testet, ob die beiden Eingabetupel T1 und T2 gleich sind. Die Eingabetupel werden elementweise verglichen. Zwei Tupelelemente gelten als gleich, wenn sie beide (ganze oder Gleitkomma-)Zahlen oder beide Strings sind und dieselbe Belegung aufweisen. Darüber hinaus müssen beide Eingabetupel über dieselbe Anzahl an Elementen verfügen, um als gleich zu gelten.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_equal, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

Equal := T1 == T2 oder Equal := T1 = T2

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 2.
- ▷ **Equal** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Ergebnis des Vergleichs der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_not_equal, tuple_less, tuple_greater, tuple_less_equal, tuple_greater_equal, tuple_equal_elem, tuple_not_equal_elem, tuple_less_elem, tuple_greater_elem, tuple_less_equal_elem, tuple_greater_equal_elem

Modul

Foundation

tuple_equal_elem (: : T1, T2 : Equal)

Test, ob zwei Tupel elementweise gleich sind.

tuple_equal_elem testet, ob die beiden Eingabetupel T1 und T2 elementweise gleich sind. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel miteinander verglichen. Ansonsten muss entweder T1 oder T2 die Länge 1 haben. In diesem Fall wird jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels verglichen. Zwei Tupelelemente gelten als gleich, falls sie beide (ganze oder Gleitkomma-)Zahlen oder beide Strings sind und dieselbe Belegung (Werte) aufweisen.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_equal_elem`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

`Equal := T1 [==] T2` oder `Equal := T1 [=] T2`

Parameter

- ▷ **`T1`** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 1.
- ▷ **`T2`** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 2.
- ▷ **`Equal`** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Ergebnis des Vergleichs der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_not_equal_elem`, `tuple_less_elem`, `tuple_greater_elem`, `tuple_less_equal_elem`, `tuple_greater_equal_elem`, `tuple_equal`, `tuple_not_equal`, `tuple_less`, `tuple_greater`, `tuple_less_equal`, `tuple_greater_equal`

Modul

Foundation

`tuple_greater ( : : T1, T2 : Greater )`

Testen, ob ein Tupel größer als ein zweites Tupel ist.

`tuple_greater` gibt an, ob das Eingabetupel `T1` größer als das Eingabetupel `T2` ist. Ein Tupel `T1` gilt als größer gegenüber einem Tupel `T2`, falls es sich entweder in einem elementweisen Vergleich als größer erweist oder falls `T1` - im Falle, dass die ersten $min(|T1|, |T2|)$ Elemente gleich sind - mehr Elemente als `T2` besitzt.

Beim elementweisen Vergleich werden die Elemente einzeln verglichen. Sind die beiden Elemente gleich, so wird das nächste Element geprüft. Ist das Element aus `T1` größer als das aus `T2`, so ist das Ergebnis 1 und der Suchlauf wird abgebrochen. Ist das Element aus `T1` kleiner als das aus `T2`, so ist das Ergebnis 0 und der Suchlauf wird abgebrochen. Sind alle Elemente durchlaufen und alle Elemente waren gleich so ist das Ergebnis 0.

Als Voraussetzung für den elementweisen Vergleich müssen die miteinander verglichenen Elemente der Eingabetupel entweder beide (ganze oder Gleitkomma-)Zahlen oder beide Strings sein. Falls dies nicht der Fall ist, bricht `tuple_greater` mit einer entsprechenden Fehlermeldung ab.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls eines der Eingabetupel leer ist und das andere nicht, wird das Tupel, das nicht leer ist, als größer als das leere Tupel interpretiert.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_greater`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

`Greater := T1 > T2`

Parameter

- ▷ **`T1`** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 1.
- ▷ **`T2`** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 2.

▷ **Greater** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Ergebnis des Vergleichs der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_greater_equal, tuple_less, tuple_less_equal, tuple_equal, tuple_not_equal, tuple_equal_elem, tuple_not_equal_elem, tuple_less_elem, tuple_greater_elem, tuple_less_equal_elem, tuple_greater_equal_elem

Modul

Foundation

tuple_greater_elem (: : T1, T2 : Greater)

Test, ob ein Tupel elementweise größer als ein zweites Tupel ist.

tuple_greater_elem testet elementweise, ob das Eingabetupel T1 größer als das Eingabetupel T2 ist. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel miteinander verglichen. Ansonsten muss entweder T1 oder T2 die Länge 1 haben. In diesem Fall wird jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels verglichen. Als Voraussetzung für den elementweisen Vergleich müssen die miteinander verglichenen Elemente der Eingabetupel entweder beide (ganze oder Gleitkomma-)Zahlen oder beide Strings sein. Falls dies nicht der Fall ist, bricht tuple_greater_elem mit einer entsprechenden Fehlermeldung ab.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_greater_elem, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Greater := T1 [>] T2
```

Parameter

▷ **T1** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
Eingabetupel 1.

▷ **T2** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
Eingabetupel 2.

▷ **Greater** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Ergebnis des Vergleichs der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_equal_elem, tuple_not_equal_elem, tuple_less_elem, tuple_less_equal_elem, tuple_greater_equal_elem, tuple_equal, tuple_not_equal, tuple_less, tuple_greater, tuple_less_equal, tuple_greater_equal

Modul

Foundation

tuple_greater_equal (: : T1, T2 : Greatereq)

Testen, ob ein Tupel größer oder gleich einem zweiten Tupel ist.

`tuple_greater_equal` gibt an, ob das Eingabetupel `T1` größer oder gleich dem Tupel `T2` ist. Ein Tupel `T1` gilt als größer oder gleich einem Tupel `T2`, falls es nicht kleiner als `T2` ist. Ein Tupel `T1` gilt als kleiner gegenüber einem Tupel `T2`, falls es sich entweder in einem elementweisen Vergleich als kleiner erweist oder falls `T1` - im Falle, dass die ersten $min(|T1|, |T2|)$ Elemente gleich sind - weniger Elemente als `T2` besitzt.

Beim elementweisen Vergleich werden die Elemente einzeln verglichen. Sind die beiden Elemente gleich, so wird das nächste Element geprüft. Ist das Element aus `T1` größer als das aus `T2`, so ist das Ergebnis 1 und der Suchlauf wird abgebrochen. Ist das Element aus `T1` kleiner als das aus `T2`, so ist das Ergebnis 0 und der Suchlauf wird abgebrochen. Sind alle Elemente durchlaufen und alle Elemente waren gleich so ist das Ergebnis 1.

Als Voraussetzung für den elementweisen Vergleich müssen die miteinander verglichenen Elemente der Eingabetupel entweder beide (ganze oder Gleitkomma-)Zahlen oder beide Strings sein. Falls dies nicht der Fall ist, bricht `tuple_greater_equal` mit einer entsprechenden Fehlermeldung ab.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls eines der Eingabetupel leer ist und das andere nicht, wird das Tupel, das nicht leer ist, als größer als das leere Tupel interpretiert.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_greater_equal`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Greatereq := T1 >= T2
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 2.
- ▷ **Greatereq** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Ergebnis des Vergleichs der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_greater`, `tuple_less`, `tuple_less_equal`, `tuple_equal`, `tuple_not_equal`, `tuple_equal_elem`, `tuple_not_equal_elem`, `tuple_less_elem`, `tuple_greater_elem`, `tuple_less_equal_elem`, `tuple_greater_equal_elem`

Modul

Foundation

tuple_greater_equal_elem (: : T1, T2 : Greatereq)

Test, ob ein Tupel elementweise größer oder gleich einem zweiten Tupel ist.

`tuple_greater_equal_elem` testet elementweise, ob das Eingabetupel `T1` größer oder gleich dem Eingabetupel `T2` ist. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel miteinander verglichen. Ansonsten muss entweder `T1` oder `T2` die Länge 1 haben. In diesem Fall wird jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels verglichen. Als Voraussetzung für den elementweisen Vergleich müssen die miteinander verglichenen Elemente der Eingabetupel entweder beide (ganze oder Gleitkomma-)Zahlen oder beide Strings sein. Falls dies nicht der Fall ist, bricht `tuple_greater_equal_elem` mit einer entsprechenden Fehlermeldung ab.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_greater_equal_elem`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Greatereq := T1 [>=] T2
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 2.
- ▷ **Greatereq** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Ergebnis des Vergleichs der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

`tuple_equal_elem`, `tuple_not_equal_elem`, `tuple_less_elem`, `tuple_greater_elem`, `tuple_less_equal_elem`, `tuple_equal`, `tuple_not_equal`, `tuple_less`, `tuple_greater`, `tuple_less_equal`, `tuple_greater_equal`

Modul

Foundation

tuple_less (: : T1, T2 : Less)

Testen, ob ein Tupel kleiner als ein zweites Tupel ist.

`tuple_less` gibt an, ob das Eingabetupel `T1` kleiner als das Eingabetupel `T2` ist. Ein Tupel `T1` gilt als kleiner gegenüber einem Tupel `T2`, falls es sich entweder in einem elementweisen Vergleich als kleiner erweist oder falls `T1` - im Falle, dass die ersten $min(|T1|, |T2|)$ Elemente gleich sind - weniger Elemente als `T2` besitzt.

Beim elementweisen Vergleich werden die Elemente einzeln verglichen. Sind die beiden Elemente gleich, so wird das nächste Element geprüft. Ist das Element aus `T1` kleiner als das aus `T2`, so ist das Ergebnis 1 und der Suchlauf wird abgebrochen. Ist das Element aus `T1` größer als das aus `T2`, so ist das Ergebnis 0 und der Suchlauf wird abgebrochen. Sind alle Elemente durchlaufen und alle Elemente waren gleich so ist das Ergebnis 0.

Als Voraussetzung für den elementweisen Vergleich müssen die miteinander verglichenen Elemente der Eingabetupel entweder beide (ganze oder Gleitkomma-)Zahlen oder beide Strings sein. Falls dies nicht der Fall ist, bricht `tuple_less` mit einer entsprechenden Fehlermeldung ab.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls eines der Eingabetupel leer ist und das andere nicht, wird das Tupel, das leer ist, als kleiner als das nicht-leere Tupel interpretiert.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für `tuple_less`, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Less := T1 < T2
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 2.
- ▷ **Less** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Ergebnis des Vergleichs der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_less_equal, tuple_greater, tuple_greater_equal, tuple_equal, tuple_not_equal, tuple_equal_elem, tuple_not_equal_elem, tuple_less_elem, tuple_greater_elem, tuple_less_equal_elem, tuple_greater_equal_elem

Modul

Foundation

tuple_less_elem (: : T1, T2 : Less)

Test, ob ein Tupel elementweise kleiner als ein zweites Tupel ist.

tuple_less_elem testet elementweise, ob das Eingabetupel T1 kleiner als das Eingabetupel T2 ist. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel miteinander verglichen. Ansonsten muss entweder T1 oder T2 die Länge 1 haben. In diesem Fall wird jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels verglichen. Als Voraussetzung für den elementweisen Vergleich müssen die miteinander verglichenen Elemente der Eingabetupel entweder beide (ganze oder Gleitkomma-)Zahlen oder beide Strings sein. Falls dies nicht der Fall ist, bricht tuple_less_elem mit einer entsprechenden Fehlermeldung ab.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_less_elem, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Less := T1 [<] T2
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 2.
- ▷ **Less** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
  Ergebnis des Vergleichs der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_equal_elem, tuple_not_equal_elem, tuple_greater_elem, tuple_less_equal_elem, tuple_greater_equal_elem, tuple_equal, tuple_not_equal, tuple_less, tuple_greater, tuple_less_equal, tuple_greater_equal

Modul

Foundation

tuple_less_equal (: : T1, T2 : Lesseq)

Testen, ob ein Tupel kleiner oder gleich einem zweiten Tupel ist.

tuple_less_equal gibt an, ob das Eingabetupel T1 kleiner oder gleich dem Tupel T2 ist. Ein Tupel T1 gilt als kleiner oder gleich einem Tupel T2, falls es nicht größer als T2 ist. Ein Tupel T1 gilt als größer gegenüber einem Tupel T2, falls es sich entweder in einem elementweisen Vergleich als größer erweist oder falls T1 - im Falle, dass die ersten $min(|T1|, |T2|)$ Elemente gleich sind - mehr Elemente als T2 besitzt.

Beim elementweisen Vergleich werden die Elemente einzeln verglichen. Sind die beiden Elemente gleich, so wird das nächste Element geprüft. Ist das Element aus T1 kleiner als das aus T2, so ist das Ergebnis 1 und der Suchlauf wird abgebrochen. Ist das Element aus T1 größer als das aus T2, so ist das Ergebnis 0 und der Suchlauf wird abgebrochen. Sind alle Elemente durchlaufen und alle Elemente waren gleich so ist das Ergebnis 1.

Als Voraussetzung für den elementweisen Vergleich müssen die miteinander verglichenen Elemente der Eingabetupel entweder beide (ganze oder Gleitkomma-)Zahlen oder beide Strings sein. Falls dies nicht der Fall ist, bricht tuple_less_equal mit einer entsprechenden Fehlermeldung ab.

Sonderfall: Leeres Eingabetupel

Falls eines der Eingabetupel leer ist und das andere nicht, wird das Tupel, das leer ist, als kleiner als das nicht-leere Tupel interpretiert.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_less_equal, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Lesseq := T1 <= T2
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 2.
- ▷ **Lesseq** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Ergebnis des Vergleichs der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_less, tuple_greater, tuple_greater_equal, tuple_equal, tuple_not_equal, tuple_equal_elem, tuple_not_equal_elem, tuple_less_elem, tuple_greater_elem, tuple_less_equal_elem, tuple_greater_equal_elem

Modul

Foundation

tuple_less_equal_elem (: : T1, T2 : Lesseq)

Test, ob ein Tupel elementweise kleiner oder gleich einem zweiten Tupel ist.

tuple_less_equal_elem testet elementweise, ob das Eingabetupel T1 kleiner oder gleich dem Eingabetupel T2 ist. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel miteinander verglichen. Ansonsten muss entweder T1 oder T2 die Länge 1 haben. In diesem Fall wird jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels verglichen. Als Voraussetzung für den elementweisen Vergleich müssen die miteinander verglichenen Elemente der Eingabetupel entweder beide (ganze oder Gleitkomma-)Zahlen oder beide Strings sein. Falls dies nicht der Fall ist, bricht tuple_less_equal_elem mit einer entsprechenden Fehlermeldung ab.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_less_equal_elem, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Lesseq := T1 [<=] T2
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 2.
- ▷ **Lesseq** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Ergebnis des Vergleichs der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_equal_elem, tuple_not_equal_elem, tuple_greater_elem, tuple_less_elem, tuple_greater_equal_elem, tuple_equal, tuple_not_equal, tuple_less, tuple_greater, tuple_less_equal, tuple_greater_equal

Modul

Foundation

tuple_not_equal (: : T1, T2 : Nequal)

Testen, ob sich zwei Tupel unterscheiden.

tuple_not_equal testet, ob die beiden Eingabetupel T1 und T2 verschieden sind. Zwei Tupel gelten als verschieden, sobald sie unterschiedlich viele Elemente beinhalten oder sich in mindestens einer Position beim elementweisen Vergleich unterscheiden. Zwei miteinander verglichene Tupelelemente gelten als verschieden, falls sie entweder aus nicht vergleichbaren Typen bestehen (zum Beispiel eine Gleitkommazahl und ein String), oder falls sie zwar vergleichbare Typen besitzen, jedoch eine unterschiedliche Belegung (Werte) aufweisen.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_not_equal, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

```
Nequal := T1 != T2
```
oder
```
Nequal := T1 # T2
```

Parameter

- ▷ **T1** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 1.
- ▷ **T2** (input_control) ..... tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
  Eingabetupel 2.

▷ **Nequal** (output_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Ergebnis des Vergleichs der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_equal, tuple_less, tuple_greater, tuple_less_equal, tuple_greater_equal, tuple_equal_elem, tuple_not_equal_elem, tuple_less_elem, tuple_greater_elem, tuple_less_equal_elem, tuple_greater_equal_elem

Modul

Foundation

tuple_not_equal_elem (: : T1, T2 : Nequal)

Test, ob sich zwei Tupel elementweise unterscheiden.

tuple_not_equal_elem testet, ob die beiden Eingabetupel T1 und T2 elementweise verschieden sind. Falls beide Tupel dieselbe Länge haben, werden die entsprechenden Elemente der beiden Tupel miteinander verglichen. Ansonsten muss entweder T1 oder T2 die Länge 1 haben. In diesem Fall wird jedes Element des längeren Tupels mit dem einzigen Element des anderen Tupels verglichen. Zwei Tupelelemente gelten als verschieden, falls sie entweder aus nicht vergleichbaren Typen bestehen (zum Beispiel eine Gleitkommazahl und ein String), oder falls sie zwar vergleichbare Typen besitzen, jedoch eine unterschiedliche Belegung (Werte) aufweisen.

Sonderfall: Leere Eingabetupel

Falls eines oder beide der Eingabetupel leer sind, gibt der Operator ein leeres Tupel zurück.

HDevelop Inline-Operation

HDevelop unterstützt eine Inline-Operation für tuple_not_equal_elem, die innerhalb eines Ausdrucks in der folgenden Syntax verwendet werden kann:

Nequal := T1 [!=] T2 oder Nequal := T1 [#] T2

Parameter

▷ **T1** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
Eingabetupel 1.

▷ **T2** (input_control) . . . . . tuple(-array) ⇝ *integer* / real / string
Eingabetupel 2.

▷ **Nequal** (output_control) . . . . . integer(-array) ⇝ *integer*
Ergebnis des Vergleichs der Eingabetupel.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: independent (läuft parallel auch zu exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Alternativen

tuple_equal_elem, tuple_less_elem, tuple_greater_elem, tuple_less_equal_elem, tuple_greater_equal_elem, tuple_equal, tuple_not_equal, tuple_less, tuple_greater, tuple_less_equal, tuple_greater_equal

Modul

Foundation

Kapitel 30

XLD

30.1 Generierung

gen_circle_contour_xld (: ContCircle : Row, Column, Radius, StartPhi, EndPhi, PointOrder, Resolution :)

Erzeugen von XLD-Konturen in Form von Kreisen oder Kreisbögen.

gen_circle_contour_xld erzeugt einen oder mehrere Kreisbögen oder geschlossene Kreise. Kreise werden durch ihren Mittelpunkt (Row, Column) und ihren Radius beschrieben. Kreisbögen werden zusätzlich durch den Anfangs- und Endwinkel StartPhi und EndPhi des Start- bzw. Endpunktes, sowie den zugehörigen Umlaufsinn PointOrder charakterisiert. Die Auflösung der resultierenden XLD Konturen ContCircle wird über den Parameter Resolution festgelegt: Er bestimmt den euklidischen Abstand in Pixeln zwischen benachbarten Konturpunkten. Der Abstand zwischen dem vorletzten und dem letzten Konturpunkt ist im Allgemeinen kleiner als Resolution.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Elemente erzeugt und zurückgegeben werden.

Parameter

- ▷ **ContCircle** (output_object) . . . . . xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Ausgabe-Konturen.
- ▷ **Row** (input_control) . . . . . circle.center.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinaten der Mittelpunkte der Kreise oder Kreisbögen.
  Default: 200.0
- ▷ **Column** (input_control) . . . . . circle.center.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinaten der Mittelpunkte der Kreise oder Kreisbögen.
  Default: 200.0
- ▷ **Radius** (input_control) . . . . . circle.radius(-array) ⇝ *real*
  Radien der Kreise oder Kreisbögen.
  Default: 100.0
  Restriktion: Radius > 0
- ▷ **StartPhi** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Winkel der Startpunkte der Kreise oder Kreisbögen [rad].
  Default: 0.0
- ▷ **EndPhi** (input_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Winkel der Endpunkte der Kreise oder Kreisbögen [rad].
  Default: 6.28318
- ▷ **PointOrder** (input_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Mathematischer Umlaufsinn der Kreise oder Kreisbögen.
  Default: 'positive'
  Werteliste: PointOrder ∈ {'positive', 'negative'}

▷ **Resolution** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Abstand zwischen benachbarten Konturpunkten.
Default: 1.0
Restriktion: Resolution >= 0.00001

Beispiel

```
draw_circle (WindowHandle, Row, Column, Radius)
gen_circle_contour_xld (ContCircle, Row, Column, Radius, 0, \
                        rad(360) , 'positive', 1.0)
gen_region_contour_xld (ContCircle, Region, 'filled')
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_circle_contour_xld` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`draw_circle`

Nachfolger

`disp_xld`

Alternativen

`gen_ellipse_contour_xld`

Modul

Foundation

gen_contour_nurbs_xld (: Contour : Rows, Cols, Knots, Weights, Degree, MaxError, MaxDistance :)

Erzeugen einer XLD Kontur anhand einer NURBS Kurve.

Der Operator `gen_contour_nurbs_xld` erzeugt eine XLD Kontur `Contour`, die eine NURBS-Kurve (nicht uniformer, rationaler B-Spline) approximiert. Eine NURBS-Kurve wird spezifiziert durch ihren Grad `Degree`, ihr Kontrollpolygon (`Rows`,`Cols`), ihren Gewichtsvektor `Weights` und ihren Knotenvektor `Knots`.

Der Grad `Degree` der Kurve bestimmt den Grad ihrer Differenzierbarkeit. Die Kurve liegt innerhalb der konvexen Hülle ihres Kontrollpolygons (`Rows`,`Cols`). Die Gewichte in `Weights` beschreiben, wie stark die Kurve von den jeweiligen Kontrollpunkten angezogen wird. Wird *'auto'* als Gewichtsvektor `Weights` ausgewählt, erhalten alle Kontrollpunkte das gleiche Gewicht. Der Knotenvektor `Knots` beschreibt den Träger der Kurve und kann im Normalfall auf *'auto'* gesetzt werden.

Die Genauigkeit der approximierenden Kontur `Contour` wird durch die Parameter `MaxDistance` und `MaxError` bestimmt. Ersterer ist die maximale Distanz von zwei aufeinanderfolgenden Punkten in der approximierenden Kontur `Contour`. Der zweite Parameter entspricht dem maximalen Abstand der Approximation `Contour` von der eigentlichen Kurve. Normalerweise muss die Approximation beide Bedingungen erfüllen, es ist aber möglich, durch Setzen des Wertes auf *'omit'* eine der beiden Bedingungen wegzulassen. Je niedriger diese beiden Parameter gewählt werden, desto besser ist die Approximation der Kurve. Unabhängig von der Wahl der Parameter liegen alle Punkte der Kontur `Contour` genau auf der Kurve (bis auf numerische Ungenauigkeiten).

Definition

Eine NURBS Kurve C von Grad p is definiert durch

$$C(u) = \frac{\sum_{i=0}^{n} N_{i,p}(u) w_i P_i}{\sum_{i=0}^{n} N_{i,p}(u) w_i}, u \in [u_p, u_n].$$

Die Basis Funktionen $N_{i,p}$ sind gegeben durch

$$N_{i,0}(u) = \begin{cases} 1 & \text{if } u_i \leq u < u_{i+1} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

$$N_{i,p}(u) = \frac{u - u_i}{u_{i+p} - u_i} N_{i,p-1}(u) + \frac{u_{i+p+1} - u}{u_{i+p+1} - u_{i+1}} N_{i+1,p-1}(u)$$

Eine NURBS-Kurve ist also definiert durch ihren Grad p (`Degree`), ihr Kontrollpolygon $P_0, ..., P_{n-1}$ (`Rows` und `Cols`), ihren Gewichtsvektor $w = (w_0, ..., w_{n-1})$ (`Weights`) und ihren Knotenvektor $u = (u_0, ..., u_{n+p})$ (`Knots`).

Der Grad der Differenzierbarkeit der Kurve wird bestimmt durch p. Mindestens $p + 1$ Kontrollpunkte P_i werden benötigt, um eine gültige Kurve zu definieren. Der Knotenvektor u beschreibt den Träger der Kurve. Die Länge dieses Vektors muss genau $n + p + 1$ betragen und die Einträge müssen monoton steigend sein. Jeder Eintrag u_i entspricht dem Knoten zwischen den beiden Kurvensegmenten $[u_{i-1}, u_i)$ und $[u_i, u_{i+1})$. Jedes Kurvensegment $[u_i, u_{i+1})$ liegt innerhalb der konvexen Hülle der Kontrollpunkte $P_{i-p}, .., P_i$. Für jedes Intervall, dessen Länge null ist, sinkt der Grad der Differenzierbarkeit des Knotens k. Die Anzahl der Vorkommen eines Knotens im Knotenvektor wird als Multiplizität bezeichnet. Die maximale Multiplizität eines Knotens ist p. Ausnahme sind Start- und Endpunkt, deren Multiplizität $p + 1$ betragen kann. Das ist auch die Regel, da in diesem Fall Start- und Endpunkt der Kurve im ersten bzw. letzten Punkt des Kontrollpolygons liegen. Falls Start- oder Endpunkt nicht volle Multiplizität besitzen, ist der Träger der Kurve auf das Intervall $[u_p, u_n]$ beschränkt. Die Gewichte w_i bestimmen den Einfluss der jeweiligen Kontrollpunkte P_i auf die Kurve.

Geschlossene Kurven. Sind Start- und Endpunkt gleich ($P_0 = P_{n-1}$) und der Knotenvektor `Knots` auf *'auto'* gesetzt, wird die Kurve automatisch geschlossen, so dass die Multiplizität aller Knoten eins ist. Falls ein Gewichtsvektor `Weights` angegeben wird, muss dessen Länge in diesem Fall $n - 1$ betragen.

Parameter

- ▷ **`Contour`** (output_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
  Die Kontur, die die Kurve approximiert.
- ▷ **`Rows`** (input_control) ..... coordinates.y-array ⇝ *real*
  Zeilenkoordinaten des Kontrollpolygons.
  Parameteranzahl: Rows == Cols && Rows >= Degree + 1
- ▷ **`Cols`** (input_control) ..... coordinates.x-array ⇝ *real*
  Spaltenkoordinaten des Kontrollpolygons.
  Parameteranzahl: Cols == Rows && Cols >= Degree + 1
- ▷ **`Knots`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / real
  Der Knotenvektor u.
  Default: 'auto'
  Wertevorschläge: `Knots` ∈ {'auto'}
- ▷ **`Weights`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string* / real
  Der Gewichtsvektor w.
  Parameteranzahl: Weights == Rows
  Default: 'auto'
  Wertevorschläge: `Weights` ∈ {'auto'}
  Restriktion: Weights > 0.0
- ▷ **`Degree`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Grad p der Kurve.
  Default: 3
  Wertevorschläge: `Degree` ∈ {2, 3, 4, 5}
  Restriktion: Degree >= 2
- ▷ **`MaxError`** (input_control) ..... real ⇝ *real* / string
  Maximale Distanz zwischen Approximation und Kurve.
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: `MaxError` ∈ {'omit', 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0}
  Restriktion: MaxError > 0.0
- ▷ **`MaxDistance`** (input_control) ..... real ⇝ *real* / string
  Maximaler Abstand zweier aufeinander folgender Punkte in der approximierten Kontur `Contour`.
  Default: 5.0
  Wertevorschläge: `MaxDistance` ∈ {'omit', 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0}
  Restriktion: MaxDistance > 0.0

Beispiel

```
* use a polygon XLD contour as control polygon and approximate
* the NURBS curve as contour

get_contour_xld(Polygon, Row, Col)
gen_contour_nurbs_xld(NURBSContour, Row, Col, 'auto', 'auto', 3, 1.0, 10.0)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_nurbs_interp

Nachfolger

gen_polygons_xld

Literatur

L. Piegl, W. Tiller: “The NURBS Book“, 2nd Edition, Springer, 1997.

Modul

Foundation

gen_contour_polygon_rounded_xld (: Contour : Row, Col, Radius, SamplingInterval :)

Erzeugen einer XLD-Kontur mit gerundeten Ecken aus einem Polygon (als Tupel).

gen_contour_polygon_rounded_xld erzeugt aus einem Polygon, das in den Tupeln Row und Col übergeben wird, eine XLD-Kontur Contour mit abgerundeten Ecken. Die Rundungen werden durch Kreisbögen beschrieben, die durch den Parameter Radius definiert sind. Für jeden mittels Row und Col festgelegten Polygonpunkt muss ein korrespondierender Radius spezifiziert werden. Im Falle eines geschlossenen Polygons wird der Anfangspunkt des Polygons gleich dem Endpunkt definiert wobei die korrespondierenden Radien dieser Punkte gleich sein müssen. Bei offenen Polygonen hingegen werden die Radien für den Anfangs- und Endpunkt ignoriert. Der Parameter SamplingInterval schließlich bezeichnet den Abstand der Stützpunkte der entstehenden Kontur Contour.

Parameter

▷ **Contour** (output_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
Ausgabe-Kontur.

▷ **Row** (input_control) ..... coordinates.y-array ⇝ *real* / integer
Zeilen-Koordinaten des Polygons.
Default: [20,80,80,20,20]
Wertevorschläge: Row ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500}

▷ **Col** (input_control) ..... coordinates.x-array ⇝ *real* / integer
Spalten-Koordinaten des Polygons.
Default: [20,20,80,80,20]
Wertevorschläge: Col ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500}

▷ **Radius** (input_control) ..... number-array ⇝ *real* / integer
Radien der abgerundeten Ecken.
Default: [20,20,20,20,20]
Wertevorschläge: Radius ∈ {0, 1, 2, 5, 10, 20, 50}

▷ **SamplingInterval** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Abstand der Abtastpunkte.
Default: 1.0
Wertevorschläge: SamplingInterval ∈ {0.5, 1.0, 2.0, 5.0}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`get_region_contour`

Nachfolger

`smooth_contours_xld`, `gen_polygons_xld`

Siehe auch

`gen_contour_polygon_xld`, `gen_contours_skeleton_xld`

Modul

Foundation

gen_contour_polygon_xld (: Contour : Row, Col :)

Erzeugen einer XLD-Kontur aus einem Polygon (als Tupel).

`gen_contour_polygon_xld` erzeugt aus einem Polygon, das in den Tupeln `Row` und `Col` übergeben wird, eine XLD-Kontur `Contour`. Dieser Operator ist dazu gedacht, Segmentierungsergebnisse, die nicht in der Kern-Bibliothek erzeugt worden sind, einzuspeichern, um auf ihnen Funktionen wie Polygonapproximation oder Erkennung von Parallelen auszuführen.

Parameter

▷ **Contour** (output_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
Ausgabe-Kontur.

▷ **Row** (input_control) ..... coordinates.y-array ⇝ *real* / integer
Zeilen-Koordinaten des Polygons.
Default: [0,1,2,2,2]
Wertevorschläge: `Row` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500}

▷ **Col** (input_control) ..... coordinates.x-array ⇝ *real* / integer
Spalten-Koordinaten des Polygons.
Default: [0,0,0,1,2]
Wertevorschläge: `Col` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`get_region_contour`

Nachfolger

`smooth_contours_xld`, `gen_polygons_xld`

Siehe auch

`gen_contours_skeleton_xld`, `get_contour_xld`

Modul

Foundation

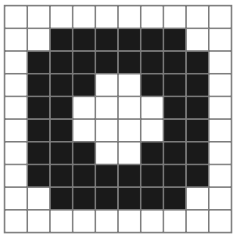
gen_contour_region_xld (Regions : Contours : Mode :)

Erzeugen von XLD-Konturen aus Regionen.

gen_contour_region_xld erzeugt aus einer oder mehreren Regionen die XLD-Konturen Contours. Dieser Operator ist dazu gedacht, Segmentierungsergebnisse, die als Regionen erzeugt worden sind, umzuwandeln, um auf ihnen Funktionen wie Polygonapproximation oder Erkennung von Parallelen auszuführen. Für jede Zusammenhangskomponente der Eingaberegionen wird eine geschlossene Kontur des Randes erzeugt. Der Parameter Mode kann folgende Werte annehmen:

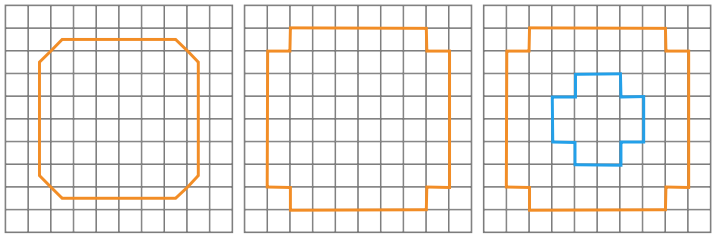
- *'center'*: Die Mittelpunkte der Randpixel werden als Konturpunkte verwendet.
- *'border'*: Der äußere Rand der Randpixel wird als Konturpunkte verwendet.
- *'border_holes'*: Zusätzlich werden noch die Konturen aller Löcher der Regionen erzeugt, wobei der äußere Rand der Randpixel als Konturpunkt verwendet wird .

Der Unterschied zwischen den Modi wird am Beispiel der folgenden Region veranschaulicht:



Beispielregion.

Die Berechnung der Konturen ergibt für die unterschiedlichen für Mode setzbaren Modi folgendes:



(1) (2) (3)

Ergebnis für die Modi *'center'* (1), *'border'* (2) und *'border_holes'* (3).

Das bedeutet zum Beispiel, dass Konturen, die mit *'border'* erzeugt werden, im Allgemeinen eine viel größere euklidische Länge (siehe length_xld) haben als Konturen, die mit *'center'* erzeugt werden. Dies liegt daran, dass für diagonale Randelemente bei *'border'* zwei Kontursegmente der Länge 1 erzeugt werden, während bei *'center'* ein einzelnes Element der Länge $\sqrt{2}$ verwendet wird. Offensichtlich haben auch andere Merkmale, z.B. die Fläche (siehe area_center_xld), verschiedene Werte.

Parameter

▷ **Regions** (input_object) . . . . . region(-array) ⇝ *object*
Eingaberegionen.

▷ **Contours** (output_object) . . . . . xld_cont(-array) ⇝ *object*
Ausgabekonturen.

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Art der Konturerzeugung.
Default: 'border'
Werteliste: Mode ∈ {'border', 'border_holes', 'center'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

smooth_contours_xld, gen_polygons_xld

Alternativen

gen_contour_polygon_xld, get_region_contour

Siehe auch

gen_contours_skeleton_xld

Modul

Foundation

gen_contours_skeleton_xld (Skeleton : Contours : Length, Mode :)

Umwandeln eines Skeletts in XLD-Konturen.

Mit gen_contours_skeleton_xld wird das in Skeleton als Region übergebene Skelett (z.B. Bildkanten) in die Konturdarstellung umgerechnet. Es wird angenommen, dass der Großteil der Region nur ein Pixel breit ist (siehe skeleton).

Der Algorithmus versucht zunächst, die Region so zu transformieren, dass sie in 8-Nachbarschaft nur noch Linienzüge enthält. In einem zweiten Schritt werden die Kreuzungspunkte markiert. Anschließend versucht gen_contours_skeleton_xld Konturen zu erzeugen, die in End- und Kreuzungspunkten enden, insbesondere für Kreuzungspunkte in den folgenden Konfigurationen (in allen vier Rotationen):

$$\begin{matrix}1&0&1\\0&2&0\\0&0&1\end{matrix}\quad\begin{matrix}1&0&1\\0&2&0\\1&0&1\end{matrix}\quad\begin{matrix}1&0&0\\0&2&1\\0&1&0\end{matrix}\quad\begin{matrix}1&0&0\\0&2&1\\1&0&0\end{matrix}\quad\begin{matrix}0&1&0\\0&2&1\\0&1&0\end{matrix}\quad\begin{matrix}0&1&0\\1&2&1\\0&1&0\end{matrix}$$

wobei 0 = Hintergrund, 1 = Vordergrund und 2 = Kreuzungspunkt.

Anschließend werden die Konturen zurückgegeben, die einschließlich End- und Kreuzungspunkten mindestens Length Punkte lang sind. Die Unterbrechung der Konturen an Kreuzungspunkten hat zur Folge, dass auch längere Linienzüge durch Kreuzen von kurzen Linien (auch wenn diese weniger als Length Punkte lang sind) in mehrere Konturen zerfallen (Mode *'filter'*). Dies wird mit dem Filtermodus (Mode) *'generalize1'* vermieden. In diesem Fall werden die Konturen so erzeugt, wie wenn die Konturen kürzer als Length Punkte nicht vorhanden wären. Damit auch Linienzüge, die durch Kreuzen von kurzen Linien in sehr kurze Konturen zerfallen, erhalten bleiben, kann der Filtermodus (Mode) *'generalize2'* eingestellt werden. In diesem Fall bleiben Linienstücke erhalten, deren beide Endpunkte Kreuzungspunkte mit anderen Linien sind, auch wenn sie kürzer als Length Punkte sind.

Parameter

- ▷ **Skeleton** (input_object) ..... region ⇝ *object*
  Skelett für die Konturberechnung.
- ▷ **Contours** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Ausgabe-Konturen.
- ▷ **Length** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Mindestlänge zu erfassender Konturen.
  Default: 1
  Wertevorschläge: Length ∈ {1, 2, 3, 5, 10, 20}
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Kontur-Filtermodus.
  Default: 'filter'
  Werteliste: Mode ∈ {'filter', 'generalize1', 'generalize2'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

skeleton

Nachfolger

smooth_contours_xld, get_contour_xld, gen_polygons_xld

Siehe auch

edges_image, threshold, get_region_contour

Modul

Foundation

gen_cross_contour_xld (: Cross : Row, Col, Size, Angle :)

Erzeugen einer XLD-Kontur in Form eines Kreuzes zu jedem Eingabepunkt.

gen_cross_contour_xld erzeugt zu jedem Eingabepunkt (Row,Col) eine kreuzförmige-XLD Kontur. Konzeptionell besteht diese XLD-Kontur aus zwei Linien der Länge Size, die sich genau im Eingabepunkt schneiden, und deren Orientierung von Angle vorgegeben wird. Das Kreuz wird in Cross zurückgegeben.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Elemente erzeugt und zurückgegeben werden.

Parameter

- ▷ **Cross** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Erzeugte XLD-Konturen.
- ▷ **Row** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinaten der Eingabepunkte.
- ▷ **Col** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinaten der Eingabepunkte.
  Restriktion: number(Col) == number(Row)
- ▷ **Size** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Länge der Schenkel des Kreuzes.
  Default: 6.0
  Wertevorschläge: Size ∈ {4.0, 6.0, 8.0, 10.0}
  Restriktion: 0.0 <= Size
- ▷ **Angle** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Orientierung der Kreuze.
  Default: 0.785398
  Wertevorschläge: Angle ∈ {0.0, 0.785398}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und tritt kein Fehler während der Berechnung auf, liefert gen_cross_contour_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE). durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

points_foerstner, points_harris, critical_points_sub_pix, local_max_sub_pix, local_min_sub_pix, saddle_points_sub_pix

Alternativen

disp_cross

Modul

Foundation

gen_ellipse_contour_xld (: ContEllipse : Row, Column, Phi, Radius1, Radius2, StartPhi, EndPhi, PointOrder, Resolution :)

Erzeugen einer XLD-Kontur aus einem Ellipsenbogen.

gen_ellipse_contour_xld generiert einen oder mehrere Ellipsenbögen bzw. geschlossene Ellipsen. Die Ellipsen werden dabei durch ihren Mittelpunkt (Row, Column), die Orientierung der Hauptachse Phi und die Länge der großen Radius1 bzw. kleinen Halbachse Radius2 beschrieben. Ellipsenbögen werden zusätzlich durch den Anfangs- und Endwinkel StartPhi und EndPhi des Start- bzw. Endpunktes, sowie den zugehörigen Umlaufsinn PointOrder charakterisiert. Die Anfangs- und Endwinkel werden von der positiven großen Halbachse aus gemessen, deren Orientierung durch Phi gegeben ist. Sie beziehen sich auf den kleinsten die Ellipse umgebenden Kreis. Der tatsächliche Anfangs- und Endpunkt der Ellipse ergibt sich aus dem Schnittpunkt der Ellipse mit der Orthogonalprojektion des entsprechenden Kreispunktes auf die große Halbachse. Beide Winkel werden dabei im Ellipsenkoordinatensystem bezogen auf die Hauptachse der Ellipse mathematisch positiv angegeben. Die beiden Hauptpole der Ellipse haben demnach die Winkel 0 bzw. π, die Nebenpole die Winkel $\pi/2$ bzw. $3\pi/2$. Um eine geschlossene Ellipse zu erhalten, müssen die Werte 0 und 2π (bei positivem Umlaufsinn) übergeben werden. Für alle Winkel sind beliebige Werte zugelassen, da diese intern auf das Intervall $[0, 2\pi]$ abgebildet werden. Die Auflösung der resultierenden XLD Konturen ContEllipse wird über den Parameter Resolution festgelegt: Er bestimmt den maximalen euklidischen Abstand zwischen benachbarten Konturpunkten. Die Auflösung wird auf den kleinsten zulässigen Wert gesetzt, wenn der Eingabewert diesen Wert unterschreitet.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Elemente erzeugt und zurückgegeben werden.

Parameter

- ▷ **ContEllipse** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Ausgabe-Kontur.
- ▷ **Row** (input_control) ..... ellipse.center.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Mittelpunktes der Ellipse.
  Default: 200.0
- ▷ **Column** (input_control) ..... ellipse.center.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Mittelpunktes der Ellipse.
  Default: 200.0
- ▷ **Phi** (input_control) ..... ellipse.angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Orientierung der Hauptachse [rad].
  Default: 0.0
- ▷ **Radius1** (input_control) ..... ellipse.radius1(-array) ⇝ *real*
  Länge der großen Halbachse.
  Default: 100.0
  Restriktion: Radius1 > 0
- ▷ **Radius2** (input_control) ..... ellipse.radius2(-array) ⇝ *real*
  Länge der kleinen Halbachse.
  Default: 50.0
  Restriktion: Radius2 >= 0 && Radius2 <= Radius1
- ▷ **StartPhi** (input_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Winkel des Startpunktes auf dem kleinsten umgebenden Kreis [rad].
  Default: 0.0
- ▷ **EndPhi** (input_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Winkel des Endpunktes auf dem kleinsten umgebenden Kreis [rad].
  Default: 6.28318
- ▷ **PointOrder** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  mathematischer Umlaufsinn.
  Default: 'positive'
  Werteliste: PointOrder ∈ {'positive', 'negative'}
- ▷ **Resolution** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Auflösung: Maximaler Abstand zwischen benachbarten Konturpunkten.
  Default: 1.5
  Restriktion: Resolution >= 1.192e-7

Beispiel

```
draw_ellipse(WindowHandle,Row,Column,Phi,Radius1,Radius2)
gen_ellipse_contour_xld(Ellipse,Row,Column,Phi,Radius1,Radius2,0,6.28319, \
                        'positive',1.5)
length_xld(Ellipse,Length)
* Transform StartPhi so that the start point of the ellipse actually
* intersects the line through origin at the angle StartPhi measured from
* the positive main axis
affine_trans_point_2d ([1.0,0.0,0.0,0.0,1.0*Radius2/Radius1,0.0], \
                       sin(StartPhi), cos(StartPhi), Qx, Qy)
StartPhiEllipse := atan2(Qx,Qy)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_ellipse_contour_xld` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`draw_ellipse`

Nachfolger

`disp_xld`, `get_points_ellipse`

Alternativen

`gen_circle_contour_xld`

Modul

Foundation

gen_nurbs_interp (: : Rows, Cols, Tangents, Degree : CtrlRows, CtrlCols, Knots)

Erzeugen von Kontrolldaten einer NURBS Kurve, die gegebene Punkte interpoliert.

`gen_nurbs_interp` erzeugt die Kontrolldaten `CtrlRows`, `CtrlCols` und `Knots` einer NURBS Kurve, die die Eingabepunkte (`Rows`, `Cols`) interpoliert. Falls die Eingabepunktliste nicht geschlossen ist (das heißt, der erste und der letzte Punkt sind identisch), müssen zusätzlich die Tangenten im ersten und im letzten Punkt in der Reihenfolge $[drow_0, dcol_0, drow_n - 1, dcol_n - 1]$ in `Tangents` übergeben werden (für geschlossene Punktlisten muss `Tangents` ein leeres Tupel sein). Darüber hinaus muss der gewünschte Grad für die NURBS Kurve in `Degree` angegeben werden.

Die Ausgabe von `gen_nurbs_interp` kann direkt in `gen_contour_nurbs_xld` verwendet werden, wenn der Gewichtsvektor auf *'auto'* gesetzt wird.

Ausführliche Informationen über NURBS Kurven befinden sich in der Dokumentation von `gen_contour_nurbs_xld`.

Parameter

▷ **Rows** (input_control) . . . . . coordinates.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten der Eingabepunkte.
Parameteranzahl: Rows == Cols

▷ **Cols** (input_control) . . . . . coordinates.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten der Eingabepunkte.
Parameteranzahl: Cols == Rows

▷ **Tangents** (input_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Tangenten des ersten und letzten Punktes.
Default: []

▷ **Degree** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Grad der Ausgabekurve.
Default: 3
Wertevorschläge: Degree ∈ {2, 3, 4, 5}
Restriktion: Degree >= 2

▷ **CtrlRows** (output_control) . . . . . coordinates.y-array ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten des Kontrollpolygons.

▷ **CtrlCols** (output_control) . . . . . coordinates.x-array ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten des Kontrollpolygons.
Parameteranzahl: Cols == Rows

▷ **Knots** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Knotenvektor der Ausgabekurve.

Ergebnis

Sind alle Eingabeparameter korrekt, gibt gen_nurbs_interp den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Nachfolger

gen_contour_nurbs_xld

Siehe auch

draw_nurbs_interp, draw_nurbs_interp_mod

Literatur

L. Piegl, W. Tiller: “The NURBS Book“, 2nd Edition, Springer, 1997.

Modul

Foundation

gen_parallels_xld (Polygons : Parallels : Len, Dist, Alpha, Merge :)

Suchen nach parallelen XLD-Polygonen.

Mit gen_parallels_xld werden die in Polygons übergebenen Polygone auf Parallelität hin untersucht. Die resultierenden parallelen Teilstücke der Polygone werden unter Parallels ausgegeben. Falls der Parameter Merge auf *'true'* gesetzt wird, werden nebeneinanderliegende parallele Teilstücke in einer einzigen Relation gespeichert. Ansonsten wird für jedes Paar von parallelen Liniensegmenten eine separate Parallelenrelation ausgegeben.

Es werden nur Polygonsegmente mit einer Länge von mindestens Len berücksichtigt. Ob zwei Polygonsegmente als parallel angesehen werden, hängt vor allem von der maximalen Winkeltoleranz Alpha (Bogenmaß) ab. Ferner müssen sich die Projektionen der beiden Segmente auf ihre Winkelhalbierende überlappen. Der Überlappungsbereich auf der Winkelhalbierenden wird zurück auf die Segmente projiziert. Ist der maximale Abstand der Rückprojektionen kleiner als Dist, werden die Segmente in Parallels gespeichert.

Als Nebeneffekt wird zu jedem parallelen Linienpaar ein sog. Qualitätsfaktor berechnet, siehe mod_parallels_xld. Dieser ergibt sich aus der normierten Winkeldifferenz und der normierten Länger der Überlappung:

$$q = \frac{\pi/2 - \delta\alpha}{\pi/2} \frac{2overlap}{len_1 + len_2} \qquad \text{mit} \quad 0 \leq q \leq 1$$

Dabei ist $\delta\alpha$ die Winkeldifferenz der Polygonsegmente, $overlap$ der Überlappungsbereich, len_1 und len_2 die Länge der Polygonsegmente und q der errechnete Qualitätsfaktor. Dieser Wert stellt ein Maß für die Parallelität dar (je größer dieser Wert, desto „paralleler“ die Linien). Anschließend werden die Qualitäts-Faktoren aller parallelen Linien in gemeinsamen Polygonen, gewichtet nach ihrem Anteil an der gemeinsamen Überlappung, aufsummiert. Die Spanne für den errechneten Qualitätsfaktor kann mit `info_parallels_xld` abgerufen werden.

Parameter

- ▷ **`Polygons`** (input_object) ..... xld_poly-array ⇝ *object*
  Eingabepolygone.
- ▷ **`Parallels`** (output_object) ..... xld_para-array ⇝ *object*
  Parallelenrelationen.
- ▷ **`Len`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Mindestlänge der einzelnen Polygonlinien.
  Default: 10.0
  Wertevorschläge: `Len` ∈ {5.0, 10.0, 15.0, 20.0}
  Restriktion: Len > 0.0
- ▷ **`Dist`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Maximalabstand der einzelnen Polygonlinien.
  Default: 30.0
  Wertevorschläge: `Dist` ∈ {20.0, 25.0, 30.0, 40.0, 50.0, 75.0}
  Restriktion: Dist > 0.0
- ▷ **`Alpha`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Maximale Winkeltoleranz der einzelnen Polygonlinien.
  Default: 0.15
  Wertevorschläge: `Alpha` ∈ {0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.30}
  Restriktion: 0 <= Alpha && Alpha <= pi / 2
- ▷ **`Merge`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Sollen nebeneinanderliegende Parallelenrelationen zusammengefügt werden?
  Default: 'true'
  Werteliste: `Merge` ∈ {'true', 'false'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_polygons_xld`

Nachfolger

`mod_parallels_xld`, `get_parallels_xld`, `info_parallels_xld`

Modul

Foundation

`gen_polygons_xld` (Contours : Polygons : Type, Alpha :)

Approximieren von Polygonen an XLD-Konturen.

Mit `gen_polygons_xld` werden, unter Angabe eines Approximationsverfahrens `Type` und eines Schwellenwertes `Alpha`, XLD-Konturen, die in `Contours` abgespeichert sind, approximiert. Es werden Polygone berechnet, mit deren Stützpunkten die Konturen angenähert werden können. Es können dabei sowohl offene als auch geschlossene Konturen approximiert werden. Die gewonnenen Stützpunkte werden in dem Parameter `Polygons` zurückgegeben.

Es steht das Verfahren von Ramer, in welchem die Konturen so approximiert werden, dass der euklidische Abstand eines jeden Konturpunktes von der Polygonlinie höchstens `Alpha` Pixeleinheiten beträgt.

Parameter

▷ **Contours** (input_object) . . . . . xld_cont-array ⇝ *object*
Konturen, die approximiert werden sollen.

▷ **Polygons** (output_object) . . . . . xld_poly-array ⇝ *object*
Approximierende Polygone.

▷ **Type** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Name des Polygonverfahrens.
Default: 'ramer'
Werteliste: `Type` ∈ {'ramer'}

▷ **Alpha** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Schwellenwert der Polygonapproximation.
Default: 2.0
Wertevorschläge: `Alpha` ∈ {1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0}
Restriktion: Alpha > 0.0

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_contours_skeleton_xld`, `lines_gauss`, `lines_facet`, `edges_sub_pix`

Nachfolger

`gen_parallels_xld`, `split_contours_xld`

Siehe auch

`get_region_polygon`

Modul

Foundation

gen_rectangle2_contour_xld (: Rectangle : Row, Column, Phi, Length1, Length2 :)

Erzeugen einer XLD-Kontur in Form eines Rechtecks.

`gen_rectangle2_contour_xld` erzeugt eine oder mehrere XLD-Konturen in Form eines beliebig orientierten Rechtecks. Das Rechteck hat den Mittelpunkt (`Row`, `Column`), die Orientierung `Phi` und die halben Kantenlängen `Length1` und `Length2`. Der Winkel `Phi` wird im Bogenmaß spezifiziert und gibt den Winkel der horizontalen Achse und der Kante mit der halben Länge `Length1` im mathematisch positiven Sinn (gegen den Uhrzeigersinn) an. Es kann mehr als eine XLD-Kontur erzeugt werden, indem ein Tupel von Rechteckparametern übergeben wird.

Parameter-Broadcasting

Dieser Operator unterstützt Parameter-Broadcasting. Das bedeutet, dass für jeden Parameter ein Tupel der Länge *1* oder *N* übergeben werden kann. Tupel der Länge *1* werden wiederholt verwendet, so dass immer *N* Elemente erzeugt und zurückgegeben werden.

Parameter

▷ **Rectangle** (output_object) . . . . . xld_cont(-array) ⇝ *object*
Rechteckskontur.

▷ **Row** (input_control) . . . . . rectangle2.center.y(-array) ⇝ *real*
Zeilenkoordinate des Mittelpunktes des Rechtecks.
Default: 300.0

▷ **Column** (input_control) . . . . . rectangle2.center.x(-array) ⇝ *real*
Spaltenkoordinate des Mittelpunktes des Rechtecks.
Default: 200.0

▷ **Phi** (input_control) . . . . . rectangle2.angle.rad(-array) ⇝ *real*
Orientierung der Hauptachse des Rechtecks in Bogenmaß.
Default: 0.0
Restriktion: - pi / 2 < Phi && Phi <= pi / 2

▷ **Length1** (input_control) . . . . . rectangle2.hwidth(-array) ⇝ *real*
Erster Halbmesser (halbe Länge) des Rechtecks.
Default: 100.5

▷ **Length2** (input_control) . . . . . rectangle2.hheight(-array) ⇝ *real*
Zweiter Halbmesser (halbe Breite) des Rechtecks.
Default: 20.5

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `gen_rectangle2_contour_xld` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fit_rectangle2_contour_xld`

Alternativen

`gen_rectangle2`

Siehe auch

`gen_contour_polygon_xld`

Modul

Foundation

mod_parallels_xld (Parallels, Image : ModParallels,
ExtParallels : Quality, MinGray, MaxGray, MaxStandard :)

Suchen nach parallelen Polygonen mit eingeschlossener homogener Fläche.

`mod_parallels_xld` überprüft die Grauwerte im Bild `Image` zwischen zwei parallelen Linien (Überlappungsbereich), die unter `Parallels` abgespeichert sind, auf Homogenität.

Es werden nur parallele Polygone betrachtet, deren Quality-Faktor größer gleich `Quality` ist. Zwischen je zwei parallelen Linien wird deren gemeinsame zentrale Überlappungsstrecke entlanggelaufen und jeweils der dazu senkrechte Grauwertschnitt errechnet (cross section).

In einem ersten Durchlauf wird der mittlere Grauwert für jede Schnittgerade ermittelt. In einem zweiten Durchlauf werden nun die Standardabweichungen jeder Schnittgeraden bezüglich ihres mittleren, empirisch ermittelten Grauwertes berechnet.

Falls der mittlere Grauwert einer betrachteten Fläche im Intervall [`MinGray`,`MaxGray`] liegt und das Mittel aus allen Standardabweichungen kleiner als die obere Schranke `MaxStandard` ist, so werden die parallelen Linien in `ModParallels` als modifizierte parallele Polygonteilstücke zurückgegeben.

Eine zweite Routine ist in diese Funktion eingebettet. Diese überprüft auf die gleiche Art wie oben erwähnt alle Anschlusslinien, also alle Polygonlinien, die Anschlussstücke der gefundenen Parallelrelationen sind, auf Homogenität. Dabei wird entlang dieser Anschlusslinien gelaufen und ein Bereich untersucht, der genauso breit ist, wie die Breite des letzten homogenen Parallelenstücks, untersucht, also die Seite der Linie, auf der auch das in der Relation zugehörige Polygon liegt. Ist auch hier der Grauwertverlauf im Sinne von oben homogen, so wird der Bereich der nächsten Anschlusslinie untersucht. Die so gefundenen Endpunkte jedes Polygons aus der modifizierten Parallelenrelation werden in `ExtParallels` als erweiterte Parallelen zurückgegeben.

Parameter

▷ **Parallels** (input_object) . . . . . xld_para-array ⇝ *object*
Parallele Polygonteilstücke.

▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object : byte*
Zu untersuchendes Eingabebild.

▷ **ModParallels** (output_object) . . . . . xld_mod_para-array ⇝ *object*
Modifizierte parallele Polygonteilstücke.

▷ **ExtParallels** (output_object) . . . . . xld_ext_para-array ⇝ *object*
Erweiterte parallele Polygonteilstücke.

▷ **Quality** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Minimale Schwelle des Quality-Faktors (Maß für Parallelität).
Default: 0.4
Wertevorschläge: `Quality` ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6}
Restriktion: 0.0 <= Quality && Quality <= 1.0

▷ **MinGray** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Minimale Schwelle des mittleren Grauwertes.
Default: 160
Wertevorschläge: `MinGray` ∈ {80, 100, 120, 140, 160, 180}
Restriktion: 0 <= MinGray && MinGray <= 255

▷ **MaxGray** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Maximale Schwelle des mittleren Grauwertes.
Default: 220
Wertevorschläge: `MaxGray` ∈ {140, 160, 180, 200, 220, 240}
Restriktion: 0 <= MaxGray && MaxGray <= 255 && MaxGray >= MinGray

▷ **MaxStandard** (input_control) . . . . . number ⇝ *real* / integer
Maximal zugelassene gemittelte Standardabweichung bzgl. der mittleren Grauwerte.
Default: 10.0
Wertevorschläge: `MaxStandard` ∈ {5.0, 10.0, 15.0, 20.0}
Restriktion: MaxStandard >= 0.0

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_parallels_xld`

Nachfolger

`max_parallels_xld`

Siehe auch

`info_parallels_xld`

Modul

Foundation

30.2 Geometrische Transformationen

```
affine_trans_contour_xld ( 
    Contours : ContoursAffineTrans : HomMat2D : )
```

Anwenden einer beliebigen affinen 2D-Transformation auf XLD-Konturen.

`affine_trans_contour_xld` wendet eine beliebige affine 2D-Transformation (Skalierung, Drehung, Verschiebung, Scherung) auf die in `Contours` übergebenen XLD-Konturen an und liefert die transformierten Konturen in `ContoursAffineTrans` zurück. Die Transformation wird durch eine homogene Transformationsmatrix

beschrieben, die in HomMat2D übergeben wird. Diese kann mit Hilfe der Operatoren hom_mat2d_identity, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_translate etc. aufgebaut werden oder das Resultat von Operatoren wie vector_angle_to_rigid sein.

Die Einträge der homogenen Transformationsmatrix werden so interpretiert, dass die *Zeilen*-Koordinate des Bildes der x-Koordinate und die *Spalten*-Koordinate des Bildes der y-Koordinate des Koordinatensystems entspricht, in dem die Transformationsmatrix definiert wurde. Dies ist notwendig, um für das Bild ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten. Insbesondere werden dadurch Rotationen im korrekten Drehsinn ausgeführt. Die Koordinatenreihenfolge (x,y) der Matrizen entspricht dann der üblichen Koordinatenreihenfolge (Zeile,Spalte) der Bilder.

Achtung

affine_trans_contour_xld verwendet nicht das HALCON-Standard-Koordinatensystem (mit dem Ursprung im Mittelpunkt des linken oberen Pixels) sondern das gleiche Koordinatensystem wie affine_trans_pixel, d.h. der Ursprung liegt in der linken oberen Ecke des linken oberen Pixels. Eine Transformation mit affine_trans_contour_xld entspricht für jeden Punkt der Kontur einer Kette von Transformationen (Ein- und Ausgabekoordinaten als homogene Vektoren dargestellt, siehe affine_trans_pixel). Dies kann zu unerwarteten Ergebnissen führen, wenn die Transformationsmatrix unter Verwendung von Koordinaten erstellt wurde, die von der Kontur mit Operatoren wie z.B. area_center_xld abgeleitet wurden. Wenn z.B. eine rotationssymmetrische XLD Kontur unter Verwendung von hom_mat2d_rotate um ihren mit area_center_xld bestimmten Schwerpunkt rotiert wird, so liegt die transformierte Kontur nicht auf der Originalkontur. Dieser Effekt kann dadurch kompensiert werden, dass vor dem Aufruf von affine_trans_contour_xld die Transformationsmatrix HomMat2D durch die beiden folgenden Translationen modifiziert wird:

```
hom_mat2d_translate(HomMat2D, 0.5, 0.5, HomMat2DTmp)
hom_mat2d_translate_local(HomMat2DTmp, -0.5, -0.5,
HomMat2DAdapted)
affine_trans_contour_xld(Contours, ContoursAffineTrans,
HomMat2DAdapted)
```

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Parameter

- ▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Eingabe-XLD-Konturen.
- ▷ **ContoursAffineTrans** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Transformierte XLD-Konturen.
- ▷ **HomMat2D** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

Falls die Matrix HomMat2D eine affine Abbildung darstellt (d.h. keine projektive Abbildung), liefert affine_trans_contour_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

hom_mat2d_identity, hom_mat2d_translate, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_reflect

Siehe auch

affine_trans_image, affine_trans_region

Modul

Foundation

affine_trans_polygon_xld (
Polygons : PolygonsAffineTrans : HomMat2D :)

Anwenden einer beliebigen affinen Transformation auf XLD-Polygone

affine_trans_polygon_xld wendet eine beliebige affine Transformation (Skalierung, Drehung, Verschiebung, Scherung) auf die in Polygons übergebenen XLD-Polygone an und liefert die transformierten Polygone in PolygonsAffineTrans zurück. Die Transformation wird durch eine homogene Transformationsmatrix beschrieben, die in HomMat2D übergeben wird. Diese kann mit Hilfe der Operatoren hom_mat2d_identity, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_translate etc. aufgebaut werden oder das Resultat von Operatoren wie vector_angle_to_rigid sein. Die transformierten Polygone werden in PolygonsAffineTrans zurückgeliefert.

Die Einträge der homogenen Transformationsmatrix werden so interpretiert, dass die *Zeilen*-Koordinate des Bildes der x-Koordinate und die *Spalten*-Koordinate des Bildes der y-Koordinate des Koordinatensystems entspricht, in dem die Transformationsmatrix definiert wurde. Dies ist notwendig, um für das Bild ein rechtshändiges Koordinatensystem zu erhalten. Insbesondere werden dadurch Rotationen im korrekten Drehsinn ausgeführt. Die Koordinatenreihenfolge (x,y) der Matrizen entspricht dann der üblichen Koordinatenreihenfolge (Zeile,Spalte) der Bilder.

Achtung

Die XLD-Konturen, die möglicherweise von Polygons referenziert werden, werden weder transformiert noch mit den Ergebnispolygonen abgespeichert, da dies im allgemeinen nicht möglich ist, ohne Inkonsistenzen bei den Attributen der XLD-Konturen zu erzeugen. Daher kann es beim Aufruf von Operatoren, die auf die zu einem Polygon gehörigen Konturen zugreifen, z.B. split_contours_xld, zu Fehlermeldungen kommen.

affine_trans_polygon_xld verwendet nicht das HALCON-Standard-Koordinatensystem (mit dem Ursprung im Mittelpunkt des linken oberen Pixels) sondern das gleiche Koordinatensystem wie affine_trans_pixel, d.h. der Ursprung liegt in der linken oberen Ecke des linken oberen Pixels. Eine Transformation mit affine_trans_polygon_xld entspricht für jeden Punkt des Polygons einer Kette von Transformationen (Ein- und Ausgabekoordinaten als homogene Vektoren dargestellt, siehe affine_trans_pixel). Dies kann zu unerwarteten Ergebnissen führen, wenn die Transformationsmatrix unter Verwendung von Koordinaten erstellt wurde, die von dem Polygon mit Operatoren wie z.B. area_center_xld abgeleitet wurden. Wenn z.B. ein rotationssymmetrisches Polygon unter Verwendung von hom_mat2d_rotate um seinen mit area_center_xld bestimmten Schwerpunkt rotiert wird, so liegt das transformierte Polygon nicht auf dem Originalpolygon. Dieser Effekt kann dadurch kompensiert werden, dass vor dem Aufruf von affine_trans_polygon_xld die Transformationsmatrix HomMat2D durch die beiden folgenden Translationen modifiziert wird:

```
hom_mat2d_translate(HomMat2D, 0.5, 0.5, HomMat2DTmp)
hom_mat2d_translate_local(HomMat2DTmp, -0.5, -0.5,
HomMat2DAdapted)
affine_trans_polygon_xld(Polygons, PolygonsAffineTrans,
HomMat2DAdapted)
```

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Parameter

- ▷ **Polygons** (input_object) ..... xld_poly(-array) ⇝ *object*
  Eingabe-XLD-Polygone.
- ▷ **PolygonsAffineTrans** (output_object) ..... xld_poly(-array) ⇝ *object*
  Transformierte XLD-Polygone.
- ▷ **HomMat2D** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Eingabe-Transformationsmatrix.

Ergebnis

Falls die Matrix HomMat2D eine affine Abbildung darstellt (d.h. keine projektive Abbildung), liefert affine_trans_polygon_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE) zurück. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

hom_mat2d_identity, hom_mat2d_translate, hom_mat2d_rotate, hom_mat2d_scale, hom_mat2d_reflect

Siehe auch

affine_trans_image, affine_trans_region, affine_trans_contour_xld

Modul

Foundation

gen_parallel_contour_xld (Contours : ParallelContours : Mode, Distance :)

Berechnen der Parallelkontur einer XLD-Kontur

gen_parallel_contour_xld berechnet zu jeder der Eingabekonturen Contours eine parallele Kontur mit dem Abstand Distance. Die berechneten Konturen werden in ParallelContours zurückgegeben. Zur Berechnung der Parallelkontur wird der Normalenvektor der Eingabekontur in jedem Konturpunkt benötigt. Der Parameter Mode gibt an, wie die Normalenvektoren bestimmt werden. Falls Mode = *'gradient'*, wird angenommen, dass die Eingabekonturen Kanten sind, und die Normaleninformation aus der Gradientenrichtung der Kante gewonnen (siehe edges_sub_pix). Dazu muss bei der Eingabekontur das Attribut *'edge_direction'* definiert sein (siehe get_contour_attrib_xld). Falls Mode = *'contour_normal'*, wird eine eventuell schon vorhandene Normaleninformation zur Berechnung der Normalen verwendet. Dazu muss das Konturattribut *'angle'* definiert sein (siehe lines_gauss oder edges_sub_pix). Falls schließlich Mode = *'regression_normal'*, wird die Normalenrichtung aus einer lokalen Regressionsgeraden in jedem Konturpunkt bestimmt. Dabei werden die Normalenvektoren so ausgerichtet, dass sie auf die rechte Seite der Kontur zeigen. Dieser Modus kann, im Gegensatz zu den ersten zwei Modi, für alle XLD-Konturen angewendet werden, ganz gleich wie sie erzeugt wurden.

Parameter

▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
Zu transformierende Konturen.

▷ **ParallelContours** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
Parallelkonturen.

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Modus, mit dem die Richtungsinformation gewonnen wird.
Default: 'regression_normal'
Wertevorschläge: Mode ∈ {'gradient', 'contour_normal', 'regression_normal'}

▷ **Distance** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Abstand der Parallelkontur.
Default: 1
Wertevorschläge: Distance ∈ {0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 40, 50}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, lines_gauss, lines_facet, edges_sub_pix, threshold_sub_pix

Nachfolger

gen_polygons_xld

Siehe auch

get_contour_xld

Modul

Foundation

polar_trans_contour_xld (Contour : PolarTransContour : Row, Column, AngleStart, AngleEnd, RadiusStart, RadiusEnd, Width, Height :)

Anwenden einer Polarkoordinatentransformation auf eine Kontur.

polar_trans_contour_xld transformiert eine Kontur Contour im durch den Mittelpunkt (Row, Column), die Radien RadiusStart und RadiusEnd und die Winkel AngleStart und AngleEnd definierten Kreisring auf dessen Polarkoordinatendarstellung in einem virtuellen Bild mit den Dimensionen Width $\times$ Height. Die Ausgabekontur wird an den Rändern dieses virtuellen Bildes beschnitten.

Die Koordinate $(0, 0)$ in der Ausgabekontur PolarTransContour entspricht immer dem Konturpunkt, der durch RadiusStart und AngleStart spezifiziert wird. Analog entspricht die Koordinate Height $-$ 1, Width $-$ 1 in der Ausgabekontur immer dem Konturpunkt, der durch RadiusEnd und AngleEnd spezifiziert wird, auch wenn diese Punkte nicht in der Kontur Contour enthalten sind. Im Normalfall (AngleStart $<$ AngleEnd und RadiusStart $<$ RadiusEnd) wird die Polarkoordinatentransformation also in mathematisch positiver Durchlaufrichtung (entgegen dem Uhrzeigersinn) durchgeführt. Dabei liegen die Punkte mit kleineren Radien im virtuellen Ausgabebild weiter oben. Durch geeignetes Vertauschen der Werte der Parameter (z.B. AngleStart $>$ AngleEnd oder RadiusStart $>$ RadiusEnd) kann jede beliebige Orientierung der Ausgabekontur erreicht werden.

Die Winkel sind frei als reelle Zahlen wählbar, Mittelpunkt und Radien können ebenfalls frei als reelle Zahlen gewählt werden.

PolarTransContour kann aus mehreren Konturen bestehen, da die Kontur Contour an den Winkelgrenzen AngleStart bzw. AngleEnd geteilt werden kann. Außerdem kann die Länge des Winkelintervalls [AngleStart, AngleEnd] größer sein als $2pi$.

Werden mehrere Konturen in Contour übergeben, werden deren Polartransformationen individuell berechnet und als Tupel in PolarTransContour abgespeichert. Da eine Kontur bei der Transformation in mehrere Konturen geteilt werden kann, besteht kein Zusammenhang zwischen den Indizes des Eingabetupels Contour und den Indizes des Ausgabetupels PolarTransContour.

Weitere Informationen

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Achtung

Es werden nur die Konturpunkte transformiert. Da die Polartransformation keine affine Abbildung ist, liefert der Operator polar_trans_contour_xld nur dann brauchbare Ergebnisse, wenn die Abstände der Konturpunkte klein sind. Eventuelle Attribute werden nicht mittransformiert.

Parameter

- ▷ **Contour** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Eingabekontur.
- ▷ **PolarTransContour** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Ergebniskontur.
- ▷ **Row** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des Kreismittelpunktes.
  Default: 256
  Wertevorschläge: Row ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 240, 256, 480, 512}
- ▷ **Column** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des Kreismittelpunktes.
  Default: 256
  Wertevorschläge: Column ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 320, 512, 640}
- ▷ **AngleStart** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Winkel, der auf die Spaltenkoordinate *0* in PolarTransContour abgebildet wird.
  Default: 0.0
  Wertevorschläge: AngleStart ∈ {0.0, 0.78539816, 1.57079632, 3.141592654, 6.2831853, 12.566370616}
  Wertebereich: -6.2831853 ≤ AngleStart ≤ 6.2831853

▷ **AngleEnd** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
Winkel, der auf die Spaltenkoordinate Width − 1 in PolarTransContour abgebildet wird.
Default: 6.2831853
Wertevorschläge: AngleEnd ∈ {0.0, 0.78539816, 1.57079632, 3.141592654, 6.2831853, 12.566370616}
Wertebereich: -6.2831853 ≤ AngleEnd ≤ 6.2831853

▷ **RadiusStart** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Kreisradius, der auf die Zeilenkoordinate *0* in PolarTransContour abgebildet wird.
Default: 0
Wertevorschläge: RadiusStart ∈ {0, 16, 32, 64, 100, 128, 256, 512}
Wertebereich: 0 ≤ RadiusStart ≤ 32767

▷ **RadiusEnd** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Kreisradius, der auf die Zeilenkoordinate Height − 1 in PolarTransContour abgebildet wird.
Default: 100
Wertevorschläge: RadiusEnd ∈ {0, 16, 32, 64, 100, 128, 256, 512}
Wertebereich: 0 ≤ RadiusEnd ≤ 32767

▷ **Width** (input_control) ..... extent.x ⇝ *integer*
Breite des virtuellen Zielbildes.
Default: 512
Wertevorschläge: Width ∈ {256, 320, 512, 640, 800, 1024}
Wertebereich: 0 ≤ Width ≤ 32767

▷ **Height** (input_control) ..... extent.y ⇝ *integer*
Höhe des virtuellen Zielbildes.
Default: 512
Wertevorschläge: Height ∈ {240, 256, 480, 512, 600, 1024}
Wertebereich: 0 ≤ Height ≤ 32767

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Siehe auch

polar_trans_image_ext, polar_trans_image_inv, polar_trans_region, polar_trans_region_inv, polar_trans_contour_xld_inv

Modul

Foundation

polar_trans_contour_xld_inv (PolarContour : XYTransContour : Row, Column, AngleStart, AngleEnd, RadiusStart, RadiusEnd, WidthIn, HeightIn, Width, Height :)

Rücktransformieren einer Kontur in Polarkoordinaten

polar_trans_contour_xld_inv transformiert die Polarkoordinatendarstellung eines Kontur, gespeichert in PolarContour, zurück auf einen Kreisring in kartesischen Koordinaten, der durch die Radien RadiusStart und RadiusEnd sowie durch die Winkel AngleStart und AngleEnd beschrieben ist und dessen Mittelpunkt in (Row, Column) liegt. Alle diese Werte können frei aus den reellen Zahlen gewählt werden. Die Gesamtgröße des Ausgabebildes beträgt Width × Height Pixel. Zusätzlich müssen die Dimensionen des virtuellen Eingabebildes, welches die Kontur PolarContour enthält, in WidthIn und HeightIn übergeben werden. WidthIn − 1 ist die Spaltenkoordinate, die AngleEnd entspricht und HeightIn − 1 ist die Zeilenkoordinate, die RadiusEnd entspricht. AngleStart bzw. RadiusStart entspricht der Spalten- bzw. Zeilenkoordinate *0*. Außerdem müssen die Dimensionen des virtuellen Ausgabebildes, welches die Region XYTransContour enthält, in Width und Height übergeben werden. An dessen Rändern wird die Ausgabekontur beschnitten.

polar_trans_contour_xld_inv ist die exakte Umkehrfunktion zu polar_trans_contour_xld.

Die Aufrufsequenz:

```
polar_trans_contour_xld(Contour, PolarContour, Row, Column,
rad(360)
polar_trans_contour_xld_inv(PolarContour, XYTransContour,
Row, Column, rad(360), 0, 0, Radius, Width, Height, WidthOut,
HeightOut)
```

liefert in der Ausgabekontur `XYTransContour` die Kontur `Image` eingeschränkt auf den Kreis um (`Row`, `Column`) mit Radius `Radius` zurück.

`XYTransContour` kann aus mehreren Konturen bestehen, da die Kontur `PolarContour` an den Rändern des virtuellen Ausgabebildes, das durch `Width` und `Height` definiert wird, beschnitten wird.

Werden mehrere Konturen in `PolarContour` übergeben, werden deren Transformationen individuell berechnet und als Tupel in `XYTransContour` abgespeichert. Da eine Kontur bei der Transformation in mehrere Konturen geteilt werden kann, besteht kein Zusammenhang zwischen den Indizes des Eingabetupels `PolarContour` und den Indizes des Ausgabetupels `XYTransContour`.

Weitere Informationen

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Achtung

Es werden nur die Konturpunkte transformiert. Da die Polartransformation keine affine Abbildung ist, liefert der Operator `polar_trans_contour_xld_inv` nur dann brauchbare Ergebnisse, wenn die Abstände der Konturpunkte klein sind. Eventuelle Attribute werden nicht mittransformiert.

Parameter

- ▷ **`PolarContour`** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Eingabekontur.
- ▷ **`XYTransContour`** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Ergebniskontur.
- ▷ **`Row`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Zeilenkoordinate des Kreismittelpunktes.
  Default: 256
  Wertevorschläge: `Row` ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 240, 256, 480, 512}
- ▷ **`Column`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Spaltenkoordinate des Kreismittelpunktes.
  Default: 256
  Wertevorschläge: `Column` ∈ {0, 16, 32, 64, 128, 256, 320, 512, 640}
- ▷ **`AngleStart`** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Winkel, auf den die Spaltenkoordinate *0* von `PolarContour` abgebildet wird.
  Default: 0.0
  Wertevorschläge: `AngleStart` ∈ {0.0, 0.78539816, 1.57079632, 3.141592654, 6.2831853}
  Wertebereich: -6.2831853 ≤ `AngleStart` ≤ 6.2831853
- ▷ **`AngleEnd`** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real*
  Winkel, auf den die Spaltenkoordinate `WidthIn` − 1 in `PolarContour` abgebildet wird.
  Default: 6.2831853
  Wertevorschläge: `AngleEnd` ∈ {0.0, 0.78539816, 1.57079632, 3.141592654, 6.2831853}
  Wertebereich: -6.2831853 ≤ `AngleEnd` ≤ 6.2831853
- ▷ **`RadiusStart`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Kreisradius, auf den die Zeilenkoordinate *0* in `PolarContour` abgebildet wird.
  Default: 0
  Wertevorschläge: `RadiusStart` ∈ {0, 16, 32, 64, 100, 128, 256, 512}
  Wertebereich: 0 ≤ `RadiusStart` ≤ 32767
- ▷ **`RadiusEnd`** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Kreisradius, auf den die Zeilenkoordinate `HeightIn` − 1 in `PolarContour` abgebildet wird.
  Default: 100
  Wertevorschläge: `RadiusEnd` ∈ {0, 16, 32, 64, 100, 128, 256, 512}
  Wertebereich: 0 ≤ `RadiusEnd` ≤ 32767

▷ **WidthIn** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Breite des virtuellen Eingabebildes.
Default: 512
Wertevorschläge: WidthIn ∈ {256, 320, 512, 640, 800, 1024}
Wertebereich: 0 ≤ WidthIn ≤ 32767

▷ **HeightIn** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Höhe des virtuellen Eingabebildes.
Default: 512
Wertevorschläge: HeightIn ∈ {240, 256, 480, 512, 600, 1024}
Wertebereich: 0 ≤ HeightIn ≤ 32767

▷ **Width** (input_control) . . . . . extent.x ⇝ *integer*
Breite des virtuellen Zielbildes.
Default: 512
Wertevorschläge: Width ∈ {256, 320, 512, 640, 800, 1024}
Wertebereich: 0 ≤ Width ≤ 32767

▷ **Height** (input_control) . . . . . extent.y ⇝ *integer*
Höhe des virtuellen Zielbildes.
Default: 512
Wertevorschläge: Height ∈ {240, 256, 480, 512, 600, 1024}
Wertebereich: 0 ≤ Height ≤ 32767

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Siehe auch

polar_trans_image_ext, polar_trans_image_inv, polar_trans_region, polar_trans_region_inv, polar_trans_contour_xld

Modul

Foundation

projective_trans_contour_xld (
Contours : ContoursProjTrans : HomMat2D :)

Anwenden einer projektiven Transformation auf eine XLD-Kontur.

projective_trans_contour_xld wendet die durch die homogene Matrix HomMat2D beschriebene projektive Transformation auf die Konturen in Contours an und liefert die Ergebniskonturen in ContoursProjTrans zurück.

Zur Berechnung und Interpretation der Matrix siehe projective_trans_image.

Achtung

Der Transformation liegt das gleiche Koordinatensystem zugrunde, das auch bei dem Operator affine_trans_pixel verwendet wird. Das bedeutet, dass die Transformation nicht mit der Transformationsmatrix HomMat2D, sondern mit einer modifizierte Version davon durchgeführt wird. Eine Transformation mit projective_trans_contour_xld entspricht für jeden Punkt (Row_i, Col_i) der Kontur der folgenden Kette von Transformationen (Ein- und Ausgabekoordinaten als homogene Vektoren dargestellt):

$$\begin{pmatrix} RowTrans_i \\ ColTrans_i \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -0.5 \\ 0 & 1 & -0.5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \texttt{HomMat2D} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & +0.5 \\ 0 & 1 & +0.5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Row_i \\ Col_i \\ 1 \end{pmatrix}$$

Dies kann zu unerwarteten Ergebnissen führen, wenn die Transformationsmatrix unter Verwendung von Koordinaten erstellt wurde, die von der Kontur mit Operatoren wie z.B. area_center_xld abgeleitet wurden. Wenn z.B. eine rotationssymmetrische XLD Kontur unter Verwendung von hom_mat2d_rotate um

ihren mit area_center_xld bestimmten Schwerpunkt rotiert wird, so liegt die transformierte Kontur nicht auf der Originalkontur. Dieser Effekt kann dadurch kompensiert werden, dass vor dem Aufruf von projective_trans_contour_xld die Transformationsmatrix HomMat2D durch die beiden folgenden Translationen modifiziert wird:

```
hom_mat2d_translate(HomMat2D, 0.5, 0.5, HomMat2DTmp)
hom_mat2d_translate_local(HomMat2DTmp, -0.5, -0.5,
HomMat2DAdapted)
projective_trans_contour_xld(Contours, ContoursAffineTrans,
HomMat2DAdapted)
```

Ein Überblick zu den verschiedenen in HALCON verwendeten 2D Koordinatensystemen ist in der Einleitung zum Kapitel Transformationen / 2D-Transformationen gegeben.

Parameter

- ▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Eingabekonturen.
- ▷ **ContoursProjTrans** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Ausgabekonturen.
- ▷ **HomMat2D** (input_control) ..... hom_mat2d ⇝ *real*
  Homogene projektive Transformationsmatrix.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

vector_to_proj_hom_mat2d, hom_vector_to_proj_hom_mat2d, proj_match_points_ransac, proj_match_points_ransac_guided, hom_mat3d_project

Siehe auch

projective_trans_image, projective_trans_image_size, projective_trans_region, projective_trans_point_2d, projective_trans_pixel

Modul

Foundation

30.3 Mengen-Operationen

difference_closed_contours_xld (Contours, Sub : ContoursDifference : :)

Berechnen der Differenzmenge von geschlossenen Konturen.

Der Operator difference_closed_contours_xld berechnet die Differenzmenge der von den geschlossenen Eingabekonturen umgebenen Regionen. Der Rand dieser Differenzmenge wird in ContoursDifference zurückgegeben.

Wenn die einzelnen Eingabekonturen nicht geschlossen sind, werden sie automatisch durch Verbinden von Anfangs- und Endpunkt geschlossen.

Intern werden zuerst die Regionen, die von den Konturen Contours bzw. Sub umschlossen sind, getrennt voneinander bestimmt (siehe unten). Danach wird die Differenzmenge der beiden sich ergebenden Regionen berechnet.

Im folgenden werden die beiden Eingabekonturen als *Menge von Rändern* der zu schneidenden Regionen betrachtet. Jede dieser Mengen besteht aus einer beliebigen Anzahl von Rändern (die einzelnen Konturen aus Contours bzw. Sub). Jeder Rand kann konvex oder konkav sein und sich selbst schneiden. Löcher können durch Verschachtelung der Ränder gebildet werden.

Die von allen Rändern einer solchen Menge von Rändern umschlossene Region ist durch die sogenannte Even-Odd-Rule definiert. Sie besteht also aus der Menge aller Punkte, die folgende Eigenschaft besitzen: Die Strecke, die man durch Verbinden des Punktes mit einem außerhalb der Region liegenden Referenzpunkt erhält, schneidet eine ungerade Anzahl von Rändern.

Anschaulich bedeutet dies, dass ein Rand, der vollständig innerhalb eines anderen Randes liegt, ein Loch in der Region erzeugt, die durch den ersten Rand umschlossen ist. Analog dazu wird auch der Überlappungsbereich zweier Regionen als "Loch"betrachtet, d.h., er gehört nicht zu der Region, die von den beiden Rändern umschlossen wird. Die Region, die von einem Rand umschlossen wird, ist dabei unabhängig von der Umlaufrichtung des Randes.

Ein sich selbst schneidender Rand kann entweder am Schnittpunkt aufgetrennt werden oder er wird so angeordnet, dass er sich selbst am Schnittpunkt berührt. Die sich ergebenden Ränder werden als unabhängige Ränder betrachtet.

Die resultierenden Konturen `ContoursDifference` werden automatisch in Konturen, die Regionen umschließen, und Konturen, die Löcher umschließen, klassifiziert. Diese Information wird im globalen Attribut *'is_hole'* gespeichert. Siehe `get_contour_global_attrib_xld` für weitere Details zu globalen Konturattributen.

Aufeinanderfolgende Punkte, die sich in Zeilen- und Spaltenrichtung um weniger als 1e-06 Pixel unterscheiden, werden als ein Punkt angesehen.

Parameter

- ▷ **`Contours`** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Konturen, die die Region umschließen, von der die zweite Region abgezogen wird.
- ▷ **`Sub`** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Konturen, die die Region umschließen, die von der ersten Region abgezogen wird.
- ▷ **`ContoursDifference`** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Konturen, die die Differenzmenge umschließen.

Ergebnis

`difference_closed_contours_xld` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_contour_region_xld`, `zero_crossing_sub_pix`, `threshold_sub_pix`

Alternativen

`difference`

Siehe auch

`intersection_closed_contours_xld`, `symm_difference_closed_contours_xld`, `union2_closed_contours_xld`, `difference_closed_polygons_xld`

Modul

Foundation

`difference_closed_polygons_xld` (`Polygons`, `Sub` : `PolygonsDifference` : :)

Berechnen der Differenzmenge von geschlossenen Polygonen.

Der Operator `difference_closed_polygons_xld` berechnet die Differenzmenge der von den geschlossenen Eingabepolygonen umgebenen Regionen. Der Rand dieser Differenzmenge wird in `PolygonsDifference` zurückgegeben.

Wenn die einzelnen Eingabepolygone nicht geschlossen sind, werden sie automatisch durch Verbinden von Anfangs- und Endpunkt geschlossen.

Intern werden zuerst die Regionen, die von den Polygonen `Polygons` bzw. `Sub` umschlossen sind, getrennt voneinander bestimmt (siehe unten). Danach wird die Differenzmenge der beiden sich ergebenden Regionen berechnet.

Im folgenden werden die beiden Eingabepolygone als *Menge von Rändern* der zu schneidenden Regionen betrachtet. Jede dieser Mengen besteht aus einer beliebigen Anzahl von Rändern (die einzelnen Polygone aus `Polygons` bzw. `Sub`). Jeder Rand kann konvex oder konkav sein und sich selbst schneiden. Löcher können durch Verschachtelung der Ränder gebildet werden.

Die von allen Rändern einer solchen Menge von Rändern umschlossene Region ist durch die sogenannte Even-Odd-Rule definiert. Sie besteht also aus der Menge aller Punkte, die folgende Eigenschaft besitzen: Die Strecke, die man durch Verbinden des Punktes mit einem außerhalb der Region liegenden Referenzpunkt erhält, schneidet eine ungerade Anzahl von Rändern.

Anschaulich bedeutet dies, dass ein Rand, der vollständig innerhalb eines anderen Randes liegt, ein Loch in der Region erzeugt, die durch den ersten Rand umschlossen ist. Analog dazu wird auch der Überlappungsbereich zweier Regionen als "Loch"betrachtet, d.h., er gehört nicht zu der Region, die von den beiden Rändern umschlossen wird. Die Region, die von einem Rand umschlossen wird, ist dabei unabhängig von der Umlaufrichtung des Randes.

Ein sich selbst schneidender Rand kann entweder am Schnittpunkt aufgetrennt werden oder er wird so angeordnet, dass er sich selbst am Schnittpunkt berührt. Die sich ergebenden Ränder werden als unabhängige Ränder betrachtet.

Achtung

Die Ergebnispolygone `PolygonsDifference` enthalten keine Referenzen auf die möglicherweise von `Polygons` und `Sub` referenzierten XLD-Konturen. Daher kann es beim Aufruf von Operatoren, die auf die zu einem Polygon gehörigen Konturen zugreifen, z.B. `split_contours_xld`, zu Fehlermeldungen kommen.

Parameter

- ▷ **`Polygons`** (input_object) ..... xld_poly(-array) ⇝ *object*
  Polygone, die die Region umschließen, von der die zweite Region abgezogen wird.
- ▷ **`Sub`** (input_object) ..... xld_poly(-array) ⇝ *object*
  Polygone, die die Region umschließen, die von der ersten Region abgezogen wird.
- ▷ **`PolygonsDifference`** (output_object) ..... xld_poly(-array) ⇝ *object*
  Polygone, die die Differenzmenge umschließen.

Ergebnis

`difference_closed_polygons_xld` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_polygons_xld`

Alternativen

`difference`

Siehe auch

`intersection_closed_polygons_xld`, `symm_difference_closed_polygons_xld`, `union2_closed_polygons_xld`, `difference_closed_contours_xld`

Modul

Foundation

`intersection_closed_contours_xld` `( Contours1, Contours2 : ContoursIntersection : : )`

Berechnen der Durchschnittsmenge von geschlossenen Konturen.

Der Operator `intersection_closed_contours_xld` berechnet die Durchschnittsmenge der von den geschlossenen Eingabekonturen umgebenen Regionen. Der Rand dieser Durchschnittsmenge wird in `ContoursIntersection` zurückgegeben.

Wenn die einzelnen Eingabekonturen nicht geschlossen sind, werden sie automatisch durch Verbinden von Anfangs- und Endpunkt geschlossen.

Intern werden zuerst die Regionen, die von den Konturen `Contours1` bzw. `Contours2` umschlossen sind, getrennt voneinander bestimmt (siehe unten). Danach wird die Durchschnittsmenge der beiden sich ergebenden Regionen berechnet.

Im folgenden werden die beiden Eingabekonturen als *Menge von Rändern* der zu schneidenden Regionen betrachtet. Jede dieser Mengen besteht aus einer beliebigen Anzahl von Rändern (die einzelnen Konturen aus `Contours1` bzw. `Contours2`). Jeder Rand kann konvex oder konkav sein und sich selbst schneiden. Löcher können durch Verschachtelung der Ränder gebildet werden.

Die von allen Rändern einer solchen Menge von Rändern umschlossene Region ist durch die sogenannte Even-Odd-Rule definiert. Sie besteht also aus der Menge aller Punkte, die folgende Eigenschaft besitzen: Die Strecke, die man durch Verbinden des Punktes mit einem außerhalb der Region liegenden Referenzpunkt erhält, schneidet eine ungerade Anzahl von Rändern.

Anschaulich bedeutet dies, dass ein Rand, der vollständig innerhalb eines anderen Randes liegt, ein Loch in der Region erzeugt, die durch den ersten Rand umschlossen ist. Analog dazu wird auch der Überlappungsbereich zweier Regionen als "Loch"betrachtet, d.h., er gehört nicht zu der Region, die von den beiden Rändern umschlossen wird. Die Region, die von einem Rand umschlossen wird, ist dabei unabhängig von der Umlaufrichtung des Randes.

Ein sich selbst schneidender Rand kann entweder am Schnittpunkt aufgetrennt werden oder er wird so angeordnet, dass er sich selbst am Schnittpunkt berührt. Die sich ergebenden Ränder werden als unabhängige Ränder betrachtet.

Die resultierenden Konturen `ContoursIntersection` werden automatisch in Konturen, die Regionen umschließen, und Konturen, die Löcher umschließen, klassifiziert. Diese Information wird im globalen Attribut *'is_hole'* gespeichert. Siehe `get_contour_global_attrib_xld` für weitere Details zu globalen Konturattributen.

Aufeinanderfolgende Punkte, die sich in Zeilen- und Spaltenrichtung um weniger als 1e-06 Pixel unterscheiden, werden als ein Punkt angesehen.

Parameter

- ▷ **Contours1** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Konturen, die die erste zu schneidende Region umschließen.
- ▷ **Contours2** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Konturen, die die zweite zu schneidende Region umschließen.
- ▷ **ContoursIntersection** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Konturen, die die Durchschnittsmenge umschließen.

Ergebnis

`intersection_closed_contours_xld` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_contour_region_xld`, `zero_crossing_sub_pix`, `threshold_sub_pix`

Alternativen

`intersection`

Siehe auch

`difference_closed_contours_xld`, `symm_difference_closed_contours_xld`, `union2_closed_contours_xld`, `intersection_closed_polygons_xld`

Modul

Foundation

intersection_closed_polygons_xld (Polygons1, Polygons2 : PolygonsIntersection : :)

Berechnen der Durchschnittsmenge von geschlossenen Polygonen.

Der Operator intersection_closed_polygons_xld berechnet die Durchschnittsmenge der von den geschlossenen Eingabepolygonen umgebenen Regionen. Der Rand dieser Durchschnittsmenge wird in PolygonsIntersection zurückgegeben.

Wenn die einzelnen Eingabepolygone nicht geschlossen sind, werden sie automatisch durch Verbinden von Anfangs- und Endpunkt geschlossen.

Intern werden zuerst die Regionen, die von den Polygonen Polygons1 bzw. Polygons2 umschlossen sind, getrennt voneinander bestimmt (siehe unten). Danach wird die Durchschnittsmenge der beiden sich ergebenden Regionen berechnet.

Im folgenden werden die beiden Eingabepolygone als *Menge von Rändern* der zu schneidenden Regionen betrachtet. Jede dieser Mengen besteht aus einer beliebigen Anzahl von Rändern (die einzelnen Polygonen aus Polygons1 bzw. Polygons2). Jeder Rand kann konvex oder konkav sein und sich selbst schneiden. Löcher können durch Verschachtelung der Ränder gebildet werden.

Die von allen Rändern einer solchen Menge von Rändern umschlossene Region ist durch die sogenannte Even-Odd-Rule definiert. Sie besteht also aus der Menge aller Punkte, die folgende Eigenschaft besitzen: Die Strecke, die man durch Verbinden des Punktes mit einem außerhalb der Region liegenden Referenzpunkt erhält, schneidet eine ungerade Anzahl von Rändern.

Anschaulich bedeutet dies, dass ein Rand, der vollständig innerhalb eines anderen Randes liegt, ein Loch in der Region erzeugt, die durch den ersten Rand umschlossen ist. Analog dazu wird auch der Überlappungsbereich zweier Regionen als "Loch"betrachtet, d.h., er gehört nicht zu der Region, die von den beiden Rändern umschlossen wird. Die Region, die von einem Rand umschlossen wird, ist dabei unabhängig von der Umlaufrichtung des Randes.

Ein sich selbst schneidender Rand kann entweder am Schnittpunkt aufgetrennt werden oder er wird so angeordnet, dass er sich selbst am Schnittpunkt berührt. Die sich ergebenden Ränder werden als unabhängige Ränder betrachtet.

Achtung

Die Ergebnispolygone PolygonsIntersection enthalten keine Referenzen auf die möglicherweise von Polygons1 und Polygons2 referenzierten XLD-Konturen. Daher kann es beim Aufruf von Operatoren, die auf die zu einem Polygon gehörigen Konturen zugreifen, z.B. split_contours_xld, zu Fehlermeldungen kommen.

Parameter

- ▷ **Polygons1** (input_object) ..... xld_poly(-array) ⇝ *object*
  Polygone, die die erste zu schneidende Region umschließen.
- ▷ **Polygons2** (input_object) ..... xld_poly(-array) ⇝ *object*
  Polygone, die die zweite zu schneidende Region umschließen.
- ▷ **PolygonsIntersection** (output_object) ..... xld_poly(-array) ⇝ *object*
  Polygone, die die Durchschnittsmenge umschließen.

Ergebnis

intersection_closed_polygons_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_polygons_xld

Alternativen

intersection

Siehe auch

difference_closed_polygons_xld, symm_difference_closed_polygons_xld, union2_closed_polygons_xld, intersection_closed_contours_xld

Modul

Foundation

intersection_region_contour_xld (Region, Contour : ContourIntersection : Mode :)

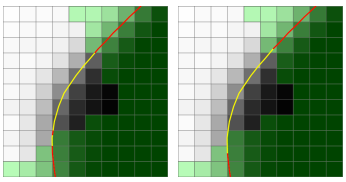
Schneiden einer Kontur mit einer Region.

Der Operator intersection_region_contour_xld schneidet die Kontur Contour mit der Region Region und gibt die Teile der Kontur, die innerhalb der Region sind, in ContourIntersection zurück.

Mit Mode kann die Art der Schnittbestimmung angegeben werden. Die folgenden Werte sind möglich:

'lines' **(Default):** Im Modus *'lines'* werden die einzelnen Liniensegmente der Eingabekontur subpixelgenau mit der Region geschnitten. Dieser Modus ist in der Regel langsamer als *'points'*, aber genauer. Liniensegmente, die nur teilweise innerhalb der Region liegen, werden gegebenenfalls in mehrere Teilsegmente zerlegt.

*'points'***:** Im Modus *'points'* werden stets vollständige Liniensegmente von Contour betrachtet. Wenn sowohl der Start- als auch der Endpunkt eines Liniensegments innerhalb der Region ist, wird das Liniensegment in die Ausgabe übernommen. Dieser Modus ist schneller als *'lines'*, allerdings auch ungenauer, insbesondere, wenn die Kontur nur grob abgetastet ist. So wird ignoriert, falls ein Liniensegment zwischen Start- und Endpunkt die Region verlässt. Ebenfalls kann ein Liniensegment zwar größtenteils innerhalb der Region liegen, aber trotzdem nicht in die Ausgabe übernommen werden, wenn der Start- oder Endpunkt nicht in der Region liegen.



(1) (2)

Ergebnis für die Modi *'lines'* (1) und *'points'* beim Schneiden einer Kontur mit einer Region (grün). Die roten Abschnitte der Kontur werden als Ergebnis zurückgegeben.

Parameter

▷ **Region** (input_object) ..... region ⇝ *object*
Eingaberegion.

▷ **Contour** (input_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
Eingabekonturen.

▷ **ContourIntersection** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
Selektierter Teil der Eingabekontur.

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Zu verwendender Modus.
Default: 'lines'
Werteliste: Mode ∈ {'points', 'lines'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

threshold, gen_contours_skeleton_xld, lines_gauss, lines_facet, edges_sub_pix, gen_contour_region_xld, zero_crossing_sub_pix, threshold_sub_pix

Alternativen

intersection_closed_contours_xld, intersection_closed_polygons_xld

Siehe auch

intersection_closed_contours_xld, intersection_closed_polygons_xld, gen_region_contour_xld

Modul

Foundation

symm_difference_closed_contours_xld (Contours1, Contours2 : ContoursDifference : :)

Berechnen der symmetrischen Differenzmenge von geschlossenen Konturen.

Der Operator symm_difference_closed_contours_xld berechnet die symmetrische Differenzmenge der von den geschlossenen Eingabekonturen umgebenen Regionen. Der Rand dieser Differenzmenge wird in ContoursDifference zurückgegeben.

Wenn die einzelnen Eingabekonturen nicht geschlossen sind, werden sie automatisch durch Verbinden von Anfangs- und Endpunkt geschlossen.

Intern werden zuerst die Regionen, die von den Konturen Contours1 bzw. Contours2 umschlossen sind, getrennt voneinander bestimmt (siehe unten). Danach wird die symmetrische Differenzmenge der beiden sich ergebenden Regionen berechnet.

Im folgenden werden die beiden Eingabekonturen als *Menge von Rändern* der zu schneidenden Regionen betrachtet. Jede dieser Mengen besteht aus einer beliebigen Anzahl von Rändern (die einzelnen Konturen aus Contours1 bzw. Contours2). Jeder Rand kann konvex oder konkav sein und sich selbst schneiden. Löcher können durch Verschachtelung der Ränder gebildet werden.

Die von allen Rändern einer solchen Menge von Rändern umschlossene Region ist durch die sogenannte Even-Odd-Rule definiert. Sie besteht also aus der Menge aller Punkte, die folgende Eigenschaft besitzen: Die Strecke, die man durch Verbinden des Punktes mit einem außerhalb der Region liegenden Referenzpunkt erhält, schneidet eine ungerade Anzahl von Rändern.

Anschaulich bedeutet dies, dass ein Rand, der vollständig innerhalb eines anderen Randes liegt, ein Loch in der Region erzeugt, die durch den ersten Rand umschlossen ist. Analog dazu wird auch der Überlappungsbereich zweier Regionen als "Loch"betrachtet, d.h., er gehört nicht zu der Region, die von den beiden Rändern umschlossen wird. Die Region, die von einem Rand umschlossen wird, ist dabei unabhängig von der Umlaufrichtung des Randes.

Ein sich selbst schneidender Rand kann entweder am Schnittpunkt aufgetrennt werden oder er wird so angeordnet, dass er sich selbst am Schnittpunkt berührt. Die sich ergebenden Ränder werden als unabhängige Ränder betrachtet.

Die resultierenden Konturen ContoursDifference werden automatisch in Konturen, die Regionen umschließen, und Konturen, die Löcher umschließen, klassifiziert. Diese Information wird im globalen Attribut *'is_hole'* gespeichert. Siehe get_contour_global_attrib_xld für weitere Details zu globalen Konturattributen.

Aufeinanderfolgende Punkte, die sich in Zeilen- und Spaltenrichtung um weniger als 1e-06 Pixel unterscheiden, werden als ein Punkt angesehen.

Parameter

- ▷ **Contours1** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Konturen, die die erste Region umschließen.
- ▷ **Contours2** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Konturen, die die zweite Region umschließen.
- ▷ **ContoursDifference** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Konturen, die die symmetrische Differenzmenge umschließen.

Ergebnis

symm_difference_closed_contours_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_contour_region_xld, zero_crossing_sub_pix, threshold_sub_pix

Alternativen

symm_difference

Siehe auch

intersection_closed_contours_xld, difference_closed_contours_xld, union2_closed_contours_xld, symm_difference_closed_polygons_xld

Modul

Foundation

symm_difference_closed_polygons_xld (Polygons1, Polygons2 : PolygonsDifference : :)

Berechnen der symmetrischen Differenzmenge von geschlossenen Polygonen.

Der Operator symm_difference_closed_polygons_xld berechnet die symmetrische Differenzmenge der von den geschlossenen Eingabepolygonen umgebenen Regionen. Der Rand dieser symmetrische Differenzmenge wird in PolygonsDifference zurückgegeben.

Wenn die einzelnen Eingabepolygone nicht geschlossen sind, werden sie automatisch durch Verbinden von Anfangs- und Endpunkt geschlossen.

Intern werden zuerst die Regionen, die von den Polygonen Polygons1 bzw. Polygons2 umschlossen sind, getrennt voneinander bestimmt (siehe unten). Danach wird die symmetrische Differenzmenge der beiden sich ergebenden Regionen berechnet.

Im folgenden werden die beiden Eingabepolygone als *Menge von Rändern* der zu schneidenden Regionen betrachtet. Jede dieser Mengen besteht aus einer beliebigen Anzahl von Rändern (die einzelnen Polygone aus Polygons1 bzw. Polygons2). Jeder Rand kann konvex oder konkav sein und sich selbst schneiden. Löcher können durch Verschachtelung der Ränder gebildet werden.

Die von allen Rändern einer solchen Menge von Rändern umschlossene Region ist durch die sogenannte Even-Odd-Rule definiert. Sie besteht also aus der Menge aller Punkte, die folgende Eigenschaft besitzen: Die Strecke, die man durch Verbinden des Punktes mit einem außerhalb der Region liegenden Referenzpunkt erhält, schneidet eine ungerade Anzahl von Rändern.

Anschaulich bedeutet dies, dass ein Rand, der vollständig innerhalb eines anderen Randes liegt, ein Loch in der Region erzeugt, die durch den ersten Rand umschlossen ist. Analog dazu wird auch der Überlappungsbereich zweier Regionen als "Loch"betrachtet, d.h., er gehört nicht zu der Region, die von den beiden Rändern umschlossen wird. Die Region, die von einem Rand umschlossen wird, ist dabei unabhängig von der Umlaufrichtung des Randes.

Ein sich selbst schneidender Rand kann entweder am Schnittpunkt aufgetrennt werden oder er wird so angeordnet, dass er sich selbst am Schnittpunkt berührt. Die sich ergebenden Ränder werden als unabhängige Ränder betrachtet.

Achtung

Die Ergebnispolygone PolygonsDifference enthalten keine Referenzen auf die möglicherweise von Polygons1 und Polygons2 referenzierten XLD-Konturen. Daher kann es beim Aufruf von Operatoren, die auf die zu einem Polygon gehörigen Konturen zugreifen, z.B. split_contours_xld, zu Fehlermeldungen kommen.

Parameter

- ▷ **Polygons1** (input_object) ..... xld_poly(-array) ⇝ *object*
  Polygone, die die erste Region umschließen.
- ▷ **Polygons2** (input_object) ..... xld_poly(-array) ⇝ *object*
  Polygone, die die zweite Region umschließen.
- ▷ **PolygonsDifference** (output_object) ..... xld_poly(-array) ⇝ *object*
  Polygone, die die symmetrische Differenzmenge umschließen.

Ergebnis

symm_difference_closed_polygons_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_polygons_xld`

Alternativen

`symm_difference`

Siehe auch

`intersection_closed_polygons_xld`, `difference_closed_polygons_xld`, `union2_closed_polygons_xld`, `symm_difference_closed_contours_xld`

Modul

Foundation

`union2_closed_contours_xld` (`Contours1`, `Contours2` : `ContoursUnion` : :)

Berechnen der Vereinigungsmenge von geschlossenen Konturen.

Der Operator `union2_closed_contours_xld` berechnet die Vereinigungsmenge der von den geschlossenen Eingabekonturen umgebenen Regionen. Der Rand dieser Vereinigungsmenge wird in `ContoursUnion` zurückgegeben.

Wenn die einzelnen Eingabekonturen nicht geschlossen sind, werden sie automatisch durch Verbinden von Anfangs- und Endpunkt geschlossen.

Intern werden zuerst die Regionen, die von den Konturen `Contours1` bzw. `Contours2` umschlossen sind, getrennt voneinander bestimmt (siehe unten). Danach wird die Vereinigungsmenge der beiden sich ergebenden Regionen berechnet.

Im folgenden werden die beiden Eingabekonturen als *Menge von Rändern* der zu schneidenden Regionen betrachtet. Jede dieser Mengen besteht aus einer beliebigen Anzahl von Rändern (die einzelnen Konturen aus `Contours1` bzw. `Contours2`). Jeder Rand kann konvex oder konkav sein und sich selbst schneiden. Löcher können durch Verschachtelung der Ränder gebildet werden.

Die von allen Rändern einer solchen Menge von Rändern umschlossene Region ist durch die sogenannte Even-Odd-Rule definiert. Sie besteht also aus der Menge aller Punkte, die folgende Eigenschaft besitzen: Die Strecke, die man durch Verbinden des Punktes mit einem außerhalb der Region liegenden Referenzpunkt erhält, schneidet eine ungerade Anzahl von Rändern.

Anschaulich bedeutet dies, dass ein Rand, der vollständig innerhalb eines anderen Randes liegt, ein Loch in der Region erzeugt, die durch den ersten Rand umschlossen ist. Analog dazu wird auch der Überlappungsbereich zweier Regionen als "Loch"betrachtet, d.h., er gehört nicht zu der Region, die von den beiden Rändern umschlossen wird. Die Region, die von einem Rand umschlossen wird, ist dabei unabhängig von der Umlaufrichtung des Randes.

Ein sich selbst schneidender Rand kann entweder am Schnittpunkt aufgetrennt werden oder er wird so angeordnet, dass er sich selbst am Schnittpunkt berührt. Die sich ergebenden Ränder werden als unabhängige Ränder betrachtet.

Die resultierenden Konturen `ContoursUnion` werden automatisch in Konturen, die Regionen umschließen, und Konturen, die Löcher umschließen, klassifiziert. Diese Information wird im globalen Attribut *'is_hole'* gespeichert. Siehe `get_contour_global_attrib_xld` für weitere Details zu globalen Konturattributen.

Aufeinanderfolgende Punkte, die sich in Zeilen- und Spaltenrichtung um weniger als 1e-06 Pixel unterscheiden, werden als ein Punkt angesehen.

Parameter

▷ **`Contours1`** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
Konturen, die die erste Region umschließen.

▷ **`Contours2`** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
Konturen, die die zweite Region umschließen.

▷ **ContoursUnion** (output_object) . . . . . xld_cont(-array) ⇝ *object*
Konturen, die die Vereinigungsmenge umschließen.

Ergebnis

union2_closed_contours_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_contour_region_xld, zero_crossing_sub_pix, threshold_sub_pix

Alternativen

union2

Siehe auch

difference_closed_contours_xld, symm_difference_closed_contours_xld, intersection_closed_contours_xld, union2_closed_polygons_xld

Modul

Foundation

union2_closed_polygons_xld (Polygons1, Polygons2 : PolygonsUnion : :)

Berechnen der Vereinigungsmenge von geschlossenen Polygonen.

Der Operator union2_closed_polygons_xld berechnet die Vereinigungsmenge der von den geschlossenen Eingabepolygonen umgebenen Regionen. Der Rand dieser Vereinigungsmenge wird in PolygonsUnion zurückgegeben.

Wenn die einzelnen Eingabepolygone nicht geschlossen sind, werden sie automatisch durch Verbinden von Anfangs- und Endpunkt geschlossen.

Intern werden zuerst die Regionen, die von den Polygonen Polygons1 bzw. Polygons2 umschlossen sind, getrennt voneinander bestimmt (siehe unten). Danach wird die Vereinigungsmenge der beiden sich ergebenden Regionen berechnet.

Im folgenden werden die beiden Eingabepolygone als *Menge von Rändern* der zu schneidenden Regionen betrachtet. Jede dieser Mengen besteht aus einer beliebigen Anzahl von Rändern (die einzelnen Polygonen aus Polygons1 bzw. Polygons2). Jeder Rand kann konvex oder konkav sein und sich selbst schneiden. Löcher können durch Verschachtelung der Ränder gebildet werden.

Die von allen Rändern einer solchen Menge von Rändern umschlossene Region ist durch die sogenannte Even-Odd-Rule definiert. Sie besteht also aus der Menge aller Punkte, die folgende Eigenschaft besitzen: Die Strecke, die man durch Verbinden des Punktes mit einem außerhalb der Region liegenden Referenzpunkt erhält, schneidet eine ungerade Anzahl von Rändern.

Anschaulich bedeutet dies, dass ein Rand, der vollständig innerhalb eines anderen Randes liegt, ein Loch in der Region erzeugt, die durch den ersten Rand umschlossen ist. Analog dazu wird auch der Überlappungsbereich zweier Regionen als "Loch"betrachtet, d.h., er gehört nicht zu der Region, die von den beiden Rändern umschlossen wird. Die Region, die von einem Rand umschlossen wird, ist dabei unabhängig von der Umlaufrichtung des Randes.

Ein sich selbst schneidender Rand kann entweder am Schnittpunkt aufgetrennt werden oder er wird so angeordnet, dass er sich selbst am Schnittpunkt berührt. Die sich ergebenden Ränder werden als unabhängige Ränder betrachtet.

Achtung

Die Ergebnispolygone PolygonsUnion enthalten keine Referenzen auf die möglicherweise von Polygons1 und Polygons2 referenzierten XLD-Konturen. Daher kann es beim Aufruf von Operatoren, die auf die zu einem Polygon gehörigen Konturen zugreifen, z.B. split_contours_xld, zu Fehlermeldungen kommen.

Parameter

▷ **Polygons1** (input_object) . . . . . xld_poly(-array) ⇝ *object*
Polygone, die die erste Region umschließen.

▷ **Polygons2** (input_object) . . . . . xld_poly(-array) ⇝ *object*
Polygone, die die zweite Region umschließen.

▷ **PolygonsUnion** (output_object) . . . . . xld_poly(-array) ⇝ *object*
Polygone, die die Vereinigungsmenge umschließen.

Ergebnis

`union2_closed_polygons_xld` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`) wenn alle Parameter korrekt sind. Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_polygons_xld`

Alternativen

`union2`

Siehe auch

`difference_closed_polygons_xld`, `symm_difference_closed_polygons_xld`, `intersection_closed_polygons_xld`, `union2_closed_contours_xld`

Modul

Foundation

30.4 Merkmale

area_center_points_xld (XLD : : : Area, Row, Column)

Fläche und Schwerpunkt von Konturen oder Polygonen, die als Punktwolken betrachtet werden.

`area_center_points_xld` berechnet die Fläche und den Schwerpunkt der von den Eingabekonturen oder -polygonen `XLD` definierten Punktwolken (d.h. die Reihenfolge der Kontur- oder Polygonpunkte wird nicht berücksichtigt). Die Fläche ist im Falle der Punktwolke gegeben durch die Anzahl der Punkte. Der Schwerpunkt entspricht dem arithmetischen Mittel der Punkte. Bei geschlossenen Konturen oder Polygonen (Anfangspunkt = Endpunkt) wird der Endpunkt der Kontur oder des Polygons nicht berücksichtigt, da er sonst doppeltes Gewicht erhielte.

`area_center_points_xld` sollte dann verwendet werden, wenn die Kontur `XLD` entweder nicht kreuzungsfrei ist oder nicht kreuzungsfrei durch eine Line vom End- zum Anfangspunkt geschlossen werden kann. In diesem Fall liefert `area_center_xld` keine sinnvollen Ergebnisse. Ob sich die Konturen oder Polygone selbst schneiden, kann leicht mit `test_self_intersection_xld` überprüft werden.

Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln in der gleichen Reihenfolge wie die entsprechenden Konturen bzw. Polygone in `XLD` abgespeichert.

Achtung

Auch wenn sich die Eingabekontur oder das -polygon `XLD` nicht selbst überschneidet unterscheidet sich das Ergebnis von `area_center_points_xld` deutlich von dem Ergebnis, das durch `area_center_xld` erzielt werden würde, da das Ergebnis aus der Punktwolke der Kontur und nicht aus der umschlossenen Region berechnet wird.

Parameter

- ▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Punktwolken als Konturen bzw. Polygone.
- ▷ **Area** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Fläche der Punktwolke.
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenindex des Schwerpunktes.
- ▷ **Column** (output_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenindex des Schwerpunktes.

Komplexität

Sei n die Anzahl der Punkte in der Kontur bzw. dem Polygon. Dann ist die Laufzeit $O(n)$.

Ergebnis

`area_center_points_xld` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`gen_contours_skeleton_xld`, `smooth_contours_xld`, `gen_polygons_xld`

Alternativen

`area_center_xld`

Siehe auch

`moments_points_xld`, `moments_any_points_xld`, `area_center`, `moments_region_2nd`

Modul

Foundation

area_center_xld (XLD : : : Area, Row, Column, PointOrder)

Fläche und Schwerpunkt von Konturen oder Polygonen.

`area_center_xld` berechnet die Fläche und den Schwerpunkt der von den Eingabekonturen oder -polygonen `XLD` eingeschlossenen Flächen sowie den mathematischen Umlaufsinn der entsprechenden Stützpunkte. Die Fläche und der Schwerpunkt wird durch Anwendung des Gaußschen Integralsatzes nur unter Verwendung der Kontur- oder Polygonpunkte berechnet, d.h. es wird keine explizite Fläche zur Berechnung erzeugt. Sind die Punkte einer Kontur bzw. eines Polygons entgegen dem Uhrzeigersinn angeordnet (d.h. im mathematisch positiven Sinn), ist `PointOrder` *'positive'*. Es wird vorausgesetzt, dass die Kontur bzw. das Polygon geschlossen ist. Ist das nicht der Fall, wird sie/es künstlich geschlossen.

Es ist zu beachten, dass `area_center_xld` nur dann sinnvolle Ergebnisse liefert, falls die Kontur oder das Polygon eine Fläche in der Ebene einschließt. Insbesondere darf sich die Kontur oder das Polygon nicht selbst schneiden. Dies ist insbesondere dann zu beachten, wenn offene Konturen und Polygone übergeben werden, da diese automatisch geschlossen werden, was dazu führen kann, dass sich die Kontur oder das Polygon selbst schneidet. Ob sich die Konturen oder Polygone selbst schneiden, kann leicht mit `test_self_intersection_xld` überprüft werden. Falls sich die Kontur oder das Polygon selbst schneidet, kann ein sinnvoller Wert für den Schwerpunkt mit `area_center_points_xld` berechnet werden.

Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln in der Reihenfolge ihrer entsprechenden Konturen bzw. Polygone in `XLD` abgespeichert.

Parameter

- ▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Konturen bzw. Polygone.
- ▷ **Area** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Fläche, die von der Kontur bzw. dem Polygon eingeschlossen wird.
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenindex des Schwerpunktes.
- ▷ **Column** (output_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenindex des Schwerpunktes.
- ▷ **PointOrder** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Mathematischer Umlaufsinn ('positive'/'negative') der Stützpunkte.

Komplexität

Sei n die Anzahl der Punkte in der Kontur bzw. dem Polygon. Dann ist die Laufzeit $O(n)$.

Ergebnis

`area_center_xld` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`gen_contours_skeleton_xld`, `smooth_contours_xld`, `gen_polygons_xld`

Alternativen

`area_center_points_xld`

Siehe auch

`moments_xld`, `moments_any_xld`, `area_center`, `moments_region_2nd`

Modul

Foundation

circularity_xld (XLD : : : Circularity)

Formfaktor für die Kreisförmigkeit von Konturen bzw. Polygonen.

`circularity_xld` berechnet für jede Eingabekontur bzw. jedes Eingabepolygon die Ähnlichkeit mit einem Kreis. Es muss darauf geachtet werden, dass sich die Eingabekonturen bzw. -polygone nicht selbst schneiden, da ansonsten der Ausgabeparameter keinen aussagekräftigen Wert enthält (Ob sich die Eingabekonturen selbst schneiden oder nicht, lässt sich mit `test_self_intersection_xld` überprüfen). Ist eine Eingabekontur oder ein Eingabepolygon nicht geschlossen, so wird sie/es vor der Berechnung automatisch geschlossen.

Berechnung: Sei F die eingeschlossene Fläche der Kontur bzw. des Polygons und max der maximale Abstand vom Schwerpunkt zu allen Kontur- bzw. Polygonpunkten, dann ist der Formfaktor `Circularity` definiert als:

$$\texttt{Circularity} = \frac{F}{(max^2 * \pi)}$$

Der Formfaktor `Circularity` ist bei einem Kreis gleich 1. Wenn die Kontur oder das Polygon langgestreckt ist, ist `Circularity` kleiner als 1. `circularity_xld` spricht besonders auf große Ausbuchtungen an.

Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden ihre Formfaktoren in einem Tupel in der Reihenfolge ihrer entsprechenden Konturen bzw. Polygone in `XLD` abgespeichert.

Parameter

▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Konturen oder Polygone.

▷ **Circularity** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Rundheit der Eingabekonturen bzw. -polygone.
Zusicherung: 0 <= Circularity && Circularity <= 1.0

Ergebnis

`circularity_xld` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabekontur nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabekontur vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`gen_contours_skeleton_xld`, `edges_sub_pix`, `threshold_sub_pix`, `gen_contour_polygon_xld`, `test_self_intersection_xld`

Alternativen

`compactness_xld`, `convexity_xld`, `eccentricity_xld`, `rectangularity_xld`

Siehe auch

`area_center_xld`, `select_shape_xld`

Modul

Foundation

compactness_xld (XLD : : : Compactness)

Formfaktor für die Kompaktheit von Konturen oder Polygonen.

`compactness_xld` berechnet die Kompaktheit für jede Eingabekontur bzw. jedes Eingabepolygon in `XLD`. Es muss darauf geachtet werden, dass sich die Eingabekonturen bzw. -polygone nicht selbst schneiden, da ansonsten der Ausgabeparameter keinen aussagekräftigen Wert enthält (Ob sich die Eingabekonturen bzw. -polygone selbst schneiden oder nicht, lässt sich mit `test_self_intersection_xld` überprüfen). Sind die Eingabekonturen bzw. -polygone nicht geschlossen, so werden sie vor der Berechnung automatisch geschlossen.

Berechnung: Sei L die Länge der Kontur/des Polygons und F die eingeschlossene Fläche, dann ist der Formfaktor `Compactness` definiert als:

$$\texttt{Compactness} = \frac{L^2}{4F\pi}$$

Der Formfaktor `Compactness` ist bei einem Kreis gleich 1. Ist die Kontur bzw. das Polygon langgestreckt, dann ist `Compactness` größer als 1. `compactness_xld` spricht auf den Verlauf der Kontur/des Polygons (Rauigkeit) an. Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden ihre Formfaktoren in einem Tupel in der Reihenfolge ihrer entsprechenden Konturen bzw. Polygone in `XLD` abgespeichert.

Parameter

▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Konturen bzw. Polygone.

▷ **Compactness** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Kompaktheit der Eingabekonturen bzw. Polygone.
Zusicherung: Compactness >= 1.0 || Compactness == 0

Ergebnis

`compactness_xld` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabekontur vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`gen_contours_skeleton_xld`, `edges_sub_pix`, `threshold_sub_pix`, `gen_contour_polygon_xld`, `test_self_intersection_xld`

Alternativen

`circularity_xld`, `convexity_xld`, `eccentricity_xld`, `rectangularity_xld`

Siehe auch

`area_center_xld`, `select_shape_xld`

Modul

Foundation

contour_point_num_xld (Contour : : : Length)

Ausgeben der Anzahl von Stützpunkten einer XLD-Kontur.

Mit `contour_point_num_xld` wird in `Length` die Länge der Kontur `Contour`, d.h. die Anzahl der Konturpunkte, ausgegeben.

Parameter

▷ **Contour** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
Eingabe-XLD-Kontur.

▷ **Length** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Anzahl der Stützpunkte.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_contours_skeleton_xld`, `lines_gauss`, `lines_facet`, `edges_sub_pix`

Nachfolger

`get_contour_xld`, `get_contour_attrib_xld`

Alternativen

`get_regress_params_xld`

Siehe auch

`query_contour_attribs_xld`

Modul

Foundation

convexity_xld (XLD : : : Convexity)

Formfaktor für die Konvexität von Konturen oder Polygonen.

convexity_xld berechnet für jede Eingabekontur bzw. jedes Eingabepolygon die Konvexität. Es muss darauf geachtet werden, dass sich die Eingabekonturen bzw. Eingabepolygone nicht selbst schneiden, da ansonsten die Ausgabeparameter keinen aussagekräftigen Wert enthalten (Ob sich die Eingabekonturen bzw. Eingabepolygone selbst schneiden oder nicht, lässt sich mit test_self_intersection_xld überprüfen). Sind die Eingabekonturen bzw. Eingabepolygone nicht geschlossen, so werden sie vor der Berechnung automatisch geschlossen.

Berechnung: Sei F_c die Fläche der konvexen Hülle und F_o die eingeschlossene Originalfläche der Kontur bzw. des Polygons, dann ist der Formfaktor Convexity definiert als:

$$\texttt{Convexity} = \frac{F_o}{F_c}$$

Der Formfaktor Convexity ist gleich 1, wenn die Kontur bzw. das Polygon konvex ist (z.B. Rechteck, Kreis etc.). Sind Einbuchtungen vorhanden, dann ist Convexity kleiner als 1.

Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden die Zahlenwerte des Formfaktors in einem Tupel in der Reihenfolge der entsprechenden Konturen bzw. Polygone in XLD abgespeichert.

Parameter

▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Konturen oder Polygone.

▷ **Convexity** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Konvexität der Eingabekonturen bzw. -polygone.
Zusicherung: Convexity <= 1

Ergebnis

convexity_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabekontur vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, edges_sub_pix, threshold_sub_pix, gen_contour_polygon_xld, test_self_intersection_xld

Siehe auch

area_center_xld, select_shape_xld, shape_trans_xld

Modul

Foundation

diameter_xld (XLD : : : Row1, Column1, Row2, Column2, Diameter)

Maximaler Abstand zweier Punkte von Konturen oder Polygonen.

diameter_xld berechnet den maximalen Abstand zweier Punkte für jede Eingabekontur bzw. für jedes Eingabepolygon. Es werden die Koordinaten der beiden Extrempunkte und der Abstand zwischen diesen Punkten zurückgegeben. Es muss darauf geachtet werden, dass sich die Eingabekontur bzw. das Eingabepolygon nicht selbst schneidet, da ansonsten die Ausgabeparameter keine aussagekräftigen Werte enthalten (Ob sich die Eingabekontur bzw. das Eingabepolygon selbst schneidet oder nicht, lässt sich mit test_self_intersection_xld überprüfen). Ist die Eingabekontur bzw. das Eingabepolygon nicht geschlossen, so wird sie vor der Berechnung automatisch geschlossen.

Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln in der Reihenfolge ihrer entsprechenden Konturen bzw. Polygone in XLD abgespeichert.

Achtung

Bei leerer Kontur bzw. leerem Polygon kann das Ergebnis von Row1, Column1, Row2 und Column2 (alle sind 0) zu Konfusionen führen.

Parameter

- ▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Konturen bzw. Polygone.
- ▷ **Row1** (output_control) ..... line.begin.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des ersten Extrempunktes der Konturen bzw. Polygone.
- ▷ **Column1** (output_control) ..... line.begin.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des ersten Extrempunktes der Konturen bzw. Polygone.
- ▷ **Row2** (output_control) ..... line.end.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des zweiten Extrempunktes der Konturen bzw. Polygone.
- ▷ **Column2** (output_control) ..... line.end.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des zweiten Extrempunktes der Konturen bzw. Polygone.
- ▷ **Diameter** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
  Abstand der beiden Extrempunkte der Konturen oder Polygone.

Ergebnis

diameter_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabekontur vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, edges_sub_pix, threshold_sub_pix, gen_contour_polygon_xld, test_self_intersection_xld

Alternativen

smallest_rectangle2_xld

Siehe auch

area_center_xld

Modul

Foundation

dist_ellipse_contour_points_xld (Contour : : DistanceMode, ClippingEndPoints, Row, Column, Phi, Radius1, Radius2 : Distances)

Berechnen der Abstände von allen Punkten einer Kontur zu einer Ellipse.

Der operator dist_ellipse_contour_points_xld bestimmt die Abstände zwischen Punkten einer Kontur Contour und einer Ellipse, welche durch ihren Mittelpunkt (Row, Column), die Orientierung Phi der großen Achse und den Länge der großen und kleinen Achse Radius1 beziehungsweise Radius2 definiert ist.

Das Distanzmaß ist der geometrische Abstand, welcher manchmal auch orthogonaler Abstand genannt wird. Die Abstände Distances werden für alle Punkte auf der Kontur berechnet. Normalerweise ist der Abstand ein positiver Wert; dann ist die Option DistanceMode gleich *'unsigned'* zu wählen. Wird dagegen die Option *'signed'* gewählt, so weisen die Abständen positives oder negatives Vorzeichen auf, je nachdem ob sie außerhalb oder innerhalb der Ellipse liegen.

Je nach Vorverarbeitung sind die Start- und Endpunkte einer Kontur nicht exakt bekannt. Dann wird der Operator fit_ellipse_contour_xld typischerweise mit einem Wert größer null für den Parameter

ClippingEndPoints aufgerufen, um eine bestimmte Anzahl an Punkten an beiden Enden der Kontur für die Berechnung auszuschließen. Damit der geometrische Abstand für dieselben Konturpunkte wie in dem Ellipsen-Fitting-Prozess berechnet werden kann, ist für den Parameter ClippingEndPoints auch derselbe Wert zu wählen.

Parameter

- ▷ **Contour** (input_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
  Eingabekonturen.
- ▷ **DistanceMode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Modus für Distanzwerte mit oder ohne Vorzeichen.
  Default: 'unsigned'
  Werteliste: DistanceMode ∈ {'unsigned', 'signed'}
- ▷ **ClippingEndPoints** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Konturpunkte am Anfang und Ende der Kontur, die für die Abstandsberechnung ignoriert werden sollen.
  Default: 0
  Restriktion: ClippingEndPoints >= 0
- ▷ **Row** (input_control) ..... ellipse.center.y ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Mittelpunktes der Ellipse.
- ▷ **Column** (input_control) ..... ellipse.center.x ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Mittelpunktes der Ellipse.
- ▷ **Phi** (input_control) ..... ellipse.angle.rad ⇝ *real*
  Orientierung der Hauptachse im Bogenmaß.
  Restriktion: Phi >= 0 && Phi <= 6.283185307
- ▷ **Radius1** (input_control) ..... ellipse.radius1 ⇝ *real*
  Länge der großen Halbachse.
  Restriktion: Radius1 > 0
- ▷ **Radius2** (input_control) ..... ellipse.radius2 ⇝ *real*
  Länge der kleinen Halbachse.
  Restriktion: Radius2 >= 0 && Radius2 <= Radius1
- ▷ **Distances** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Abstände der Konturpunkte zur Ellipse.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dist_ellipse_contour_points_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

fit_ellipse_contour_xld

Alternativen

dist_ellipse_contour_xld

Modul

Foundation

```
dist_ellipse_contour_xld ( Contours : : Mode, MaxNumPoints,
    ClippingEndPoints, Row, Column, Phi, Radius1, Radius2 : MinDist,
    MaxDist, AvgDist, SigmaDist )
```

Berechnen des Abstands von Konturen zu einer Ellipse.

dist_ellipse_contour_xld berechnet den Abstand der Konturen in Contours zu einer Ellipse, die durch ihren Mittelpunkt (Row, Column), die Orientierung ihrer Hauptachse Phi und die Länge der großen Radius1

bzw. kleinen Halbachse Radius2 beschrieben wird. Zur Bestimmung des Abstandes eines Konturpunktes $X = (x_i, y_i)$ zur Ellipse stehen dabei folgende Verfahren, selektierbar über Mode zur Verfügung:

'geometric' Als Abstandsmaß wird die geometrische Distanz der Konturpunkte zur Ellipse verwendet. Dieses Abstandsmaß wird auch orthogonaler oder euklidischer Abstand genannt.

'algebraic' Als Abstandsmaß wird die algebraische Distanz
$ax_i^2 + bx_iy_i + cy_i^2 + dx_i + ey_i + f$ verwendet, wobei die Ellipsenparameter a - f so normiert werden, dass der Mittelpunkt der Ellipse als Abstandswert die Länge der kleineren Halbachse Radius2 erhält. Das Maß ist mit einem *high curvature bias* behaftet: In der Nähe von Ellipsenpunkten mit hoher Krümmung (insbesondere die Pole auf der Hauptachse) ist der Abstand kleiner als in der Nähe von Ellipsenpunkten mit geringer Krümmung (etwa die Pole auf der Nebenachse).

'focpoints' Als Abstandsmaß wird die Abweichung $XF_1 + XF_2 - 2a$ verwendet, wobei F_1,F_2 die beiden Brennpunkte der Ellipse bezeichnen und a für die Länge der großen Halbachse Radius1 steht. Das Maß ist mit einem *low curvature bias* behaftet: In der Nähe von Ellipsenpunkten mit hoher Krümmung (insbesondere die Pole auf der Hauptachse) ist der Abstand größer als in der Nähe von Ellipsenpunkten mit geringer Krümmung (etwa die Pole auf der Nebenachse).

'bisec' Als Abstandsmaß wird die Entfernung des Konturpunkts vom Schnittpunkt der Winkelhalbierenden der beiden Geraden durch X und die beiden Brennpunkte mit der Ellipse verwendet. Dies ist eine gute Näherung an den Orthogonalabstand des Konturpunktes von der Ellipse. Die Genauigkeit der Näherung hängt sowohl vom Seitenverhältnis der Ellipse als auch von der Entfernung ab.

Zurückgegeben werden dann folgende statistische Werte über den Absolutbeträgen der einzelnen Abstände: Der minimale MinDist und maximale Abstand MaxDist, der mittlere Abstand AvgDist und die Standardabweichung des Abstandes SigmaDist.

Zur Reduktion des Aufwands lässt sich die Berechnung auf eine Teilmenge der Konturpunkte einschränken: Wird für MaxNumPoints eine Zahl ungleich -1 übergeben, werden nur maximal MaxNumPoints gleichmäßig über die Kontur verteilte Punkte verwendet. Da die Start- und Endpunkte einer Kontur je nach Vorverarbeitung nicht exakt bekannt sein können, besteht die Möglichkeit, ClippingEndPoints Punkte am Anfang und Ende der Kontur von der Abstandsberechnung auszuschließen.

Parameter

▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
Eingabekonturen.

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Methode zur Abstandsbestimmung.
Default: 'geometric'
Werteliste: Mode ∈ {'geometric', 'algebraic', 'focpoints', 'bisec'}

▷ **MaxNumPoints** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Maximale Anzahl Konturpunkte für Berechnung (-1 für alle Punkte).
Default: -1
Restriktion: MaxNumPoints >= 3

▷ **ClippingEndPoints** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Konturpunkte am Anfang und Ende der Kontur, die für die Abstandsberechnung ignoriert werden sollen.
Default: 0
Restriktion: ClippingEndPoints >= 0

▷ **Row** (input_control) ..... ellipse.center.y ⇝ *real*
Zeilenkoordinate des Mittelpunktes der Ellipse.

▷ **Column** (input_control) ..... ellipse.center.x ⇝ *real*
Spaltenkoordinate des Mittelpunktes der Ellipse.

▷ **Phi** (input_control) ..... ellipse.angle.rad ⇝ *real*
Orientierung der Hauptachse im Bogenmaß.
Restriktion: Phi >= 0 && Phi <= 6.283185307

▷ **Radius1** (input_control) ..... ellipse.radius1 ⇝ *real*
Länge der großen Halbachse.
Restriktion: Radius1 > 0

▷ **Radius2** (input_control) . . . . . ellipse.radius2 ⇝ *real*
Länge der kleinen Halbachse.
Restriktion: Radius2 >= 0 && Radius2 <= Radius1

▷ **MinDist** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Minimaler Abstand.

▷ **MaxDist** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Maximaler Abstand.

▷ **AvgDist** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Mittlerer Abstand.

▷ **SigmaDist** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Standardabweichung des Abstands.

Beispiel

```
read_image (Image, 'caltab')
find_caltab (Image, CalPlate, 'caltab_big.descr', 3, 112, 5)
reduce_domain (Image, CalPlate, ImageReduced)
edges_sub_pix (ImageReduced, Edges, 'lanser2', 0.5, 20, 40)
select_contours_xld (Edges, EdgesClosed, 'closed', 0, 2.0, 0, 0)
select_contours_xld (EdgesClosed, EdgesMarks, 'contour_length', 20, 100, \
                     0, 0)
fit_ellipse_contour_xld (EdgesMarks, 'fitzgibbon', -1, 2, 0, 200, 3, 2.0, \
                         Row, Column, Phi, Radius1, Radius2, StartPhi, \
                         EndPhi, PointOrder)
for i := 0 to |Row|-1 by 1
    select_obj (EdgesMarks, ObjectSelected, i+1)
    dist_ellipse_contour_xld (ObjectSelected, 'bisec', -1, 0, Row[i], \
                              Column[i], Phi[i], Radius1[i], Radius2[i], \
                              MinDist, MaxDist, AvgDist, SigmaDist)
endfor
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert `dist_ellipse_contour_xld` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`fit_ellipse_contour_xld`

Alternativen

`dist_ellipse_contour_points_xld`

Modul

Foundation

dist_rectangle2_contour_points_xld (Contour : : ClippingEndPoints, Row, Column, Phi, Length1, Length2 : Distances)

Berechnen der Abstände von allen Punkten einer Kontur zu einem Rechteck.

`dist_rectangle2_contour_points_xld` bestimmt die euklidischen Abstände zwischen den Punkten einer Kontur `Contour` und einem Rechteck beliebiger Orientierung, das durch den Mittelpunkt (`Row`, `Column`), die Orientierung `Phi` und halben Kantenlängen `Length1` und `Length2` definiert ist. Der Winkel `Phi` wird im

Bogenmaß spezifiziert und gibt den Winkel der horizontalen Achse und der Kante mit der halben Länge Length1 im mathematisch positiven Sinn (gegen den Uhrzeigersinn) an.

Je nach Vorverarbeitung lassen sich die Start- und Endpunkte einer Kontur nicht exakt bestimmen. Dann wird der Operator fit_rectangle2_contour_xld typischerweise mit einem Wert größer null für den Parameter ClippingEndPoints aufgerufen, um eine bestimmte Anzahl an Punkten an beiden Enden der Kontur für die Berechnung auszuschließen. Damit der Abstand für dieselben Konturpunkte wie in der Rechtecksanpassung berechnet werden kann, ist für den Parameter ClippingEndPoints derselbe Wert wie bei fit_rectangle2_contour_xld zu wählen.

Parameter

- ▷ **Contour** (input_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
  Eingabekontur.
- ▷ **ClippingEndPoints** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Konturpunkte am Anfang und Ende der Kontur, die für die Abstandsberechnung ignoriert werden sollen.
  Default: 0
  Wertevorschläge: ClippingEndPoints ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}
  Restriktion: ClippingEndPoints >= 0
- ▷ **Row** (input_control) ..... rectangle2.center.y ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Mittelpunktes des Rechtecks.
- ▷ **Column** (input_control) ..... rectangle2.center.x ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Mittelpunktes des Rechtecks.
- ▷ **Phi** (input_control) ..... rectangle2.angle.rad ⇝ *real*
  Orientierung der Hauptachse des Rechtecks in Bogenmaß.
- ▷ **Length1** (input_control) ..... rectangle2.hwidth ⇝ *real*
  Erster Halbmesser (halbe Länge) des Rechtecks.
  Restriktion: Length1 > 0
- ▷ **Length2** (input_control) ..... rectangle2.hheight ⇝ *real*
  Zweiter Halbmesser (halbe Breite) des Rechtecks.
  Restriktion: Length2 >= 0
- ▷ **Distances** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Abstände der Konturpunkte zum Rechteck.

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert dist_rectangle2_contour_points_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

fit_rectangle2_contour_xld

Modul

Foundation

eccentricity_points_xld (XLD : : : Anisometry)

Anisometrie von Konturen oder Polygonen, die wie Punktwolken behandelt werden.

eccentricity_points_xld berechnet das Formmerkmal Anisometry, das aus den geometrischen Momenten abgeleitet wird. Im Gegensatz zu eccentricity_xld werden nur die Eigenschaften der Konturpunkte, nicht die der durch die Kontur eingeschlossenen Fläche berechnet. Die Reihenfolge der Kontur- oder Polygonpunkte wird nicht berücksichtigt. Bei geschlossenen Konturen oder Polygonen (Anfangspunkt = Endpunkt) wird der Endpunkt der Kontur oder des Polygons nicht berücksichtigt, da er sonst doppeltes Gewicht erhielte.

Ist die Kontur XLD nicht kreuzungsfrei oder kann sie nicht kreuzungsfrei durch eine Line vom End- zum Anfangspunkt geschlossen werden, liefert eccentricity_points_xld immer noch sinnvolle Ergebnisse und ist in diesem Fall eccentricity_xld vorzuziehen. Ob sich die Konturen oder Polygone selbst schneiden, kann leicht mit test_self_intersection_xld überprüft werden.

Berechnung: Seien die Ellipsenradien Ra, Rb (siehe elliptic_axis_points_xld) gegeben, dann gilt:

$$\texttt{Anisometry} = \frac{Ra}{Rb}$$

Die Anisometrie eines Kreises ist 1.0.

Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden die Ergebnisse für die Anisometrie in einem Tupel in der Reihenfolge ihrer entsprechenden Konturen bzw. Polygone in XLD abgespeichert.

Parameter

▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Konturen bzw. Polygone.

▷ **Anisometry** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Anisometrie der Konturen bzw. Polygone.
Zusicherung: Anisometry >= 1.0

Ergebnis

eccentricity_points_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabekontur vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, edges_sub_pix, threshold_sub_pix, gen_contour_polygon_xld, test_self_intersection_xld

Alternativen

eccentricity_xld

Siehe auch

elliptic_axis_points_xld, moments_region_2nd, select_shape_xld

Modul

Foundation

eccentricity_xld (XLD : : : Anisometry, Bulkiness, StructureFactor)

Aus den Ellipsenparametern abgeleitete Formmerkmale von Konturen bzw. Polygonen.

eccentricity_xld berechnet die drei Formmerkmale Anisometry, Bulkiness und StructureFactor, die aus den geometrischen Momenten hergeleitet sind, für jede Eingabekontur bzw. jedes Eingabepolyon. Ist die Eingabekontur oder das Eingabepolygon nicht geschlossen, so wird sie/es vor der Berechnung automatisch geschlossen.

Berechnung: Seien die Ellipsenradien Ra, Rb (siehe elliptic_axis_xld) und die eingeschlossene Fläche F der Kontur bzw. des Polygons gegeben, dann gilt:

$$\begin{aligned} \texttt{Anisometry} &= \frac{Ra}{Rb} \\ \texttt{Bulkiness} &= \frac{\pi \cdot Ra \cdot Rb}{F} \\ \texttt{StructureFactor} &= \texttt{Anisometry} \cdot \texttt{Bulkiness} - 1 \end{aligned}$$

Die Anisometrie eines Kreises ist 1.0.

Es ist zu beachten, dass eccentricity_xld nur dann sinnvolle Ergebnisse liefert, falls die Kontur oder das Polygon eine Fläche in der Ebene einschließt. Insbesondere darf sich die Kontur oder das Polygon nicht selbst schneiden. Dies ist insbesondere dann zu beachten, wenn offene Konturen und Polygone übergeben werden, da diese automatisch geschlossen werden, was dazu führen kann, dass sich die Kontur oder das Polygon selbst schneidet. Ob sich die Konturen oder Polygone selbst schneiden, kann leicht mit test_self_intersection_xld überprüft werden. Falls sich die Kontur oder das Polygon selbst schneidet, kann ein sinnvoller Wert für die Anisometrie mit eccentricity_points_xld berechnet werden.

Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln in der Reihenfolge ihrer entsprechenden Konturen bzw. Polygone in XLD abgespeichert.

Parameter

- ▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Konturen bzw. Polygone.
- ▷ **Anisometry** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Anisometrie der Konturen bzw. Polygone.
  Zusicherung: Anisometry >= 1.0
- ▷ **Bulkiness** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Sperrigkeit der Konturen bzw. Polygone.
- ▷ **StructureFactor** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Strukturfaktor der Konturen bzw. Polygone.

Ergebnis

eccentricity_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabekontur vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, edges_sub_pix, threshold_sub_pix, gen_contour_polygon_xld, test_self_intersection_xld

Alternativen

eccentricity_points_xld

Siehe auch

elliptic_axis_xld, moments_region_2nd, select_shape_xld, area_center_xld

Modul

Foundation

elliptic_axis_points_xld (XLD : : : Ra, Rb, Phi)

Parameter der äquivalenten Ellipse von Konturen oder Polygonen, die wie Punktwolken behandelt werden.

elliptic_axis_points_xld berechnet die Radien (Ra, Rb) und die Orientierungen (Phi, im Bogenmaß) der Ellipsen, die die gleiche Orientierung und das gleiche Seitenverhältnis wie die von den Eingabekonturen oder -polygonen definierten Punktwolken haben. (d.h. die Reihenfolge der Kontur- oder Polygonpunkte wird nicht berücksichtigt). Bei geschlossenen Konturen oder Polygonen (Anfangspunkt = Endpunkt) wird der Endpunkt der Kontur oder des Polygons nicht berücksichtigt, da er sonst doppeltes Gewicht erhielte.

Berechnung: Seien die Momente M_{20}, M_{02} und M_{11} normiert auf die Fläche gegeben (siehe moments_points_xld),dann berechnen sich die Länge der Hauptachse Ra und die Länge der Nebenachse Rb zu:

$$\texttt{Ra} = \frac{\sqrt{8(M_{20}+M_{02}+\sqrt{(M_{20}-M_{02})^2+4M_{11}^2})}}{2}$$
$$\texttt{Rb} = \frac{\sqrt{8(M_{20}+M_{02}-\sqrt{(M_{20}-M_{02})^2+4M_{11}^2})}}{2}$$

Die Orientierung Phi, also der Winkel zwischen der Hauptachse und der x- bzw. Spaltenachse, ist definiert durch:

$$\texttt{Phi} = -0.5 \operatorname{atan2}(2M_{11}, M_{02}-M_{20})$$

elliptic_axis_points_xld sollte dann verwendet werden, wenn die Kontur XLD entweder nicht kreuzungsfrei ist oder nicht kreuzungsfrei durch eine Line vom End- zum Anfangspunkt geschlossen werden kann. In diesem Fall liefert elliptic_axis_xld keine sinnvollen Ergebnisse. Ob sich die Konturen oder Polygone selbst schneiden, kann leicht mit test_self_intersection_xld überprüft werden.

Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln in der gleichen Reihenfolge wie die entsprechenden Konturen bzw. Polygone in XLD abgespeichert.

Parameter

- ▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Konturen bzw. Polygone.
- ▷ **Ra** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Hauptradius.
  Zusicherung: Ra >= 0.0
- ▷ **Rb** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Nebenradius.
  Zusicherung: Rb >= 0.0 && Rb <= Ra
- ▷ **Phi** (output_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Winkel zwischen Hauptachse und Spalten-Achse (Bogenmaß).
  Zusicherung: - pi / 2 < Phi && Phi <= pi / 2

Komplexität

Sei n die Anzahl der Punkte in der Kontur bzw. dem Polygon. Dann ist die Laufzeit $O(n)$.

Ergebnis

elliptic_axis_points_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, edges_sub_pix, threshold_sub_pix, gen_contour_polygon_xld, test_self_intersection_xld

Nachfolger

area_center_points_xld, gen_ellipse_contour_xld

Alternativen

elliptic_axis_xld, smallest_rectangle2

Siehe auch

moments_xld, smallest_circle_xld, smallest_rectangle1_xld, smallest_rectangle2_xld, shape_trans_xld

Literatur

R. Haralick, L. Shapiro „Computer and Robot Vision“ Addison-Wesley, 1992, pp. 73-75

Modul

Foundation

elliptic_axis_xld (XLD : : : Ra, Rb, Phi)

Parameter der äquivalenten Ellipse von Konturen oder Polygonen.

elliptic_axis_xld berechnet die Radien und die Orientierungen der Ellipsen, die die gleiche Orientierung und das gleiche Seitenverhältnis wie die jeweiligen Eingabekonturen bzw. Eingabepolygone haben. Es wird die Länge der Hauptachse Ra und der Nebenachse Rb sowie die Orientierung der Hauptachse bezüglich der Horizontalen (Phi) bestimmt. Der Winkel wird dabei im Bogenmaß angegeben. Es wird vorausgesetzt, dass die Konturen bzw. die Polygone geschlossen sind. Ist das nicht der Fall, werden sie künstlich geschlossen.

Berechnung: Seien die Momente M_{20}, M_{02} und M_{11} normiert auf die Fläche gegeben (siehe moments_xld), dann berechnen sich die Radien Ra und Rb zu:

$$\mathtt{Ra} = \frac{\sqrt{8(M_{20}+M_{02}+\sqrt{(M_{20}-M_{02})^2+4M_{11}^2})}}{2}$$
$$\mathtt{Rb} = \frac{\sqrt{8(M_{20}+M_{02}-\sqrt{(M_{20}-M_{02})^2+4M_{11}^2})}}{2}$$

Die Orientierung Phi ist definiert durch:

$$\mathtt{Phi} = -0.5\text{atan2}(2M_{11}, M_{02}-M_{20})$$

Es ist zu beachten, dass elliptic_axis_xld nur dann sinnvolle Ergebnisse liefert, falls die Kontur oder das Polygon eine Fläche in der Ebene einschließt. Insbesondere darf sich die Kontur oder das Polygon nicht selbst schneiden. Dies ist insbesondere dann zu beachten, wenn offene Konturen und Polygone übergeben werden, da diese automatisch geschlossen werden, was dazu führen kann, dass sich die Kontur oder das Polygon selbst schneidet. Ob sich die Konturen oder Polygone selbst schneiden, kann leicht mit test_self_intersection_xld überprüft werden. Falls sich die Kontur oder das Polygon selbst schneidet, können sinnvolle Werte für die Ellipsenparameter mit elliptic_axis_points_xld berechnet werden.

Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln in der Reihenfolge ihrer entsprechenden Konturen bzw. Polygone in XLD abgespeichert.

Parameter

- ▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Konturen oder Polygone.
- ▷ **Ra** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Hauptradius.
  Zusicherung: Ra >= 0.0
- ▷ **Rb** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Nebenradius.
  Zusicherung: Rb >= 0.0 && Rb <= Ra
- ▷ **Phi** (output_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Winkel zwischen Hauptachse und x-Achse (Bogenmaß).
  Zusicherung: - pi / 2 < Phi && Phi <= pi / 2

Komplexität

Sei N die Anzahl der Punkte in der Kontur bzw. im Polygon, dann beträgt die Laufzeitkomplexität $O(N)$.

Ergebnis

elliptic_axis_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, edges_sub_pix, threshold_sub_pix, gen_contour_polygon_xld, test_self_intersection_xld

Nachfolger

area_center_xld, gen_ellipse_contour_xld

Alternativen

elliptic_axis_points_xld, smallest_rectangle2

Siehe auch

moments_xld, smallest_circle_xld, smallest_rectangle1_xld, smallest_rectangle2_xld, shape_trans_xld

Literatur

R. Haralick, L. Shapiro „Computer and Robot Vision“ Addison-Wesley, 1992, pp. 73-75

Modul

Foundation

fit_circle_contour_xld (Contours : : Algorithm, MaxNumPoints, MaxClosureDist, ClippingEndPoints, Iterations, ClippingFactor : Row, Column, Radius, StartPhi, EndPhi, PointOrder)

Approximieren von bogenförmigen XLD-Konturen durch Kreise.

fit_circle_contour_xld approximiert die XLD-Konturen Contours durch Kreise. Eine Segmentierung der Eingabekonturen erfolgt dabei nicht. Es muss also sichergestellt sein, dass jede Kontur in Contours genau einem Kreis entspricht. Zurückgegeben wird der Mittelpunkt (Row, Column) und der Radius Radius.

Das gewünschte Approximationsverfahren wird über den Parameter Algorithm ausgewählt:

'algebraic' Minimiert wird der algebraische Abstand zwischen den Konturpunkten und dem gesuchten Kreis.

'ahuber' Wie *'algebraic'*. Es wird jedoch eine Gewichtung der Konturpunkte vorgenommen, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Huber gedämpft werden (siehe unten).

'atukey' Wie *'algebraic'*. Es wird jedoch eine Gewichtung der Konturpunkte vorgenommen, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Tukey ignoriert werden (siehe unten).

'geometric' Minimiert wird der geometrische Anstand von Konturpunkten und dem gesuchten Kreis. Dieses Fehlermaß ist in einem statistischen Sinne optimal, braucht aber auch eine längere Rechenzeit. Besonders bei merklich verrauschten Konturpunkten ist die Wahl dieser Option zu empfehlen.

'geohuber' Wie *'geometric'*. Es wird jedoch eine Gewichtung der Konturpunkte vorgenommen, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Huber gedämpft werden (siehe unten).

'geotukey' Wie *'geometric'*. Es wird jedoch eine Gewichtung der Konturpunkte vorgenommen, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Tukey ignoriert werden (siehe unten).

In den Modi '*huber' und '*tukey' wird eine robuste Fehlerstatistik verwendet, um die Standardabweichung der Abstände der Konturpunkte (ohne Ausreißer) von dem approximierenden Kreis zu ermitteln. Der Parameter ClippingFactor (ein Skalierungsfaktor für diese Standardabweichung) steuert in diesen Modi den Grad der Ausreißerdämpfung: Je kleiner der Wert gewählt wird, desto mehr Punkte werden als Ausreißer behandelt. Jeder Konturpunkt fließt individuell gewichtet in die Berechnung der Kreisparameter mit ein. Ausreißer werden nach dem Ansatz von Tukey komplett eliminiert, während bei dem Verfahren nach Huber diese noch gering, i.e., linear, gewichtet werden. Ohne robuste Gewichtung geht der Abstand quadratisch in die Optimierung mit ein. In der Praxis ist der Ansatz nach Tukey zu empfehlen.

Der Parameter Iterations enthält die Anzahl durchzuführender Iterationen für die Algorithmen *'algebraic'*, *'ahuber'* und *'atukey'*. Für die Algorithmen *'geometric'*, *'geohuber'* und *'geotukey'* wird dieser Parameter ignoriert. Wird Iterations auf null gesetzt, so versucht der Algorithmus nicht, den gefitteteten Kreis iterativ zu verbessern. Er überprüft lediglich, ob der erste Fit bereits ausreichend approximiert, abhängig von der gewählten Behandlung der Ausreißer.

Zur Reduktion des Aufwands lässt sich die Berechnung auf eine Teilmenge der Konturpunkte einschränken: Wird für `MaxNumPoints` eine Zahl ungleich *-1* übergeben, werden nur maximal `MaxNumPoints` gleichmäßig über die Kontur verteilte Punkte verwendet.

Für Kreisbögen, also offene Konturen, werden die Anfangs- und Endpunkte bestimmt, indem zu den Anfangs- und Endpunkten der Eingabekonturen die nächstgelegenen Kreispunkte ermittelt werden. Zurückgegeben werden dann in `StartPhi` und `EndPhi` die korrespondierenden Winkel dieser Punkte bezogen auf die Horizontale, vgl. `gen_ellipse_contour_xld`. Konturen, deren Anfangs- und Endpunkte weniger als `MaxClosureDist` voneinander entfernt sind, werden als geschlossen betrachtet und entsprechend durch einen Kreis (anstelle eines Kreisbogens) approximiert. Da die Start- und Endpunkte einer Kontur je nach Vorverarbeitung nicht exakt bekannt sein können, besteht die Möglichkeit, `ClippingEndPoints` Punkte am Anfang und Ende der Kontur von der Kreisanpassung auszuschließen. Sie werden jedoch weiterhin für die Bestimmung der Anfangs- und Endwinkel verwendet.

Die notwendige, minimale Anzahl an Konturpunkten zur Anpassung eines Kreises ist drei. Es wird daher vorausgesetzt, dass die Konturen mindestens $3 + 2 \cdot$ `ClippingEndPoints` Punkte enthalten.

Parameter

- ▷ **`Contours`** (input_object) . . . . . xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Eingabekonturen.
- ▷ **`Algorithm`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Algorithmus zur Kreisanpassung.
  Default: 'algebraic'
  Werteliste: `Algorithm` ∈ {'algebraic', 'ahuber', 'atukey', 'geometric', 'geohuber', 'geotukey'}
- ▷ **`MaxNumPoints`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Maximale Anzahl Konturpunkte zur Kreisanpassung (-1 für alle Punkte).
  Default: -1
  Restriktion: MaxNumPoints >= 3
- ▷ **`MaxClosureDist`** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Maximaler Abstand zweier Konturendpunkte, so dass die Kontur noch als geschlossene Kontur akzeptiert wird.
  Default: 0.0
  Restriktion: MaxClosureDist >= 0.0
- ▷ **`ClippingEndPoints`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Konturpunkte am Anfang und Ende der Kontur, die für die Kreisanpassung ignoriert werden sollen.
  Default: 0
  Restriktion: ClippingEndPoints >= 0
- ▷ **`Iterations`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
  Maximale Anzahl von Iterationen bei der gewichteten Optimierung.
  Default: 3
  Restriktion: Iterations >= 0
- ▷ **`ClippingFactor`** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Clipping Faktor für die Ausreißerdämpfung (typisch: 1.0 bei Huber und 2.0 bei Tukey).
  Default: 2.0
  Wertevorschläge: `ClippingFactor` ∈ {1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0}
  Restriktion: ClippingFactor > 0
- ▷ **`Row`** (output_control) . . . . . circle.center.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Mittelpunktes des Kreises.
- ▷ **`Column`** (output_control) . . . . . circle.center.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Mittelpunktes des Kreises.
- ▷ **`Radius`** (output_control) . . . . . circle.radius(-array) ⇝ *real*
  Radius des Kreises.
- ▷ **`StartPhi`** (output_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Winkel des Startpunktes [rad].
- ▷ **`EndPhi`** (output_control) . . . . . angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Winkel des Endpunktes [rad].
- ▷ **`PointOrder`** (output_control) . . . . . string(-array) ⇝ *string*
  Mathematischer Umlaufsinn.
  Werteliste: `PointOrder` ∈ {'positive', 'negative'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und konnte eine Kreisanpassung durchgeführt werden, liefert `fit_circle_contour_xld` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wenn der Parameter `ClippingFactor` so klein gewählt worden ist, dass alle Punkte als Ausreißer klassifiziert werden, wird die Fehlermeldung 3264 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_contours_skeleton_xld`, `lines_gauss`, `lines_facet`, `edges_sub_pix`, `smooth_contours_xld`

Nachfolger

`gen_ellipse_contour_xld`, `disp_circle`, `get_points_ellipse`

Siehe auch

`fit_ellipse_contour_xld`, `fit_line_contour_xld`, `fit_rectangle2_contour_xld`

Modul

Foundation

`fit_ellipse_contour_xld` `( Contours : : Algorithm, MaxNumPoints, MaxClosureDist, ClippingEndPoints, VossTabSize, Iterations, ClippingFactor : Row, Column, Phi, Radius1, Radius2, StartPhi, EndPhi, PointOrder )`

Approximieren von bogenförmigen XLD-Konturen durch Ellipsen.

`fit_ellipse_contour_xld` approximiert die XLD-Konturen `Contours` durch Ellipsenbögen bzw. geschlossene Ellipsen. Eine Segmentierung der Eingabekonturen erfolgt dabei nicht. Es muss also sichergestellt sein, dass jede Kontur in `Contours` genau einem Ellipsenbogen entspricht. Zurückgegeben wird der Mittelpunkt (`Row`, `Column`), die Orientierung der Hauptachse `Phi` und die Länge der großen `Radius1` bzw. der kleinen Halbachse `Radius2` jeder Ellipse. Ellipsenbögen werden zusätzlich durch den Anfangs- und Endwinkel `StartPhi` und `EndPhi` des Start- bzw. Endpunktes, sowie den zugehörigen Umlaufsinn `PointOrder` charakterisiert. Bei geschlossenen Ellipsen werden die entsprechenden Ausgabeparameter mit 0, 2π und 'positive' besetzt.

Das gewünschte Approximationsverfahren wird über den Parameter `Algorithm` ausgewählt:

'fitzgibbon' Minimiert wird der algebraische Abstand $ax_i^2 + bx_iy_i + cy_i^2 + dx_i + ey_i + f$ zwischen den Konturpunkten (x_i, y_i) und der gesuchten Ellipse. Durch die Nebenbedingung $4ac - b^2 = 1$ wird dabei sichergestellt, dass eine Ellipse (und nicht etwa eine Hyperbel oder Parabel) angepasst wird.

'fhuber' Wie *'fitzgibbon'*. Es wird jedoch eine Gewichtung der Konturpunkte vorgenommen, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Huber gedämpft werden (siehe unten).

'ftukey' Wie *'fitzgibbon'*. Es wird jedoch eine Gewichtung der Konturpunkte vorgenommen, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Tukey ignoriert werden (siehe unten).

'geometric' Minimiert wird der geometrische Anstand von Konturpunkten und der gesuchten Ellipse. Dieses Fehlermaß ist in einem statistischen Sinne optimal, braucht aber auch eine längere Rechenzeit, da die Berechnung iterative erfolgt. Besonders bei merklich verrauschten Konturpunkten ist die Wahl dieser Option zu empfehlen.

'geohuber' Wie *'geometric'*. Es wird jedoch eine Gewichtung der Konturpunkte vorgenommen, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Huber gedämpft werden (siehe unten).

'geotukey' Wie *'geometric'*. Es wird jedoch eine Gewichtung der Konturpunkte vorgenommen, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Tukey ignoriert werden (siehe unten).

'voss' Die Eingabekontur wird in eine affine Standardlage transformiert. Dann wird vermöge der Momente der transformierten Kontur (bzw. der davon eingeschlossenen Bildregion) dasjenige Einheitskreissegment bestimmt, dessen Standardlage am besten mit der der transformierten Kontur übereinstimmt. Aus der zugehörigen Ellipse in Standardlage und der affinen Transformation, die die Kontur in Standardlage überführt hat, wird dann die entsprechende Ellipse ermittelt. Es werden `VossTabSize` Einheitskreissegment unterschieden (und deren Momente etc. beim ersten Aufruf des Operators tabelliert).

'focpoints' Für jeden Punkt P auf einer Ellipse gilt, dass die Summe seiner Abstände zu den Brennpunkten F_1,F_2 der Ellipse gleich dem doppelten Hauptradius a ist. Bei diesem Ansatz wird die Abweichung PF_1+PF_2-2a für alle Konturpunkte durch eine *least squares* Ausgleichsrechnung minimiert.

'fphuber' Wie *'focpoints'*. Es wird jedoch eine *gewichtete* Least-Squares-Ausgleichsrechnung durchgeführt, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Huber gedämpft werden (siehe unten).

'fptukey' Wie *'focpoints'*. Es wird jedoch eine *gewichtete* Least-Squares-Ausgleichsrechnung durchgeführt, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Tukey ignoriert werden (siehe unten).

In den Modi '*huber' und '*tukey' wird eine robuste Fehlerstatistik verwendet, um die Standardabweichung der Abstände der Konturpunkte (ohne Ausreißer) von der approximierenden Ellipse zu ermitteln. Der Parameter `ClippingFactor` (ein Skalierungsfaktor für diese Standardabweichung) steuert in diesen Modi den Grad der Ausreißerdämpfung: Je kleiner der Wert gewählt wird, desto mehr Punkte werden als Ausreißer behandelt. Jeder Konturpunkt fließt individuell gewichtet in die Berechnung der Ellipsenparameter mit ein. Dieser Prozess kann iteriert werden, und der Parameter `Iterations` enthält die Anzahl durchzuführender Iterationen. `Iterations` ist relevant für alle Verfahren bis auf die beiden auf dem geometrischen Abstand basierenden Verfahren *'geohuber'* und *'geotukey'*, bei denen dieser Parameter ignoriert wird. Falls der Algorithmus innerhalb dieser Anzahl von Iterationen keine passende Ellipse finden kann, so wird eine Linie gefittet; für `Radius2` wird null zurückgegeben. Ausreißer werden nach dem Ansatz von Tukey komplett eliminiert, während bei dem Verfahren nach Huber diese noch gering, i.e., linear, gewichtet werden. Ohne robuste Gewichtung geht der Abstand quadratisch in die Optimierung mit ein. In der Praxis ist der Ansatz nach Tukey zu empfehlen.

Zur Reduktion des Aufwandes lässt sich die Berechnung auf eine Teilmenge der Konturpunkte einschränken: Wird für `MaxNumPoints` eine Zahl ungleich *-1* übergeben, werden nur maximal `MaxNumPoints` gleichmäßig über die Kontur verteilte Punkte verwendet.

Für Ellipsenbögen, also offene Konturen, werden die Anfangs- und Endpunkte bestimmt, indem zu den Anfangs- und Endpunkten der Eingabekonturen die nächstgelegenen Ellipsenendpunkte ermittelt werden. Zurückgegeben werden dann in `StartPhi` und `EndPhi` die korrespondierenden Winkel dieser Punkte bezogen auf die Hauptachse der Ellipse, vgl. `gen_ellipse_contour_xld`. Konturen, deren Anfangs- und Endpunkte weniger als `MaxClosureDist` voneinander entfernt sind, werden als geschlossen betrachtet und entsprechend durch eine Ellipse approximiert. Für geschlossene Konturen werden die Startwerte der *'focpoints'* Algorithmen auf schnellere und weniger genaue Weise geschätzt. Daher können für manche geschlossene Konturen mehr `Iterations` notwendig sein. Da die Start- und Endpunkte einer Kontur je nach Vorverarbeitung nicht exakt bekannt sein können, besteht die Möglichkeit, `ClippingEndPoints` Punkte am Anfang und Ende der Kontur von der Ellipsenanpassung auszuschließen. Sie werden jedoch weiterhin für die Bestimmung der Anfangs- und Endwinkel verwendet.

Die notwendige, minimale Anzahl an Konturpunkten zur Anpassung einer Ellipse ist fünf. Es wird daher vorausgesetzt, dass die Konturen mindestens $5 + 2 \cdot$ `ClippingEndPoints` Punkte enthalten.

Parameter

▷ **`Contours`** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
Eingabekonturen.

▷ **`Algorithm`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Algorithmus zur Ellipsenanpassung.
Default: 'fitzgibbon'
Werteliste: `Algorithm` ∈ {'fitzgibbon', 'fhuber', 'ftukey', 'geometric', 'geohuber', 'geotukey', 'voss', 'focpoints', 'fphuber', 'fptukey'}

▷ **`MaxNumPoints`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Maximale Anzahl Konturpunkte zur Ellipsenanpassung (-1 für alle Punkte).
Default: -1
Restriktion: MaxNumPoints >= 5

▷ **`MaxClosureDist`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Maximaler Abstand zweier Konturendpunkte, so dass die Kontur noch als geschlossene Kontur akzeptiert

wird.
Default: 0.0
Restriktion: MaxClosureDist >= 0.0

▷ **ClippingEndPoints** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Konturpunkte am Anfang und Ende der Kontur, die für die Ellipsenanpassung ignoriert werden sollen.
Default: 0
Restriktion: ClippingEndPoints >= 0

▷ **VossTabSize** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl Einheitskreissegmente für das Verfahren nach Voss.
Default: 200
Restriktion: VossTabSize >= 25 && VossTabSize <= 5000

▷ **Iterations** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Maximale Anzahl von Iterationen bei der gewichteten Optimierung.
Default: 3
Restriktion: Iterations >= 0

▷ **ClippingFactor** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Clipping Faktor für die Ausreißerdämpfung (typisch: 1.0 bei '*huber' und 2.0 bei '*tukey').
Default: 2.0
Wertevorschläge: `ClippingFactor` ∈ {1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0}
Restriktion: ClippingFactor > 0

▷ **Row** (output_control) ..... ellipse.center.y(-array) ⇝ *real*
Zeilenkoordinate des Mittelpunktes der Ellipse.

▷ **Column** (output_control) ..... ellipse.center.x(-array) ⇝ *real*
Spaltenkoordinate des Mittelpunktes der Ellipse.

▷ **Phi** (output_control) ..... ellipse.angle.rad(-array) ⇝ *real*
Orientierung der Hauptachse in Bogenmaß.

▷ **Radius1** (output_control) ..... ellipse.radius1(-array) ⇝ *real*
Länge der großen Halbachse.

▷ **Radius2** (output_control) ..... ellipse.radius2(-array) ⇝ *real*
Länge der kleinen Halbachse.

▷ **StartPhi** (output_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
Winkel des Startpunktes [rad].

▷ **EndPhi** (output_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
Winkel des Endpunktes [rad].

▷ **PointOrder** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
mathematischer Umlaufsinn.
Werteliste: `PointOrder` ∈ {'positive', 'negative'}

Beispiel

```
read_image (Image, 'caltab')
find_caltab (Image, CalPlate, 'caltab_800mm.descr', 3, 112, 5)
reduce_domain (Image, CalPlate, ImageReduced)
edges_sub_pix (ImageReduced, Edges, 'lanser2', 0.5, 20, 40)
select_contours_xld (Edges, EdgesClosed, 'closed', 0, 2.0, 0, 0)
select_contours_xld (EdgesClosed, EdgesMarks, 'length', 20, 80, 0, 0)
fit_ellipse_contour_xld (EdgesMarks, 'fitzgibbon', -1, 2, 0, 200, 3, 2.0, \
                         Row, Column, Phi, Radius1, Radius2, StartPhi, \
                         EndPhi, PointOrder)
gen_ellipse_contour_xld (EllMarks, Row, Column, Phi, Radius1, Radius2, \
                         StartPhi, EndPhi, PointOrder, 1.5)
length_xld(EllMarks,Length)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und konnte eine Ellipsenanpassung durchgeführt werden, liefert `fit_ellipse_contour_xld` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine

Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wenn der Parameter ClippingFactor so klein gewählt worden ist, dass alle Punkte als Ausreißer klassifiziert werden, wird die Fehlermeldung 3264 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, lines_gauss, lines_facet, edges_sub_pix, smooth_contours_xld

Nachfolger

gen_ellipse_contour_xld, disp_ellipse, get_points_ellipse

Siehe auch

fit_line_contour_xld, fit_circle_contour_xld, fit_rectangle2_contour_xld

Modul

Foundation

fit_line_contour_xld (Contours : : Algorithm, MaxNumPoints, ClippingEndPoints, Iterations, ClippingFactor : RowBegin, ColBegin, RowEnd, ColEnd, Nr, Nc, Dist)

Approximieren von XLD-Konturen durch Liniensegmente.

fit_line_contour_xld approximiert die XLD-Konturen Contours durch Liniensegmente. Eine Segmentierung der Eingabekonturen erfolgt dabei nicht. Es muss also sichergestellt sein, dass jede Kontur in Contours genau einem Liniensegment entspricht. Zurückgegeben wird der Anfangs- (RowBegin, ColBegin) bzw. Endpunkt (RowEnd, ColEnd), sowie die Geradengleichung jedes Liniensegments, codiert durch den Normalenvektor (Nr, Nc) der Gerade und dem Abstand Dist der Gerade vom Ursprung, d.h. die Geradengleichung ist gegeben durch $r \cdot \mathtt{Nr} + c \cdot \mathtt{Nc} - \mathtt{Dist} = 0$.

Das gewünschte Approximationsverfahren wird über den Parameter Algorithm ausgewählt:

'regression': Standard-Least-Squares-Geradenanpassung.

'huber': Gewichtete *Least-Squares*-Geradenanpassung, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Huber gedämpft werden (siehe unten).

'tukey': Gewichtete *Least-Squares*-Geradenanpassung, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Tukey ignoriert werden (siehe unten).

'drop': Gewichtete *Least-Squares*-Geradenanpassung, bei der Ausreißer ignoriert werden, d.h. alle Konturpunkte, die weiter von der Kontur entfernt liegen als die mittlere Entfernung von der Regressionsgeraden multipliziert mit dem ClippingFactor (s.u.).

'gauss': Gewichtete *Least-Squares*-Geradenanpassung, bei der Ausreißer gestützt auf Mittelwert und Standardabweichung der Abweichungen aller Konturpunkte von der Geraden gedämpft werden.

In den Modi *'huber'*, *'tukey'* und *'drop'* wird eine robuste Fehlerstatistik verwendet, um die Standardabweichung der Abstände der Konturpunkte (ohne Ausreißer) von der approximierenden Geraden zu ermitteln. Der Parameter ClippingFactor (ein Skalierungsfaktor für diese Standardabweichung) steuert in diesen Modi den Grad der Ausreißerdämpfung: Je kleiner der Wert gewählt wird, desto mehr Punkte werden als Ausreißer behandelt. Die Ausreißerdetektion wird iteriert. Der Parameter Iterations enthält die Anzahl durchzuführender Iterationen. Er wird im Modus *'regression'* ignoriert. Bei dem Ansatz nach Tukey (*'tukey'*) werden Ausreißer noch vor der Kreisanpassung eliminiert (und die übrigen Punkte werden gewichtet), während die Ausreißer bei dem Ansatz nach Huber (*'huber'*) noch in geringem Maße in die Optimierung eingehen. Speziell gehen bei Letzterem die Ausreißer linear und die übrigen Punkte quadratisch in die Optimierung ein. In der Praxis ist der Ansatz nach Tukey zu empfehlen.

Zur Reduktion des Aufwandes lässt sich die Berechnung auf eine Teilmenge der Konturpunkte einschränken: Wird für `MaxNumPoints` eine Zahl ungleich -1 übergeben, werden nur maximal `MaxNumPoints` gleichmäßig über die Kontur verteilte Punkte verwendet.

Die Anfangs- und Endpunkte werden bestimmt, indem zu den Anfangs- und Endpunkten der Eingabekonturen die nächstgelegenen Punkte auf den zugrundeliegenden Regressionsgeraden ermittelt werden. Da die Start- und Endpunkte einer Kontur je nach Vorverarbeitung nicht exakt bekannt sein können, besteht die Möglichkeit, `ClippingEndPoints` Punkte am Anfang und Ende der Kontur von der Geradenanpassung auszuschließen. Sie werden jedoch weiterhin für die Bestimmung der Anfangs- und Endpunkte verwendet.

Die notwendige, minimale Anzahl an Konturpunkten zur Anpassung einer Linie ist zwei. Es wird daher vorausgesetzt, dass die Konturen mindestens $2 + 2 \cdot$ `ClippingEndPoints` Punkte enthalten.

Parameter

- ▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Eingabekonturen.
- ▷ **Algorithm** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Algorithmus zur Geradenanpassung.
  Default: 'tukey'
  Werteliste: `Algorithm` ∈ {'regression', 'huber', 'tukey', 'gauss', 'drop'}
- ▷ **MaxNumPoints** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Maximale Anzahl Konturpunkte zur Geradenanpassung (-1 für alle Punkte).
  Default: -1
  Restriktion: MaxNumPoints >= 2
- ▷ **ClippingEndPoints** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der Konturpunkte am Anfang und Ende der Kontur, die für die Geradenanpassung ignoriert werden sollen.
  Default: 0
  Restriktion: ClippingEndPoints >= 0
- ▷ **Iterations** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Maximale Anzahl von Iterationen (unbenutzt bei *'regression'*).
  Default: 5
  Restriktion: Iterations >= 0
- ▷ **ClippingFactor** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Clipping Faktor für die Ausreißerdämpfung (typische Werte: *1.0* bei *'huber'* und *'drop'* sowie *2.0* bei *'tukey'*).
  Default: 2.0
  Wertevorschläge: `ClippingFactor` ∈ {1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0}
  Restriktion: ClippingFactor > 0
- ▷ **RowBegin** (output_control) ..... line.begin.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate der Anfangspunkte der Liniensegmente.
- ▷ **ColBegin** (output_control) ..... line.begin.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate der Anfangspunkte der Liniensegmente.
- ▷ **RowEnd** (output_control) ..... line.end.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate der Endpunkte der Liniensegmente.
- ▷ **ColEnd** (output_control) ..... line.end.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate der Endpunkte der Liniensegmente.
- ▷ **Nr** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
  Geradenparameter: Zeilenkoordinate von Normalenvektor
- ▷ **Nc** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
  Geradenparameter: Spaltenkoordinate von Normalenvektor
- ▷ **Dist** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *real*
  Geradenparameter: Abstand der Geraden vom Ursprung

Beispiel

```
read_image (Image, 'mreut')
edges_sub_pix (Image, Edges, 'lanser2', 0.5, 20, 40)
gen_polygons_xld (Edges, Polygons, 'ramer', 2)
split_contours_xld (Polygons, Contours, 'polygon', 1, 5)
```

```
fit_line_contour_xld (Contours, 'regression', -1, 0, 5, 2, RowBegin, \
                      ColBegin, RowEnd, ColEnd, Nr, Nc, Dist)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und konnte eine Geradenanpassung durchgeführt werden, liefert `fit_line_contour_xld` den Wert 2 (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wenn der Parameter `ClippingFactor` so klein gewählt worden ist, dass alle Punkte als Ausreißer klassifiziert werden, wird die Fehlermeldung 3264 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_contours_skeleton_xld`, `lines_gauss`, `lines_facet`, `edges_sub_pix`, `smooth_contours_xld`

Nachfolger

`disp_line`, `line_orientation`

Siehe auch

`regress_contours_xld`, `get_regress_params_xld`

Modul

Foundation

fit_rectangle2_contour_xld (Contours : : Algorithm, MaxNumPoints, MaxClosureDist, ClippingEndPoints, Iterations, ClippingFactor : Row, Column, Phi, Length1, Length2, PointOrder)

Anpassen von Rechtecken an XLD-Konturen.

`fit_rectangle2_contour_xld` passt Rechtecke an die rechteckigen XLD-Konturen `Contours` an und gibt die Parameter der Rechtecke in `Row`, `Column` (Mittelpunkt), `Phi` (Orientierung) sowie `Length1` und `Length2` (halben Kantenlängen) zurück. Der Winkel `Phi` wird im Bogenmaß ausgegeben und gibt den Winkel der horizontalen Achse und der Kante mit der halben Länge `Length1` im mathematisch positiven Sinn (gegen den Uhrzeigersinn) an. Zusätzlich wird der Umlaufsinn der Kontur in `PointOrder` zurückgegeben. `PointOrder` = *'positive'* bedeutet hierbei, dass die Kontur im mathematisch positiven Sinn (gegen den Uhrzeigersinn) durchlaufen wird.

Das gewünschte Approximationsverfahren wird über den Parameter `Algorithm` ausgewählt:

'regression' Standard *Least-Squares*-Geradenanpassung.

'huber' Gewichtete *Least-Squares*-Geradenanpassung, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Huber gedämpft werden (siehe unten).

'tukey' Gewichtete *Least-Squares*-Geradenanpassung, bei der Ausreißer nach dem Ansatz von Tukey ignoriert werden (siehe unten).

In den Modi *'huber'* und *'tukey'* wird eine robuste Fehlerstatistik verwendet, um die Standardabweichung der Abstände der Konturpunkte (ohne Ausreißer) von den approximierenden Geraden des Rechtecks zu ermitteln. Die Standardabweichung wird pro Seite des Rechtecks separat berechnet, um auch Konturen, deren Seiten nicht genau senkrecht aufeinander stehen, verarbeiten zu können. Der Parameter `ClippingFactor` (ein Skalierungsfaktor für diese Standardabweichung) steuert in diesen Modi den Grad der Ausreißerdämpfung: Je kleiner der Wert gewählt wird, desto mehr Punkte werden als Ausreißer behandelt. Die Ausreißerdetektion wird iteriert. Der Parameter `Iterations` enthält die Anzahl durchzuführender Iterationen. Die letzten beiden Parameter werden für `Algorithm` = *'regression'* ignoriert. Bei dem Ansatz nach Tukey (*'tukey'*) werden Ausreißer noch vor der Anpassung eliminiert (und die übrigen Punkte werden gewichtet), während die Ausreißer bei dem Ansatz nach Huber

(*'huber'*) noch in geringem Maße in die Optimierung eingehen. Speziell gehen bei Letzterem die Ausreißer linear und die übrigen Punkte quadratisch in die Optimierung ein. Bei dem algebraischen Abstand gehen alle Punkte quadratisch in die Optimierung ein. In der Praxis ist der Ansatz nach Tukey zu empfehlen.

Zur Reduktion des Aufwandes lässt sich die Berechnung auf eine Teilmenge der Konturpunkte einschränken: Wird für `MaxNumPoints` eine Zahl ungleich *-1* übergeben, werden nur maximal `MaxNumPoints` gleichmäßig über die Kontur verteilte Punkte verwendet.

Da die Start- und Endpunkte einer Kontur je nach Vorverarbeitung möglicherweise fehlerbehaftet sein können, besteht die Möglichkeit, `ClippingEndPoints` Punkte am Anfang und Ende der Kontur von der Rechteckanpassung auszuschließen.

Konturen, deren Anfangs- und Endpunkte weniger als `MaxClosureDist` voneinander entfernt sind, werden als geschlossen betrachtet. Bei geschlossenen Konturen wird der Endpunkt der Kontur nicht zur Anpassung herangezogen, da er sonst doppelt gewichtet würde.

Die Anpassung des Rechtecks an die Kontur basiert darauf, dass die Konturpunkte intern den vier Seiten des Rechtecks zugeordnet werden. Dabei muss es für jede Seite des Rechtecks mindestens einen Punkt geben, der im Inneren, d.h. nicht an den Enden, des Liniensegments der Seite liegt. Deshalb sind also mindestens acht Punkte zur Anpassung des Rechtecks notwendig. Ein Punkt der Kontur wird der Seite des Rechtecks zugeordnet, zu der er den kürzesten Abstand hat. Dabei werden die aktuell intern optimierten Rechtecksparameter verwendet. Falls bei der Zuordnung von Punkten zu Seiten des Rechtecks mindestens eine Seite ohne zugeordneten Punkt gefunden wird, kann das Rechteck nicht eindeutig bestimmt werden. In diesem Fall wird der Fehler 3266 zurückgeliefert. Aus diesem Grund muss bei der Verwendung von `fit_rectangle2_contour_xld` sichergestellt werden, dass die Eingabekonturen einem Rechteck hinreichend ähnlich sind. Insbesondere sollte keiner der Winkel der Kontur, falls sie durch vier Geradenstücke approximiert würde, weniger als 45 Grad oder mehr als 135 Grad betragen. Aufgrund der Zuordnung der Konturpunkte zur nächstgelegenen Rechteckseite würde dies dazu führen, dass mindestens einer Seite keine Konturpunkte zugeordnet würden. Weiterhin ist zu beachten, dass `ClippingFactor` nicht zu klein gewählt wird, um zu vermeiden, dass durch die Ausreißerunterdrückung Rechtecksseiten ohne Punkte entstehen. Dies kann nur für `Algorithm` = *'tukey'* passieren. Falls die obigen Bedingungen beachtet werden, liefert `fit_rectangle2_contour_xld` hochgenaue Rechtecksparameter zurück. In Verbindung mit der Ausreißerunterdrückung nach Tukey kann `fit_rectangle2_contour_xld` z.B. sehr gut dazu verwendet werden, Rechtecke robust an rechteckige Konturen mit abgerundeten Ecken anzupassen.

Parameter

▷ **`Contours`** (input_object) . . . . . xld_cont(-array) ⇝ *object*
Eingabekonturen.

▷ **`Algorithm`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Algorithmus zur Rechtecksanpassung.
Default: 'regression'
Werteliste: `Algorithm` ∈ {'regression', 'huber', 'tukey'}

▷ **`MaxNumPoints`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Maximale Anzahl Konturpunkte zur Rechtecksanpassung (-1 für alle Punkte).
Default: -1
Restriktion: MaxNumPoints == -1 || MaxNumPoints >= 8

▷ **`MaxClosureDist`** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximaler Abstand zweier Konturendpunkte, so dass die Kontur noch als geschlossene Kontur akzeptiert wird.
Default: 0.0
Restriktion: MaxClosureDist >= 0.0

▷ **`ClippingEndPoints`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Anzahl der Konturpunkte am Anfang und Ende der Kontur, die für die Rechtecksanpassung ignoriert werden sollen.
Default: 0
Wertevorschläge: `ClippingEndPoints` ∈ {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}
Restriktion: ClippingEndPoints >= 0

▷ **`Iterations`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Maximale Anzahl von Iterationen (unbenutzt bei *'regression'*).
Default: 3
Restriktion: Iterations >= 0

▷ **ClippingFactor** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Clipping Faktor für die Ausreißerdämpfung (typische Werte: *1.0* bei *'huber'* und *2.0* bei *'tukey'*).
Default: 2.0
Wertevorschläge: `ClippingFactor` ∈ {1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0}
Restriktion: ClippingFactor > 0

▷ **Row** (output_control) ..... rectangle2.center.y(-array) ⇝ *real*
Zeilenkoordinate des Mittelpunktes des Rechtecks.

▷ **Column** (output_control) ..... rectangle2.center.x(-array) ⇝ *real*
Spaltenkoordinate des Mittelpunktes des Rechtecks.

▷ **Phi** (output_control) ..... rectangle2.angle.rad(-array) ⇝ *real*
Orientierung der Hauptachse des Rechtecks in Bogenmaß.

▷ **Length1** (output_control) ..... rectangle2.hwidth(-array) ⇝ *real*
Erster Halbmesser (halbe Länge) des Rechtecks.

▷ **Length2** (output_control) ..... rectangle2.hheight(-array) ⇝ *real*
Zweiter Halbmesser (halbe Breite) des Rechtecks.

▷ **PointOrder** (output_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Mathematischer Umlaufsinn der Kontur.
Werteliste: `PointOrder` ∈ {'positive', 'negative'}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt und konnte eine Rechteckanpassung durchgeführt werden, liefert `fit_rectangle2_contour_xld` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels `set_system('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt. Wenn der Parameter `ClippingFactor` so klein gewählt worden ist, dass alle Punkte als Ausreißer klassifiziert werden, wird der Fehler 3266 zurückgeliefert. Falls für mindestens eine Seite des Rechtecks keine Punkte, die auf dieser Seite liegen, gefunden werden konnten, wird auch der Fehler 3266 zurückgeliefert.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`gen_contours_skeleton_xld`, `lines_gauss`, `lines_facet`, `edges_sub_pix`, `smooth_contours_xld`, `union_collinear_contours_xld`, `union_collinear_contours_ext_xld`, `union_adjacent_contours_xld`

Nachfolger

`dist_rectangle2_contour_points_xld`, `gen_rectangle2_contour_xld`

Alternativen

`smallest_rectangle2_xld`

Siehe auch

`fit_line_contour_xld`, `fit_circle_contour_xld`, `fit_ellipse_contour_xld`

Modul

Foundation

get_contour_angle_xld (Contour : : AngleMode, CalcMode, Lookaround : Angles)

Punktweises Berechnen der Tangentenrichtung einer Kontur.

Der Operator `get_contour_angle_xld` berechnet für jeden Punkt der Kontur `Contour` die Richtung der Tangente. Dabei kann zwischen zwei Winkelausgaben `AngleMode` gewählt werden: Mit *'abs'* werden Winkel bezüglich der Horizontalen zwischen 0 und 2π (entgegen dem Uhrzeigersinn) ausgegeben, mit *'rel'* wird die Richtungsänderung gegenüber dem vorhergehenden Konturpunkt ausgegeben. Die Werte liegen in diesem Fall zwischen $-\pi$ und π, wobei negative Werte einer rechtsgekrümmten und positive Werte einer linksgekrümmten Kontur entsprechen.

Drei mögliche Berechnungsarten `CalcMode` berechnen die Tangentenrichtung im Konturpunkt i mit Hilfe der Konturpunkte im Bereich $i-$`Lookaround` bis $i+$`Lookaround`. Mit *'range'* wird der Winkel der Geraden durch die beiden Randpunkte dieses Bereichs ermittelt. Bei der Berechnungsart *'mean'* werden hingegen die Winkel aller Einzelschritte zwischen den Konturpunkten des Bereichs arithmetisch gemittelt. Mit *'regress'* wird die Steigung der Regressionsgeraden zwischen allen (gleichberechtigten) Punkten dieses Bereichs ermittelt. `Lookaround` ist ein Maß für die Glättung der Kontur. Die Winkel werden im Bogenmaß in dem Tupel `Angles` ausgegeben.

Aufgrund des durch `Lookaround` definierten Intervalls muss die Eingabe-Kontur eine Mindestanzahl an Punkten besitzen. Diese beträgt $2*$`Lookaround`$+2$, damit der Operator für die unterschiedlichen Parametereinstellungen stets sinnvolle Ausgaben liefert.

Parameter

▷ **`Contour`** (input_object) . . . . . xld_cont ⇝ *object*
Eingabe-Kontur.

▷ **`AngleMode`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Ausgabeart der Winkel.
Default: 'abs'
Werteliste: `AngleMode` ∈ {'abs', 'rel'}

▷ **`CalcMode`** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Berechnungsart der Winkel.
Default: 'range'
Werteliste: `CalcMode` ∈ {'range', 'mean', 'regress'}

▷ **`Lookaround`** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Größe der zu betrachtenden Nachbarschaft.
Default: 3
Restriktion: Lookaround > 0

▷ **`Angles`** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Richtung der Konturpunkte.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_contours_skeleton_xld`, `lines_gauss`, `lines_facet`, `edges_sub_pix`

Siehe auch

`get_contour_xld`, `get_contour_attrib_xld`

Modul

Foundation

`get_contour_attrib_xld` (Contour : : Name : Attrib)

Auslesen von Punktattributen einer XLD-Kontur.

`get_contour_attrib_xld` liefert für die XLD-Kontur `Contour` den Wert des für jeden Punkt der Kontur definierten Attributs mit Namen `Name` im Parameter `Attrib` zurück. Punktattribute sind für jeden Konturpunkt definierte, zusätzliche Werte und beschreiben lokale Eigenschaften. Welche Punktattribute für eine Kontur definiert sind, kann mit `query_contour_attribs_xld` abgefragt werden.

Die folgende Aufzählung enthält Informationen über die verschiedenen Punktattribute und die Operatoren, mit welchen sie einer Kontur hinzufügen werden (für Ausnahmen siehe die entsprechende Operatorreferenz):

'angle'
Die Richtung der Normalenvektoren einer Kontur wird durch *'angle'* [rad] beschrieben (siehe Bild unten). Dabei sind die Vektoren so orientiert, dass sie auf die rechte Seite der Kontur zeigen (Blickrichtung entlang

der Kontur von Start- nach Endpunkt). Die Winkel sind bezüglich der Zeilenachse gegen den Uhrzeigersinn gegeben.

Das Attribut *'angle'* wird durch folgende Operatoren hinzugefügt:

edges_color_sub_pix, edges_sub_pix, lines_color, lines_facet, lines_gauss

'response'

'response' gibt die Magnitude des Gradienten einer Kante an (siehe Bild unten).

Das Attribut *'response'* wird durch folgende Operatoren hinzugefügt:

edges_color_sub_pix, edges_sub_pix, lines_color, lines_facet, lines_gauss

'width_right'

Die Linienbreite rechts der Kontur (Blickrichtung entlang der Kontur von Start- nach Endpunkt) wird durch *'width_right'* [px] beschrieben (siehe Bild unten).

Das Attribut *'width_right'* wird durch folgende Operatoren hinzugefügt:

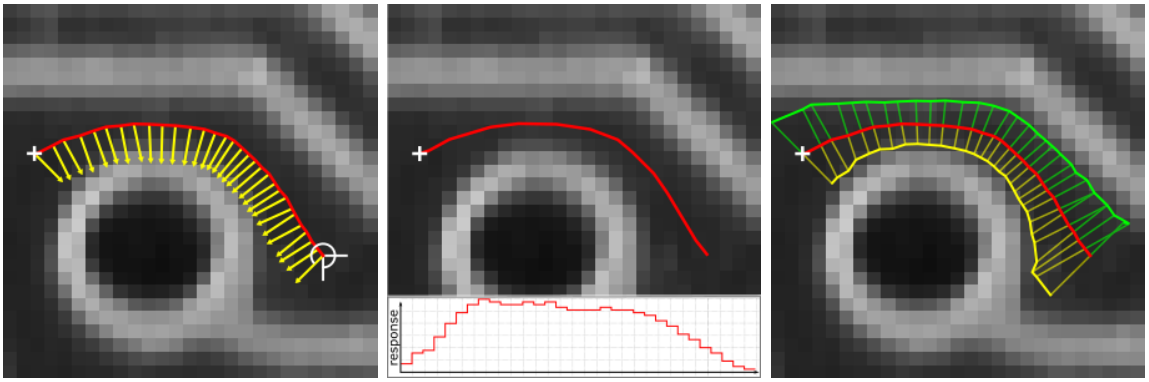
lines_color, lines_gauss

'width_left'

Die Linienbreite links der Kontur (Blickrichtung entlang der Kontur von Start- nach Endpunkt) wird durch *'width_left'* [px] beschrieben (siehe Bild unten).

Das Attribut *'width_left'* wird durch folgende Operatoren hinzugefügt:

lines_color, lines_gauss



(1) (2) (3)

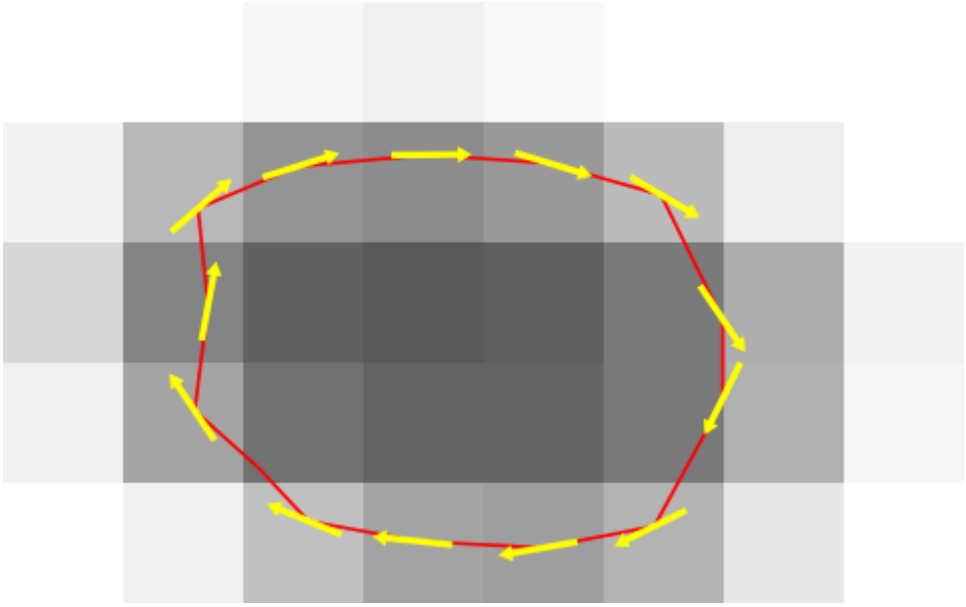
Darstellung verschiedener Attribute einer Kontur (rot). Der Startpunkt der Kontur ist mit einem weißen Kreuz markiert. (1) Die Normalenvektoren (gelb) einer Kontur werden im Winkel *'angle'* (bezüglich der Zeilenachse) dargestellt, (2) Verhalten des Attributs *'response'* entlang einer Kontur, und (3) Visualisierung der Linienbreiten *'width_right'* (gelb) und *'width_left'* (grün).

'edge_direction'

Gibt die Richtung der Kante (nicht der Kontur), berechnet aus den Grauwertgradienten in Spalten- und Zeilenrichtung, an. Die Winkel sind bezüglich der Zeilenachse gegen den Uhrzeigersinn gegeben.

Das Attribut *'edge_direction'* [rad] wird durch folgende Operatoren hinzugefügt:

edges_color_sub_pix, edges_sub_pix



Das Attribut *'edge_direction'* beschreibt die Vektoren (gelb) in Kantenrichtung für jeden Punkt der Kontur (rot).

'asymmetry'

Das Attribut *'asymmetry'* beschreibt das Verhältnis der Grauwertgradienten zu beiden Seiten der Kontur. Befindet sich der asymmetrische Bereich, d.h. der Bereich mit dem schwächeren Gradienten zur rechten Seite der Linie (Blickrichtung von Start- zu Zielpunkt), so hat *'asymmetry'* einen positiven Wert. Befindet sich der schwächere Gradient links der Linie, ist der Wert negativ (siehe Bild unten).

Das Attribut *'asymmetry'* wird durch folgenden Operator hinzugefügt:

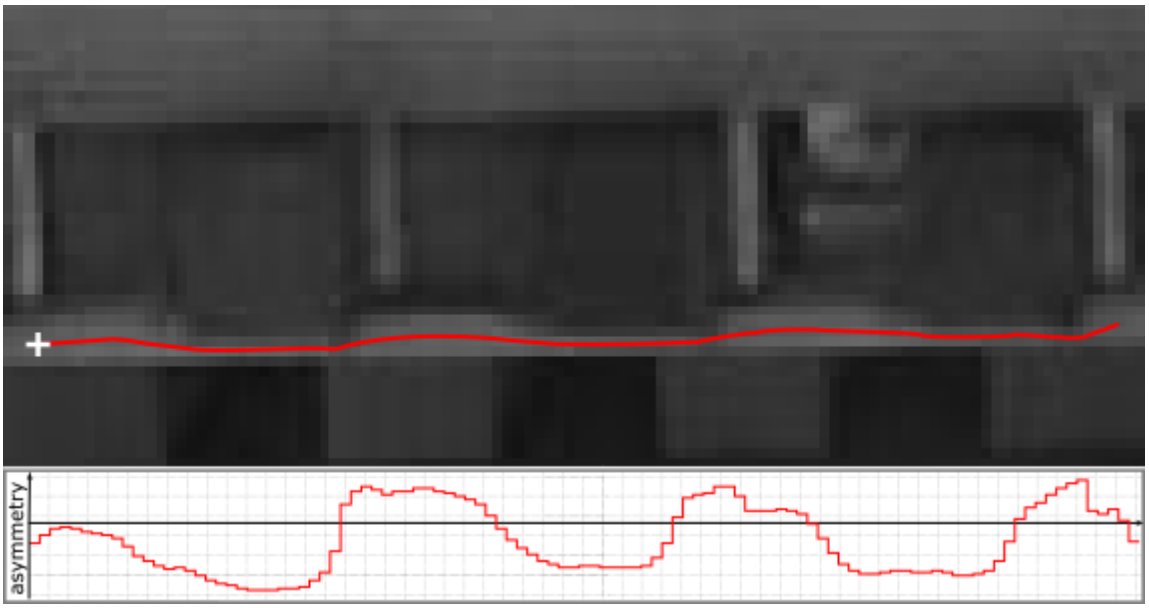
`lines_gauss`

'contrast'

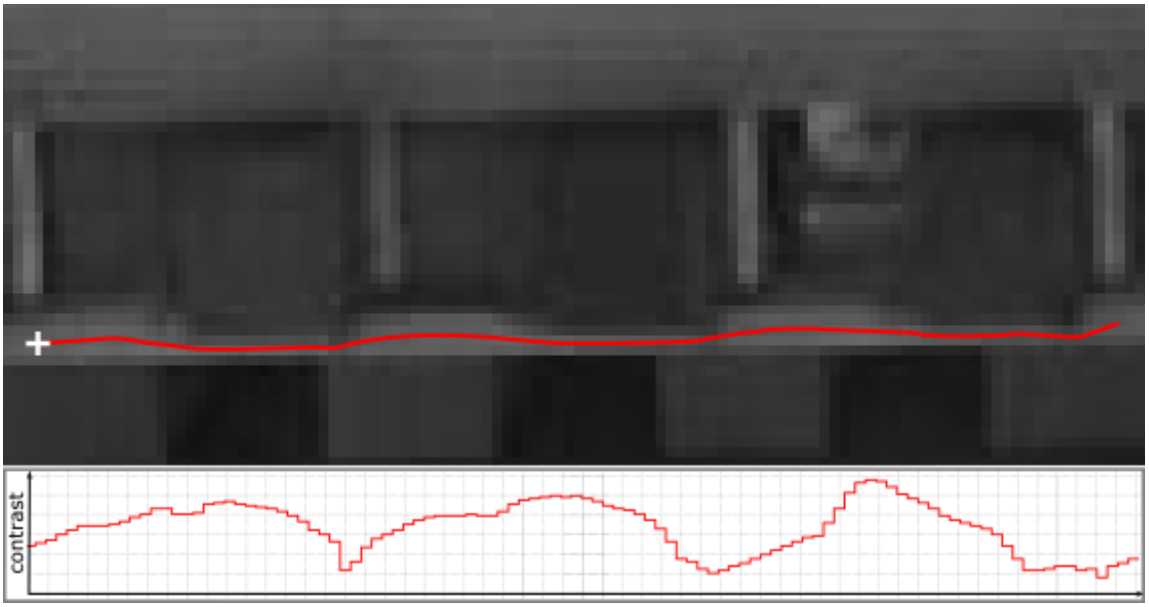
Der Kontrast einer Kontur beschreibt die Grauwertunterschiede zwischen der extrahierten Linie und dem lokalen Hintergrund. Das Attribut *'contrast'* ist positiv wenn die Linie heller als der Hintergrund ist, für dunklere Linien auf hellerem Grund ist der Wert negativ (siehe Bild unten).

Das Attribut *'contrast'* wird durch folgenden Operator hinzugefügt:

`lines_gauss`



(1)



(2)

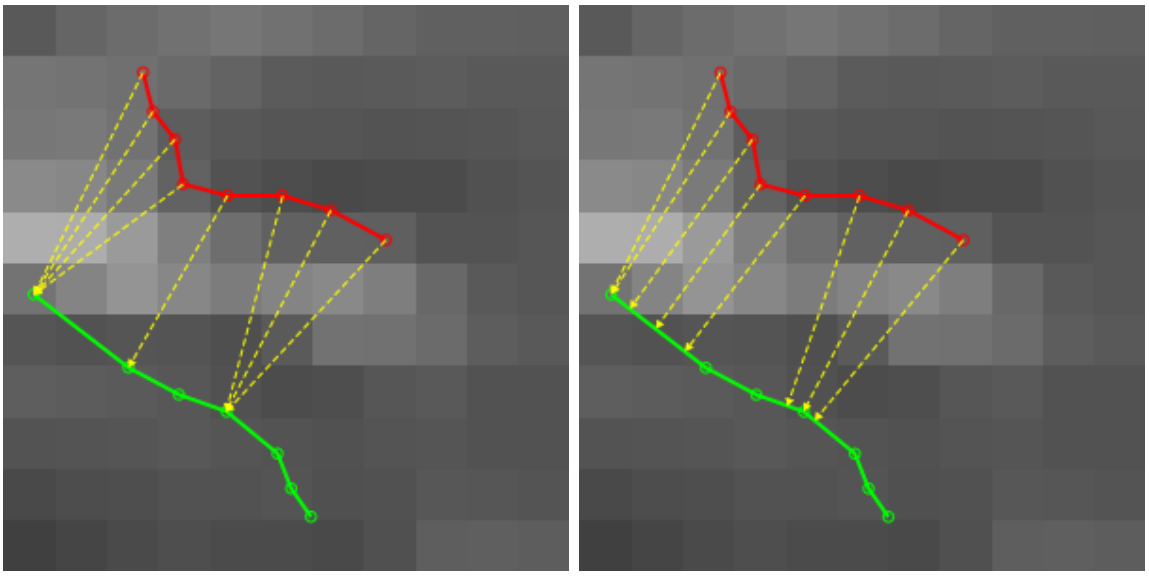
Verhalten der Attribute (1) *'asymmetry'* und (2) *'contrast'* einer Kontur entlang einer Bildstruktur (der Startpunkt der Kontur ist mit einem weißen Kreuz markiert).

'distance'

'distance' [px] gibt den minimalen Abstand zu den Stützpunkten beziehungsweise den Segmenten (je nach Berechnungsmodus) einer Referenzkontur an.

Das Attribut *'distance'* wird durch folgende Operatoren hinzugefügt:

`apply_distance_transform_xld`, `distance_contours_xld`



(1) (2)

(1) Abstand (*'distance'*) einer Kontur (rot) zu den Stützpunkten einer Referenzkontur (grün) und (2) Abstand *'distance'* zu den Segmenten einer Referenzkontur.

Für Informationen über globale Konturattribute siehe `get_contour_global_attrib_xld`.

Parameter

- ▷ **`Contour`** (input_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
  Eingabe-Kontur.
- ▷ **`Name`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Name des Attributs.
  Default: 'angle'
  Wertevorschläge: `Name` ∈ {'angle', 'edge_direction', 'width_right', 'width_left', 'response', 'contrast', 'asymmetry', 'distance'}
- ▷ **`Attrib`** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Zurückgeliefertes Attribut.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`lines_gauss`, `lines_facet`, `edges_sub_pix`, `distance_contours_xld`, `apply_distance_transform_xld`

Siehe auch

`query_contour_attribs_xld`, `get_contour_global_attrib_xld`, `query_contour_global_attribs_xld`

Modul

Foundation

`get_contour_global_attrib_xld` (Contour : : Name : Attrib)

Auslesen von globalen Attributen einer XLD-Kontur.

`get_contour_global_attrib_xld` liefert für die XLD-Kontur `Contour` den Wert des global definierten Attributs mit Namen `Name` im Parameter `Attrib` zurück. Globale Attribute sind für eine gesamte Kontur definierte, zusätzliche Werte. Welche globalen Attribute für eine Kontur definiert sind, kann mit `query_contour_global_attribs_xld` abgefragt werden.

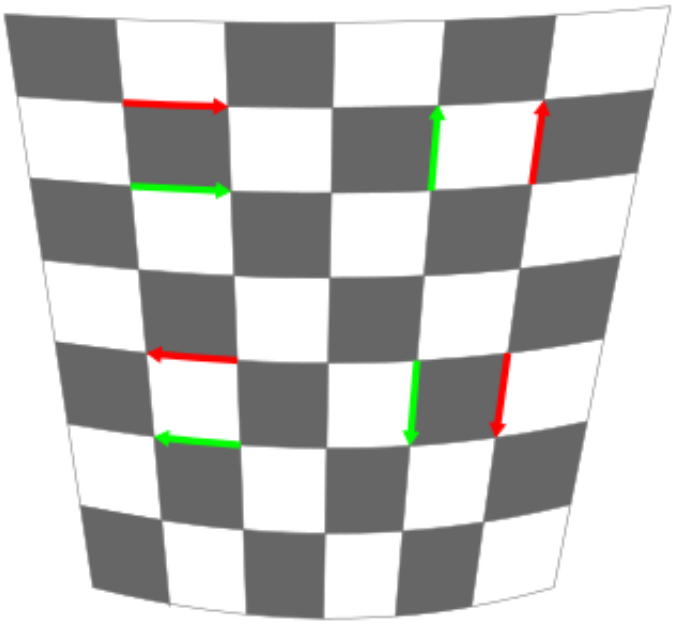
Die folgende Aufzählung enthält Informationen über die verschiedenen globalen Attribute und die Operatoren, mit welchen sie einer Kontur hinzugefügt werden:

'bright_dark'

Der Typ des Hell-Dunkel-Übergangs wird für jede Ausgabe-Kontur im Attribut *'bright_dark'* gespeichert. Das Attribut bekommt den Wert *1.0*, wenn an der Verbindungslinie ein Übergang von hell nach dunkel stattfindet (von links nach rechts, in Blickrichtung vom Anfangs- zum Endpunkt), umgekehrt entspricht der Wert *0.0*.

Das Attribut *'bright_dark'* wird durch folgenden Operator hinzugefügt:

`connect_grid_points`



Beispielkonturen (rot und grün) entlang von Kanten eines Entzerrungsgitters (Richtung von Start- zu Endpunkt durch Pfeil angedeutet). Der Typ des Hell-Dunkel-Übergangs, der im Attribut *'bright_dark'* gespeichert ist, ist *1.0* für rote und *0.0* für grüne Konturen.

'cont_approx'

Die Unterscheidung, ob eine Ausgabekontur bestenfalls durch ein Liniensegment oder einen Kreis- oder Ellipsenbogen approximiert wird, erfolgt über das globale Konturattribut *'cont_approx'*. Falls *'cont_approx'*=*-1.0*, ist ein Liniensegment , falls *'cont_approx'*=*0.0* ein Ellipsenbogen und falls *'cont_approx'*=*1.0* ein Kreisbogen am besten dazu geeignet.

Das Attribut *'cont_approx'* wird durch folgenden Operator hinzugefügt:

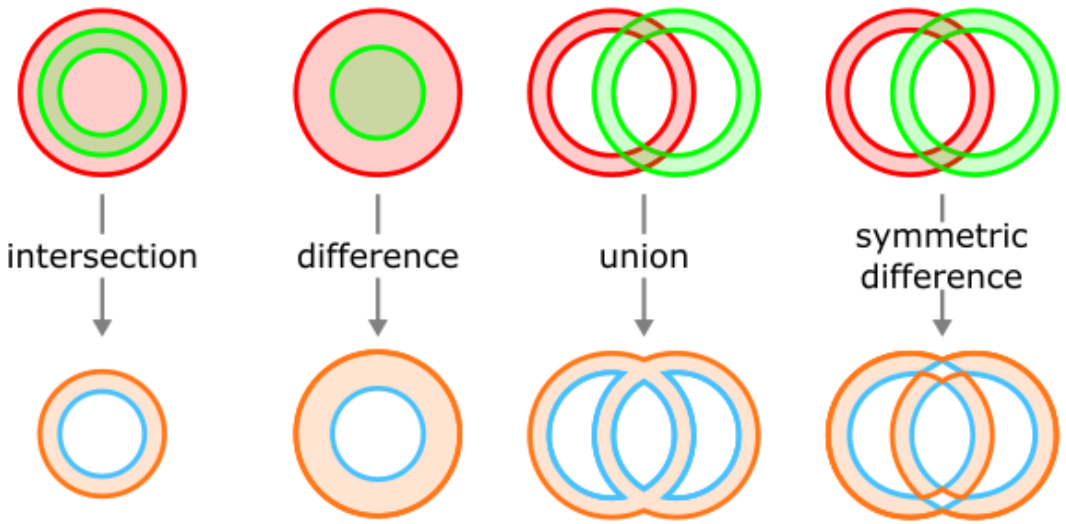
`segment_contours_xld`

'is_hole'

Für Konturen, die Löcher umschließen, wird das globale Attribut *'is_hole'* auf *1.0* gesetzt, ansonsten auf *0.0*.

Das Attribut *'is_hole'* wird durch folgende Operatoren hinzugefügt:

`symm_difference_closed_contours_xld`, `difference_closed_contours_xld`, `intersection_closed_contours_xld`, `union2_closed_contours_xld`



Durch die Anwendung verschiedener Mengenoperatoren auf Konturen wird das globale Konturattribut *'is_hole'* für die Ausgabe-Kontur(en) definiert. Im obigen Beispiel werden für zwei Kontur-Sets (rot und grün) Mengenoperationen durchgeführt. Schließen die resultierenden Konturen ein Loch ein (blau) ist *'is_hole' 1.0*, andernfalls ist *'is_hole' 0.0* (orange).

'regr_dev_dist'

'regr_dev_dist' [px] gibt die Standardabweichung des euklidischen Abstands zwischen den Stützpunkten der Kontur und der Regressionsgeraden an (siehe Bild unten).

Das Attribut *'regr_dev_dist'* wird durch den folgenden Operator hinzugefügt:

`regress_contours_xld`

'regr_dist'

'regr_dist' [px] gibt den minimalen euklidischen Abstand der Regressionsgerade vom Ursprung des Bildkoordinatensystems an (siehe Bild unten).

Das Attribut *'regr_dist'* wird durch den folgenden Operator hinzugefügt:

`regress_contours_xld`

'regr_mean_dist'

'regr_mean_dist' [px] gibt den Mittelwert der euklidischen Abstände zwischen den Stützpunkten der Kontur und der Regressionsgeraden an (siehe Bild unten).

Das Attribut *'regr_mean_dist'* wird durch den folgenden Operator hinzugefügt:

`regress_contours_xld`

'regr_norm_col'

'regr_norm_col' [px] entspricht der Spaltenkoordinate des normierten Normalenvektors der Regressionsgeraden, wobei der Normalenvektor vom Ursprung des Bildkoordinatensystems Richtung Regressionsgerade zeigt (siehe Bild unten).

Das Attribut *'regr_norm_col'* wird durch den folgenden Operator hinzugefügt:

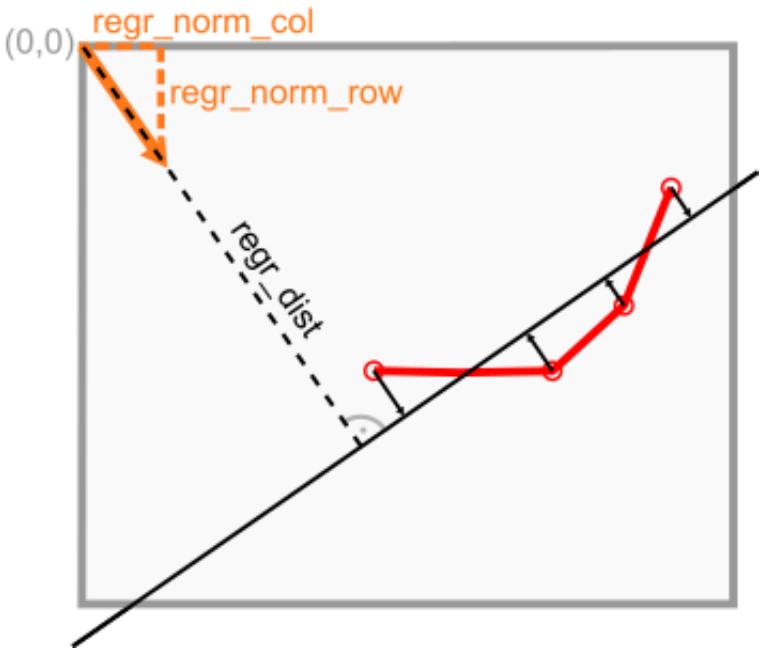
`regress_contours_xld`

'regr_norm_row'

'regr_norm_row' [px] entspricht der Zeilenkoordinate des normierten Normalenvektors der Regressionsgeraden, wobei der Normalenvektor vom Ursprung des Bildkoordinatensystems Richtung Regressionsgerade zeigt (siehe Bild unten).

Das Attribut *'regr_norm_row'* wird durch den folgenden Operator hinzugefügt:

`regress_contours_xld`



Skizze der Attribute *'regr_dist'*, *'regr_norm_col'* und *'regr_norm_row'* für die lineare Regression einer XLD Kontur (rot). *'regr_mean_dist'* und *'regr_dev_dist'* werden aus den Distanzen (schwarze Pfeile) zwischen den Stützpunkten der Kontur und der Regressionsgeraden (durchgezogene schwarze Linie) berechnet.

Parameter

▷ **Contour** (input_object) ..... xld_cont ⇝ *object*
Eingabe-Kontur.

▷ **Name** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Name des Attributs.
Default: 'regr_norm_row'
Wertevorschläge: `Name` ∈ {'regr_norm_row', 'regr_norm_col', 'regr_mean_dist', 'regr_dev_dist', 'cont_approx', 'bright_dark', 'is_hole'}

▷ **Attrib** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Zurückgeliefertes Attribut.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`lines_gauss`, `lines_facet`, `edges_sub_pix`, `segment_contours_xld`

Nachfolger

`fit_circle_contour_xld`, `fit_ellipse_contour_xld`, `fit_line_contour_xld`, `fit_rectangle2_contour_xld`

Siehe auch

`query_contour_global_attribs_xld`, `get_contour_attrib_xld`, `query_contour_attribs_xld`

Modul

Foundation

get_regress_params_xld (Contours : : : Length, Nx, Ny, Dist, Fpx, Fpy, Lpx, Lpy, Mean, Deviation)

Ausgeben von Konturparametern.

Diese Routine gibt folgende Konturparameter für alle Konturen des Tupels `Contours` als Tupel aus:

- die Anzahl der Konturpunkte `Length`,
- die Koordinaten `Nx` und `Ny` des Normalenvektors der Regressionsgeraden
- den Abstand `Dist` der Regressionsgeraden vom Ursprung
- die subpixelgenauen Koordinaten `Fpx` und `Fpy` des Fußpunktes des Lotes das ersten Endpunktes auf die optimale Regressionsgerade,
- die subpixelgenauen Koordinaten `Lpx` und `Lpy` des Fußpunktes des Lotes das zweiten Endpunktes auf die optimale Regressionsgerade,
- den Mittelwert des absoluten euklidischen Abstandes der Konturpunkte zur optimalen Regressionsgeraden,
- die Standardabweichung dieser Abstände.

Achtung

Bevor Konturinformationen mit `get_regress_params_xld` ausgegeben werden können, müssen die Regressionsgeradenparameter mit `regress_contours_xld` berechnet werden.

Parameter

- ▷ **`Contours`** (input_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Eingabe-Konturen.
- ▷ **`Length`** (output_control) ..... integer-array ⇝ *integer*
  Länge der Kontur.
- ▷ **`Nx`** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  X-Koordinate des Normalenvektors.
- ▷ **`Ny`** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Y-Koordinate des Normalenvektors.
- ▷ **`Dist`** (output_control) ..... number-array ⇝ *real*
  Abstand der Regressionsgerade vom Ursprung.
- ▷ **`Fpx`** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  X-Koordinate des ersten Endpunkts.
- ▷ **`Fpy`** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Y-Koordinate des ersten Endpunkts.
- ▷ **`Lpx`** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  X-Koordinate des zweiten Endpunkts.
- ▷ **`Lpy`** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Y-Koordinate des zweiten Endpunkts.
- ▷ **`Mean`** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Mittlerer Abstand der Konturpunkte von der Regressionsgerade.
- ▷ **`Deviation`** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Standardabweichung des Abstands der Punkte von der Geraden.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`regress_contours_xld`

Nachfolger

`disp_line`, `line_orientation`

Siehe auch

`fit_line_contour_xld`, `get_contour_global_attrib_xld`, `query_contour_global_attribs_xld`, `get_contour_xld`, `get_contour_attrib_xld`, `gen_contours_skeleton_xld`, `lines_gauss`, `lines_facet`, `edges_sub_pix`

Modul

Foundation

height_width_ratio_xld (XLD : : : Height, Width, Ratio)

Ermitteln der Breite, Höhe und des Seitenverhältnisses des umschließenden Rechtecks parallel zu den Koordinatenachsen von Konturen oder Polygonen.

height_width_ratio_xld berechnet das umschließende Rechteck (parallel zu den Koordinatenachsen) für jede Eingabekontur bzw. jedes Eingabepolygon. Das umschließende Rechteck wird durch die Koordinaten der Eckpunkte (Row1,Column1,Row2,Column2) beschrieben. Basierend auf diesen Werten werden die Breite, Höhe und das Seitenverhältnis wie folgt berechnet:

$$\begin{aligned} \texttt{Width} &= \texttt{Column2} - \texttt{Column1} \\ \texttt{Height} &= \texttt{Row2} - \texttt{Row1} \\ \texttt{Ratio} &= \texttt{Height}/\texttt{Width} \end{aligned}$$

Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln in der Reihenfolge ihrer entsprechenden Konturen bzw. Polygone in XLD abgespeichert. Bei leerer Kontur haben alle Parameter den Wert 0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe set_system).

Achtung

Falls Width = 0, wird Ratio auf DBL_MAX (1.797e308) gesetzt.

Parameter

- ▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Konturen oder Polygone.
- ▷ **Height** (output_control) ..... extent.y(-array) ⇝ *real*
  Höhe des umschließenden Rechtecks.
- ▷ **Width** (output_control) ..... extent.x(-array) ⇝ *real*
  Breite des umschließenden Rechtecks.
- ▷ **Ratio** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Seitenverhältnis des umschließenden Rechtecks.

Komplexität

Sei N die Anzahl der Punkte in der Kontur, dann beträgt die Laufzeitkomplexität $O(N)$.

Ergebnis

height_width_ratio_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, edges_sub_pix, threshold_sub_pix, gen_contour_polygon_xld

Nachfolger

gen_polygons_xld

Alternativen

smallest_rectangle1_xld, smallest_rectangle2_xld, shape_trans_xld

Siehe auch

shape_trans_xld, smallest_circle_xld, elliptic_axis_xld, area_center_xld

Modul

Foundation

info_parallels_xld (Parallels, Image : : : QualityMin, QualityMax, GrayMin, GrayMax, StandardMin, StandardMax)

Abrufen von Informationen zur Fläche, die von zwei parallelen Linien umschlossen ist.

info_parallels_xld charakterisiert die von je zwei parallelen Linien, die unter Parallels abgespeichert sind, eingeschlossene Fläche. Dabei wird das Bild Image herangezogen, um die Grauwertbeschaffenheit dieser Fläche zu untersuchen. Der Algorithmus dieser Routine entspricht im wesentlichen dem von mod_parallels_xld. Es werden die Werte Qualitäts-Faktor (QualityMin und QualityMax, siehe gen_parallels_xld für die entsprechende Berechnung), mittlerer Grauwert (GrayMin und GrayMax) und mittlere Standardabweichung (StandardMin und StandardMax) bzgl. des zugehörigen mittleren Grauwerts zurückgeliefert.

Dieser Operator dient zur Bestimmung von geeigneten Schwellenwerten für mod_parallels_xld.

Parameter

- ▷ **Parallels** (input_object) ..... xld_para-array ⇝ *object*
  Parallele Polygonteilstücke.
- ▷ **Image** (input_object) ..... singlechannelimage ⇝ *object : byte*
  Zu untersuchendes Eingabebild.
- ▷ **QualityMin** (output_control) ..... real ⇝ *real*
  Minimaler Qualitäts-Faktor.
- ▷ **QualityMax** (output_control) ..... real ⇝ *real*
  Maximaler Qualitäts-Faktor.
- ▷ **GrayMin** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Minimaler mittlerer Grauwert.
- ▷ **GrayMax** (output_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Maximaler mittlerer Grauwert.
- ▷ **StandardMin** (output_control) ..... real ⇝ *real*
  Minimale Standardabweichung.
- ▷ **StandardMax** (output_control) ..... real ⇝ *real*
  Maximale Standardabweichung.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_parallels_xld

Nachfolger

mod_parallels_xld

Siehe auch

intensity, min_max_gray

Modul

Foundation

length_xld (XLD : : : Length)

Länge von Konturen oder Polygonen.

length_xld berechnet die Gesamtlänge der Konturen oder der Polygone, die in XLD übergeben werden. Die Länge ergibt sich als Summe der Euklidschen Abstände der einzelnen Kurvenpunkte. Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln in der Reihenfolge ihrer entsprechenden Konturen bzw. Polygone in XLD abgespeichert.

Parameter

▷ **XLD** (input_object) . . . . . xld(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Konturen bzw. Polygone.

▷ **Length** (output_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real*
Länge der Kontur bzw. des Polygons.
Zusicherung: Length >= 0

Komplexität

Sei n die Anzahl der Punkte in der Kontur bzw. dem Polygon. Dann ist die Laufzeit $O(n)$.

Ergebnis

`length_xld` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`gen_contours_skeleton_xld`, `smooth_contours_xld`, `gen_polygons_xld`

Siehe auch

`area_center_xld`, `moments_any_xld`, `moments_xld`, `contlength`

Modul

Foundation

local_max_contours_xld (Contours,
Image : LocalMaxContours : MinPercent, MinDiff, Distance :)

Selektieren von Konturen, deren Grauwerte ein lokales Maximum sind.

Die Funktion `local_max_contours_xld` wählt aus den Konturen, die in `Contours` übergeben werden, diejenigen Konturen aus, deren Grauwerte ein lokales Maximum im Eingabebild `Image` darstellen. Damit eine Kontur als lokales Maximum gilt, müssen mindestens `MinPercent` der Konturpunkte ein lokales Maximum senkrecht zur Kontur-Richtung sein. Die Kontur-Richtung wird berechnet, indem eine Regressionsgerade durch fünf umgebende Punkte gelegt wird. Zur Entscheidung, ob ein lokales Maximum vorliegt, wird ein Grauwertprofil in beide Normalenrichtungen bis zum Abstand `Distance` vom aktuellen Konturpunkt betrachtet. Der Grauwert an der Konturposition in beiden Richtungen um mindestens `MinDiff` größer sein, als der Grauwert an einer der Positionen des Profils, um als Maximum zu gelten. Die selektierten Konturen werden in `LocalMaxContours` zurückgegeben.

Parameter

▷ **Contours** (input_object) . . . . . xld_cont-array ⇝ *object*
Zu untersuchende Konturen.

▷ **Image** (input_object) . . . . . singlechannelimage ⇝ *object* : byte
Zu untersuchendes Eingabebild.

▷ **LocalMaxContours** (output_object) . . . . . xld_cont-array ⇝ *object*
Selektierte Konturen.

▷ **MinPercent** (input_control) . . . . . number ⇝ *integer* / real
Mindestanteil von Maximumspunkten.
Default: 70
Wertevorschläge: `MinPercent` ∈ {60, 70, 75, 80, 85, 90, 95}
Restriktion: 0.0 <= MinPercent && MinPercent <= 100.0

▷ **MinDiff** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Minimale Differenz, um die das Maximum größer sein muss als die Werte am Rand.
Default: 15
Wertevorschläge: `MinDiff` ∈ {5, 8, 10, 12, 15, 20}
Restriktion: 0 <= MinDiff && MinDiff <= 255

▷ **Distance** (input_control) . . . . . integer ⇝ *integer*
Maximalabstand der Punkte, die zur Bestimmung, ob ein Punkt ein lokales Maximum ist, verwendet werden, zum Punkt auf der Kontur.
Default: 4
Wertevorschläge: `Distance` ∈ {2, 3, 4, 5, 6}
Restriktion: Distance >= 1

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_contours_skeleton_xld`, `lines_gauss`, `lines_facet`, `edges_sub_pix`

Nachfolger

`gen_polygons_xld`

Siehe auch

`smooth_contours_xld`

Modul

Foundation

max_parallels_xld (ExtParallels : MaxPolygons : :)

Berechnen paralleler Polygone mit maximaler Ausdehnung.

Mit `max_parallels_xld` werden alle modifizierten parallelen Polygonteilstücke, die unter `ExtParallels` abgespeichert sind, zu einem Polygonstück zusammengefasst. Die gefundenen Polygone werden mit ihrem kleinsten Anfangsindex und größtem Endindex abgespeichert. Es werden somit Polygone, die an mehreren Stellen Parallelität aufweisen, als ein langes Polygonstück (von der ersten Linie bis zur letzten parallelen Linie) in `MaxPolygons` ausgegeben.

Parameter

▷ **ExtParallels** (input_object) . . . . . xld_ext_para-array ⇝ *object*
Erweiterte Parallelen.

▷ **MaxPolygons** (output_object) . . . . . xld_poly-array ⇝ *object*
Maximal erweiterte Polygonstücke.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`mod_parallels_xld`

Nachfolger

`get_polygon_xld`, `get_lines_xld`

Modul

Foundation

moments_any_points_xld (XLD : : Mode, Area, CenterRow, CenterCol, P, Q : M)

Geometrische Momente beliebiger Ordnung von Konturen oder Polygonen, die wie Punktwolken behandelt werden.

moments_any_points_xld berechnet Momente beliebiger Ordnung der durch Konturen oder Polygonen XLD gegebenen Punktwolken (d.h. die Reihenfolge der Kontur- oder Polygonpunkte wird nicht berücksichtigt).

Abhängig vom Parameter Mode werden die berechneten Momente wie folgt normiert:

'unnormalized': Keine Normalisierung. Das berechnete Moment $M_{p,q}$ ist:

$$M_{p,q} = \sum_{i=0}^{n-1} r_i^p c_i^q$$

'unnormalized_central': Verschiebung der Konturpunkte um ihren Schwerpunkt $[\bar{r}, \bar{c}] = [\text{CenterRow}, \text{CenterCol}]$:

$$M_{p,q} = \sum_{i=0}^{n-1} (r_i - \bar{r})^p (c_i - \bar{c})^q$$

'normalized': Normalisierung durch die Fläche $A = \text{Area}$ von XLD:

$$M_{p,q} = \frac{1}{A} \sum_{i=0}^{n-1} r_i^p c_i^q$$

'central': Normalisierung durch die Fläche $A = \text{Area}$ und zusätzlich Verschiebung der Bildregion um ihren Schwerpunkt $[\bar{r}, \bar{c}] = [\text{CenterRow}, \text{CenterCol}]$:

$$M_{p,q} = \frac{1}{A} \sum_{i=0}^{n-1} (r_i - \bar{r})^p (c_i - \bar{c})^q$$

Für die Normierung der Momente werden ggf. drei spezielle Werte benötigt: Die Fläche Area sowie die Koordinaten CenterRow,CenterRow des Schwerpunktes (diese können mittels area_center_points_xld berechnet werden).

Bei geschlossenen Konturen oder Polygonen (Anfangspunkt = Endpunkt) wird der Endpunkt der Kontur oder des Polygons nicht berücksichtigt, da er sonst doppeltes Gewicht erhielte.

moments_any_points_xld sollte dann verwendet werden, wenn die Kontur XLD entweder nicht kreuzungsfrei ist oder nicht kreuzungsfrei durch eine Line vom End- zum Anfangspunkt geschlossen werden kann. In diesem Fall liefert moments_xld keine sinnvollen Ergebnisse. Ob sich die Konturen oder Polygone selbst schneiden, kann leicht mit test_self_intersection_xld überprüft werden.

Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden die Momente für die einzelnen Konturen bzw. Polygone hintereinander in M abgelegt.

Parameter

- ▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Konturen bzw. Polygone.
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Modus.
  Default: 'unnormalized'
  Wertevorschläge: Mode ∈ {'unnormalized', 'unnormalized_central', 'normalized', 'central'}
- ▷ **Area** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Fläche der Punktwolke.
- ▷ **CenterRow** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenindex des Schwerpunktes.
- ▷ **CenterCol** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenindex des Schwerpunktes.

▷ **P** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *integer*
Erster Index der zu berechnenden Momente $M_{p,q}$.
Default: 1
Wertevorschläge: P ∈ {0, 1, 2, 3, 4}

▷ **Q** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *integer*
Zweiter Index der zu berechnenden Momente $M_{p,q}$.
Default: 1
Wertevorschläge: Q ∈ {0, 1, 2, 3, 4}

▷ **M** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
Die berechneten Momente.

Komplexität

Sei n die Anzahl der Punkte in der Kontur bzw. dem Polygon. Dann ist die Laufzeit $O(n)$.

Ergebnis

moments_any_points_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

area_center_points_xld, gen_contours_skeleton_xld, smooth_contours_xld, gen_polygons_xld

Alternativen

moments_points_xld, moments_any_xld

Siehe auch

moments_points_xld, area_center_points_xld, moments_region_2nd, area_center

Modul

Foundation

moments_any_xld (XLD : : Mode, PointOrder, Area, CenterRow, CenterCol, P, Q : M)

Geometrische Momente beliebiger Ordnung von Konturen oder Polygonen.

moments_any_xld berechnet Momente beliebiger Ordnung der von Konturen oder Polygonen XLD umschlossenen Bildregionen. Die Momente werden durch Anwendung des Gaußschen Integralsatzes nur unter Verwendung der Kontur- oder Polygonpunkte berechnet, d.h. es wird keine explizite Fläche zur Berechnung erzeugt. Es wird vorausgesetzt, dass die Konturen bzw. Polygone geschlossen sind. Ist das nicht der Fall, werden sie künstlich geschlossen.

Es ist zu beachten, dass moments_any_xld nur dann sinnvolle Ergebnisse liefert, falls die Kontur oder das Polygon eine Fläche in der Ebene einschließt. Insbesondere darf sich die Kontur oder das Polygon nicht selbst schneiden. Dies ist insbesondere dann zu beachten, wenn offene Konturen und Polygone übergeben werden, da diese automatisch geschlossen werden, was dazu führen kann, dass sich die Kontur oder das Polygon selbst schneidet. Ob sich die Konturen oder Polygone selbst schneiden, kann leicht mit test_self_intersection_xld überprüft werden. Falls sich die Kontur oder das Polygon selbst schneidet, kann ein sinnvoller Wert für die Momente mit moments_any_points_xld berechnet werden.

Abhängig vom Parameter Mode werden die berechneten Momente wie folgt normiert: Mode:

'unnormalized': Keine Normalisierung. Sei R die eingeschlossene Bildregion. So entspricht das berechnete Moment $M_{p,q}$:
$M_{p,q} = \int_R r^p c^q \, dr \, dc$

'unnormalized_central': Verschiebung der Bildregion um ihren Schwerpunkt $[\bar{r},\bar{c}]$ = [CenterRow, CenterCol]:
$M_{p,q} = \int_R (r-\bar{r})^p (c-\bar{c})^q \, dr \, dc$

'normalized': Normalisierung durch die Fläche A = Area der eingeschlossenen Bildregion:
$M_{p,q} = \frac{1}{A} \int_R r^p c^q \, dr \, dc$

'central': Normalisierung durch die Fläche A = Area der eingeschlossenen Bildregion und zusätzlich Verschiebung der Bildregion um ihren Schwerpunkt $[\bar{r},\bar{c}]$ = [CenterRow, CenterCol]:
$M_{p,q} = \frac{1}{A} \int_R (r-\bar{r})^p (c-\bar{c})^q \, dr \, dc$

Für die Normierung der Momente werden ggf. drei spezielle Momente benötigt: Die Fläche Area der eingeschlossenen Bildregion sowie die Koordinaten CenterRow,CenterCol des Schwerpunktes, vgl. area_center_xld. Außerdem erwartet moments_any_xld den Umlaufsinn der Eingabekonturen bzw. -polygone in PointOrder (diese Werte können mit area_center_xld berechnet werden). Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden die Momente für die einzelnen Konturen bzw. Polygone hintereinander in M abgelegt.

Parameter

- ▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Konturen bzw. Polygone.
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Modus.
  Default: 'unnormalized'
  Wertevorschläge: Mode ∈ {'unnormalized', 'unnormalized_central', 'normalized', 'central'}
- ▷ **PointOrder** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
  Mathematischer Umlaufsinn der Stützpunkte.
  Default: 'positive'
  Wertevorschläge: PointOrder ∈ {'positive', 'negative'}
- ▷ **Area** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Fläche, die von der Kontur eingeschlossen wird.
- ▷ **CenterRow** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenindex des Schwerpunktes.
- ▷ **CenterCol** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenindex des Schwerpunktes.
- ▷ **P** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *integer*
  Erster Index der zu berechnenden Momente $M_{p,q}$.
  Default: 1
  Wertevorschläge: P ∈ {0, 1, 2, 3, 4}
- ▷ **Q** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *integer*
  Zweiter Index der zu berechnenden Momente $M_{p,q}$.
  Default: 1
  Wertevorschläge: Q ∈ {0, 1, 2, 3, 4}
- ▷ **M** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Die berechneten Momente.

Komplexität

Sei n die Anzahl der Punkte in der Kontur bzw. dem Polygon. Dann ist die Laufzeit $O(n)$.

Ergebnis

moments_any_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).

- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

area_center_xld, gen_contours_skeleton_xld, smooth_contours_xld, gen_polygons_xld

Alternativen

moments_xld, moments_any_points_xld

Siehe auch

moments_xld, area_center_xld, moments_region_2nd, area_center

Modul

Foundation

moments_points_xld (XLD : : : M11, M20, M02)

Geometrische Momente M_{20}, M_{02} und M_{11} von Konturen oder Polygonen die als Punktwolke betrachtet werden.

moments_points_xld berechnet die Momente (M20, M02) und das Trägheitsprodukt der Achsen durch den Schwerpunkt parallel zu den Koordinatenachsen (M11) der von den Eingabekonturen bzw. -polygonen definierten Punktwolken. Die Momente ergeben sich damit durch

$$M_{p,q} = \sum_{i=0}^{n-1} (r_i - \bar{r})^p (c_i - \bar{c})^q.$$

. Dabei bezeichnet $(\bar{r}, \bar{c})$ den Schwerpunkt und n die Anzahl der Punkte. Bei geschlossenen Konturen oder Polygonen (Anfangspunkt = Endpunkt) wird der Endpunkt der Kontur oder des Polygons nicht berücksichtigt, da er sonst doppeltes Gewicht erhielte.

moments_points_xld sollte dann verwendet werden, wenn die Kontur XLD entweder nicht kreuzungsfrei ist oder nicht kreuzungsfrei durch eine Line vom End- zum Anfangspunkt geschlossen werden kann. In diesem Fall liefert moments_xld keine sinnvollen Ergebnisse. Ob sich die Konturen oder Polygone selbst schneiden, kann leicht mit test_self_intersection_xld überprüft werden.

Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln in der gleichen Reihenfolge wie die entsprechenden Konturen bzw. Polygone in XLD abgespeichert.

Parameter

- ▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Konturen bzw. Polygone.
- ▷ **M11** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Trägheitsprodukt der Achsen durch den Schwerpunkt parallel zu den Koordinatenachsen.
- ▷ **M20** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 2. Ordnung in Zeilenrichtung.
- ▷ **M02** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 2. Ordnung in Spaltenrichtung.

Komplexität

Sei n die Anzahl der Punkte in der Kontur bzw. dem Polygon. Dann ist die Laufzeit $O(n)$.

Ergebnis

moments_points_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, smooth_contours_xld, gen_polygons_xld

Alternativen

moments_xld, moments_any_xld, moments_any_points_xld

Siehe auch

moments_any_points_xld, area_center_points_xld, moments_region_2nd, area_center

Modul

Foundation

moments_xld (XLD : : : M11, M20, M02)

Geometrische Momente M_{20}, M_{02} und M_{11} von Konturen oder Polygonen.

moments_xld berechnet die Momente (M20, M02) und das Trägheitsprodukt der Achsen durch den Schwerpunkt parallel zu den Koordinatenachsen (M11). Zur Definition dieser Größen siehe moments_region_2nd. Die Momente werden durch Anwendung des Gaußschen Integralsatzes nur unter Verwendung der Kontur- oder Polygonpunkte berechnet, d.h. es wird keine explizite Fläche zur Berechnung erzeugt. Es wird vorausgesetzt, dass die Konturen bzw. Polygone geschlossen sind. Ist das nicht der Fall, werden sie künstlich geschlossen.

Es ist zu beachten, dass moments_xld nur dann sinnvolle Ergebnisse liefert, falls die Kontur oder das Polygon eine Fläche in der Ebene einschließt. Insbesondere darf sich die Kontur oder das Polygon nicht selbst schneiden. Dies ist insbesondere dann zu beachten, wenn offene Konturen und Polygone übergeben werden, da diese automatisch geschlossen werden, was dazu führen kann, dass sich die Kontur oder das Polygon selbst schneidet. Ob sich die Konturen oder Polygone selbst schneiden, kann leicht mit test_self_intersection_xld überprüft werden. Falls sich die Kontur oder das Polygon selbst schneidet, können sinnvolle Werte für die Momente mit moments_points_xld berechnet werden.

Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln in der Reihenfolge ihrer entsprechenden Konturen bzw. Polygone in XLD abgespeichert.

Parameter

- ▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Konturen bzw. Polygone.
- ▷ **M11** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Trägheitsprodukt der Achsen durch den Schwerpunkt parallel zu den Koordinatenachsen.
- ▷ **M20** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 2. Ordnung in Zeilenrichtung.
- ▷ **M02** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Moment 2. Ordnung in Spaltenrichtung.

Komplexität

Sei n die Anzahl der Punkte in der Kontur bzw. dem Polygon. Dann ist die Laufzeit $O(n)$.

Ergebnis

moments_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, smooth_contours_xld, gen_polygons_xld

Alternativen

moments_any_xld, moments_points_xld, moments_any_points_xld

Siehe auch

moments_any_xld, area_center_xld, moments_region_2nd, area_center

Modul

Foundation

orientation_points_xld (XLD : : : Phi)

Berechnen der Orientierung von Konturen oder Polygonen, die wie Punktwolken behandelt werden.

orientation_points_xld berechnet die Orientierung Phi der von den Eingabekonturen oder -polygonen XLD definierten Punktwolken (die Reihenfolge der Kontur- oder Polygonpunkte wird nicht berücksichtigt). Die Orientierung Phi wird analog zu elliptic_axis_points_xld bestimmt. Bei geschlossenen Konturen oder Polygonen (Anfangspunkt = Endpunkt) wird der Endpunkt der Kontur oder des Polygons nicht berücksichtigt, da er sonst doppeltes Gewicht erhielte.

Außerdem wird der Konturpunkt p_m mit maximalem Abstand zum Schwerpunkt c berechnet. Falls der Winkel zwischen dem Vektor vom Mittelpunkt zum Punkt $\overrightarrow{p_m c}$ und dem durch Phi bestimmten Vector größer als π ist, wird π auf den den Winkel Phi addiert. Für den Fall, dass XLD nur aus zwei Punkten besteht, ergibt sich Phi aus der Richtung vom ersten zum zweiten Punkt.

orientation_points_xld sollte dann verwendet werden, wenn die Kontur XLD entweder nicht kreuzungsfrei ist oder nicht kreuzungsfrei durch eine Line vom End- zum Anfangspunkt geschlossen werden kann. In diesem Fall liefert orientation_xld keine sinnvollen Ergebnisse. Ob sich die Konturen oder Polygone selbst schneiden, kann leicht mit test_self_intersection_xld überprüft werden.

Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden die Ergebnisse für die Orientierungen in einem Tupel in der gleichen Reihenfolge wie die entsprechenden Konturen bzw. Polygone in XLD abgespeichert.

Parameter

▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Konturen bzw. Polygone.

▷ **Phi** (output_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
Orientierung der Konturen bzw. Polygone (Bogenmaß).
Zusicherung: - pi < Phi && Phi <= pi

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, edges_sub_pix, threshold_sub_pix, gen_contour_polygon_xld

Alternativen

orientation_xld, elliptic_axis_points_xld, smallest_rectangle2_xld

Siehe auch

moments_region_2nd

Modul

Foundation

orientation_xld (XLD : : : Phi)

Berechnen der Orientierung von Konturen oder Polygonen.

orientation_xld berechnet die Orientierung (Phi) für jede Eingabekontur bzw. jedes Eingabepolygon (XLD). Das Verfahren basiert auf dem Winkel, der mit elliptic_axis_xld bestimmt wird. Es wird jedoch

zusätzlich der Punkt auf der Kontur bzw. dem Polygon mit maximalem Abstand bestimmt. Ist dessen Spaltenkoordinate kleiner als die Spaltenkoordinate des Schwerpunkts, so wird π zu dem Winkel hinzugezählt. Es wird vorausgesetzt, dass die Kontur geschlossen ist. Ist das nicht der Fall, wird sie künstlich geschlossen.

Es ist zu beachten, dass `orientation_xld` nur dann sinnvolle Ergebnisse liefert, falls die Kontur oder das Polygon eine Fläche in der Ebene einschließt. Insbesondere darf sich die Kontur oder das Polygon nicht selbst schneiden. Dies ist insbesondere dann zu beachten, wenn offene Konturen und Polygone übergeben werden, da diese automatisch geschlossen werden, was dazu führen kann, dass sich die Kontur oder das Polygon selbst schneidet. Ob sich die Konturen oder Polygone selbst schneiden, kann leicht mit `test_self_intersection_xld` überprüft werden. Falls sich die Kontur oder das Polygon selbst schneidet, kann ein sinnvoller Wert für die Orientierung mit `orientation_points_xld` berechnet werden.

Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden die Ergebnisse für die Orientierungen in einem Tupel in der Reihenfolge ihrer entsprechenden Konturen bzw. Polygone in `XLD` abgespeichert.

Parameter

- ▷ **`XLD`** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Konturen bzw. Polygone.
- ▷ **`Phi`** (output_control) ..... angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Orientierung der Konturen bzw. Polygone (Bogenmaß).
  Zusicherung: - pi < Phi && Phi <= pi

Ergebnis

`orientation_xld` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabekontur vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`gen_contours_skeleton_xld`, `edges_sub_pix`, `threshold_sub_pix`, `gen_contour_polygon_xld`, `test_self_intersection_xld`

Alternativen

`elliptic_axis_xld`, `smallest_rectangle2_xld`

Siehe auch

`moments_region_2nd`

Modul

Foundation

`query_contour_attribs_xld` (Contour : : : Attribs)

Auslesen der Namen von definierten Attributen einer XLD-Kontur.

`query_contour_attribs_xld` liefert für die XLD-Kontur `Contour` die Namen aller für jeden Punkt der Kontur definierten Attribute in `Attribs` zurück. Attribute sind für jeden Konturpunkt definierte, zusätzliche Werte, wie z.B. die Richtung senkrecht zur Kontur (*'angle'*). Operatoren, die solche Attribute definieren, enthalten eine Beschreibung der Namen und der Semantik der von ihnen definierten Werte. Die Werte des Attributs können mit `get_contour_attrib_xld` ausgelesen werden.

Einen Überblick über die verschiedenen Konturattribute und die Operatoren, welche sie den Konturpunkten hinzufügen, gibt die Operator-Referenz von `get_contour_attrib_xld`.

Parameter

▷ **Contour** (input_object) . . . . . xld_cont ⇝ *object*
Eingabe-Kontur.

▷ **Attribs** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Liste der definierten Kontur-Attribute.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

lines_gauss, lines_facet, edges_sub_pix

Siehe auch

get_contour_attrib_xld, get_contour_global_attrib_xld, query_contour_global_attribs_xld

Modul

Foundation

query_contour_global_attribs_xld (Contour : : : Attribs)

Auslesen der Namen von definierten globalen Attributen einer XLD-Kontur.

query_contour_global_attribs_xld liefert für die XLD-Kontur Contour die Namen aller für die Kontur definierten globalen Attribute in Attribs zurück. Globale Attribute sind für eine gesamte Kontur definierte, zusätzliche Werte, wie z.B. der Normalenvektor der Regressionsgerade einer Kontur (*'regr_norm_row'* und *'regr_norm_col'*). Operatoren, die globale Konturattribute definieren, enthalten eine Beschreibung der Namen und der Semantik der von ihnen definierten Werte. Der Wert des Attributs kann mit get_contour_global_attrib_xld ausgelesen werden.

Einen Überblick über die verschiedenen globalen Konturattribute und die Operatoren, welche sie den Konturpunkten hinzufügen, gibt die Operator-Referenz von get_contour_global_attrib_xld.

Parameter

▷ **Contour** (input_object) . . . . . xld_cont ⇝ *object*
Eingabe-Kontur.

▷ **Attribs** (output_control) . . . . . string-array ⇝ *string*
Liste der definierten globalen Kontur-Attribute.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

lines_gauss, lines_facet, edges_sub_pix

Siehe auch

get_contour_global_attrib_xld, get_contour_attrib_xld, query_contour_attribs_xld

Modul

Foundation

rectangularity_xld (XLD : : : Rectangularity)

Formfaktor für die Rechteckigkeit von Konturen oder Polygonen.

rectangularity_xld berechnet die Rechteckigkeit für jede Eingabekontur bzw. jedes Eingabepolygon in XLD. Es muss darauf geachtet werden, dass sich die Eingabekonturen bzw. -polygone nicht selbst schneiden, da ansonsten der Ausgabeparameter keinen aussagekräftigen Wert enthält (Ob sich die Eingabekonturen bzw. -polygone selbst schneiden oder nicht, lässt sich mit test_self_intersection_xld überprüfen). Sind die Eingabekonturen bzw. -polygone nicht geschlossen, so werden sie vor der Berechnung automatisch geschlossen.

Zur Bestimmung der Rechteckigkeit wird zunächst ein Rechteck ermittelt, das die gleichen ersten und zweiten Momente besitzt wie die Eingabekontur bzw. das Eingabepolygon. Die Berechnung des Rechteckigkeitsmaßes basiert schließlich auf der Fläche der Differenz zwischen dem ermittelten Rechteck und der Eingabekontur bzw. des Eingabepolygons normiert auf die Fläche des Rechtecks.

Für Rechtecke liefert rectangularity_xld den Wert 1 zurück. Je weniger die Eingabekonturen bzw. -polygone einem Rechteck gleichen, desto geringer ist Rectangularity. Wird mehr als eine Kontur bzw. ein Polygon übergeben,dann werden die Zahlenwerte für die Rechteckigkeit in einem Tupel abgespeichert, wobei die Position eines Wertes in dem Tupel der Position der Kontur bzw. des Polygons im Eingabetupel XLD entspricht.

Achtung

Bei Eingabekonturen bzw. -polygone, deren Orientierung über Momente zweiter Ordnung nicht definiert ist (wie es z.B. beim Quadrat der Fall ist), wird für Rectangularity je nach Orientierung der Eingabekonturen bzw. -polygone ein bis zu 10% zu niedriger Wert zurückgeliefert.

Parameter

- ▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Konturen bzw. Polygone.
- ▷ **Rectangularity** (output_control) ..... real(-array) ⇝ *real*
  Rechteckigkeit der Eingabekonturen bzw. -polygone.
  Zusicherung: 0 <= Rectangularity && Rectangularity <= 1.0

Ergebnis

rectangularity_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabekonturen bzw. -polygone vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, edges_sub_pix, threshold_sub_pix, gen_contour_polygon_xld, test_self_intersection_xld

Alternativen

circularity_xld, convexity_xld, compactness_xld, eccentricity_xld

Siehe auch

area_center_xld, select_shape_xld

Literatur

P. L. Rosin: „Measuring rectangularity“; Machine Vision and Applications; vol. 11; pp. 191-196; Springer-Verlag, 1999.

Modul

Foundation

select_contours_xld (Contours : SelectedContours : Feature, Min1, Max1, Min2, Max2 :)

Filtern von XLD-Konturen.

select_contours_xld filtert die Konturen Contours. Dabei kann zwischen folgenden Merkmalen Feature ausgewählt werden:

'contour_length': Alle Konturen, deren Länge kleiner als Min1 oder größer als Max1 ist, werden gelöscht, (Min2 und Max2 sind hier ohne Bedeutung).

'maximum_extent': Alle Konturen, deren maximale Ausdehnung (gemessen zwischen den acht Extrempunkten in Zeilen- und Spaltenrichtung, wie sie durch Haralick und Shapiro Computer and Robot Vision, Addison-Wesley 1992, Kapitel 3.2 beschrieben werden) kleiner als Min1 oder größer als Max1 ist, werden gelöscht, (Min2 und Max2 sind hier ohne Bedeutung).

'direction': Nur alle Konturen, deren Richtungen der optimalen Regressionsgeraden zwischen Min1 und Max1 (im Bogenmaß, mathematischer Drehsinn) liegen, werden behalten. Die Parameter Min1 und Max1 werden auf den Bereich [0,2*PI[abgebildet. (Min2 und Max2 sind hier ohne Bedeutung).

'curvature': Nur alle Konturen, deren mittlerer Abstand der Konturpunkte von der optimalen Regressionsgeraden zwischen Min1 und Max1 liegt und der Standardabweichung dieses Abstands zwischen Min2 und Max2 liegt, werden behalten.

'closed': Nur Konturen, deren Anfangs- und Endpunkte einen Abstand von maximal Max1 Pixeln voneinander haben, werden behalten. (Min1, Min2 und Max2 sind hier ohne Bedeutung).

'open': Nur Konturen, deren Anfangs- und Endpunkte einen Abstand von mindestens Min1 Pixeln voneinander haben, werden behalten. (Max1, Min2 und Max2 sind hier ohne Bedeutung).

Wenn beim Filtern nach der Krümmung Min1 = Max1 = 0 oder Min2 = Max2 = 0 gewählt wird, spielt das zugeordnete Merkmal keine einschränkende Rolle für die Selektion.

Achtung

Bevor Konturen mit select_contours_xld gemäß Merkmal *'direction'* oder *'curvature'* gefiltert werden können, müssen die Regressionsgeradenparameter mit regress_contours_xld berechnet werden. Falls dies nicht geschehen ist, ruft select_contours_xld intern regress_contours_xld mit den Parametern Mode = *'no'* und Iterations = *1* auf. Falls ein anderer Modus gewünscht wird, muss regress_contours_xld explizit aufgerufen werden.

Parameter

▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
Eingabe-Konturen.

▷ **SelectedContours** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
Ausgabe-Konturen.

▷ **Feature** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Selektionsmerkmal.
Default: 'contour_length'
Werteliste: Feature ∈ {'contour_length', 'maximum_extent', 'direction', 'curvature', 'closed', 'open'}

▷ **Min1** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Untere Schranke.
Default: 0.5

▷ **Max1** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Obere Schranke.
Default: 200.0

▷ **Min2** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Untere Schranke.
Default: -0.5

▷ **Max2** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Obere Schranke.
Default: 0.5

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

regress_contours_xld

Siehe auch

get_contour_xld, get_contour_attrib_xld, gen_contours_skeleton_xld, lines_gauss, lines_facet, edges_sub_pix, get_regress_params_xld, get_contour_global_attrib_xld, query_contour_global_attribs_xld

Literatur

R. Haralick, L. Shapiro: „Computer and Robot Vision“ Vol. 1; Kapitel 3.2, Addison-Wesley 1992

Modul

Foundation

select_shape_xld (XLD : SelectedXLD : Features, Operation, Min, Max :)

Auswahl von Konturen oder Polygonen mit Hilfe von Formmerkmalen.

select_shape_xld wählt Konturen bzw. Polygone anhand ihrer Form aus. Für jede Eingabekontur bzw. jedes Eingabepolygon aus XLD werden die angegebenen Merkmale (Features) berechnet. Wenn jedes (Operation = *'and'*) oder mindestens eines (Operation = *'or'*) der so berechneten Merkmale in den vorgegebenen Grenzen (Min,Max) liegt, wird die Kontur bzw. das Polygon in die Ausgabe übernommen (dupliziert). Um diese Grenzen nach unten oder oben offen zu lassen, kann statt eines Wertes auch *'min'* beziehungsweise *'max'* für Min und Max gesetzt werden.

Bedingung:

$$\mathtt{Min}_i \leq \mathtt{Features}_i(Object) \leq \mathtt{Max}_i$$

Mögliche Werte für Features:

(alle Features könnten auch für Polygone verwendet werden)

'area': Fläche des Objektes (vgl. area_center_xld)

'area_points': Fläche der Konturpunkte (vgl. area_center_points_xld)

'row': Zeilenindex des Schwerpunkts (vgl. area_center_xld)

'column': Spaltenindex des Schwerpunkts (vgl. area_center_xld)

'column_points': Spaltenindex des Schwerpunkts der Konturpunkte (vgl. area_center_points_xld)

'row_points': Zeilenindex des Schwerpunkts der Konturpunkte (vgl. area_center_points_xld)

'width': Breite der Kontur (siehe height_width_ratio_xld)

'height': Höhe der Kontur (siehe height_width_ratio_xld)

'ratio': Verhältnis der Höhe zur Breite der Kontur (siehe height_width_ratio_xld)

'row1': Zeilenindex der linken oberen Ecke (vgl. Operator smallest_rectangle1_xld)

'column1': Spaltenindex der linken oberen Ecke (vgl. Operator smallest_rectangle1_xld)

'row2': Zeilenindex der rechten unteren Ecke (vgl. Operator smallest_rectangle1_xld)

'column2': Spaltenindex der rechten unteren Ecke (vgl. Operator smallest_rectangle1_xld)

'circularity': Kreisförmigkeit (vgl. circularity_xld)

'compactness': Kompaktheit (vgl. compactness_xld)

'rectangularity': Rechteckigkeit (vgl. rectangularity_xld)

'contlength': Gesamtlänge der Kontur (vgl. length_xld)

'convexity': Konvexität (vgl. convexity_xld)

'ra': Hauptradius der äquivalenten Ellipse (vgl. elliptic_axis_xld)

'rb': Nebenradius der äquivalenten Ellipse (vgl. elliptic_axis_xld)

'phi': Orientierung der äquivalenten Ellipse (vgl. elliptic_axis_xld)

'ra_points': Hauptradius der äquivalenten Ellipse der Konturpunkte (vgl. `elliptic_axis_points_xld`)

'rb_points': Nebenradius der äquivalenten Ellipse Konturpunkte (vgl. `elliptic_axis_points_xld`)

'phi_points': Orientierung der äquivalenten Ellipse Konturpunkte (vgl. `elliptic_axis_points_xld`)

'anisometry' Anisometrie (vgl. `eccentricity_xld`)

'anisometry_points' Anisometrie der Konturpunkte (vgl. `eccentricity_points_xld`)

'bulkiness' Bulkiness (vgl. `eccentricity_xld`)

'struct_factor' Strukturfaktor (vgl. `eccentricity_xld`)

'outer_radius': Radius des kleinsten umschließenden Kreises (vgl. `smallest_circle_xld`)

'max_diameter': Maximale Ausdehnung der Region (vgl. `diameter_xld`)

'orientation': Orientierung der Region (vgl. `orientation_xld`)

'orientation_points': Orientierung der Konturpunkte (vgl. `orientation_points_xld`)

'rect2_phi': Orientierung des kleinsten umschließenden Rechtecks (vgl. `smallest_rectangle2_xld`)

'rect2_len1': Halbe Länge des kleinsten umschließenden Rechtecks (vgl. `smallest_rectangle2_xld`)

'rect2_len2': Halbe Breite des kleinsten umschließenden Rechtecks (vgl. `smallest_rectangle2_xld`)

'moments_m11','moments_m20','moments_m02': Geometrische Konturenmomente (vgl. `moments_xld`)

'moments_m11_points','moments_m20_points','moments_m02_points': Geometrische Momente der Konturpunkte (vgl. `moments_points_xld`)

Wird nur ein Merkmal (`Features`) verwendet, dann ist der Wert von `Operation` bedeutungslos. Mehrere Merkmale werden in der Reihenfolge abgearbeitet, in der sie eingegeben werden. Bei der Berechnung einiger Merkmale muss darauf geachtet werden, dass sich die Eingabekonturen bzw. -polygone nicht selbst schneiden, da ansonsten keine aussagekräftigen Ergebnisse zurückgeliefert werden können (Ob sich die Eingabekonturen bzw. -polygone selbst schneiden oder nicht, lässt sich mit `test_self_intersection_xld` überprüfen).

Parameter

▷ **`XLD`** (input_object) ..... xld-array ⇝ *object*
Konturen bzw. Polygone, die untersucht werden sollen.

▷ **`SelectedXLD`** (output_object) ..... xld-array ⇝ *object*
Konturen bzw. Polygone, die die Bedingung(en) erfüllen.

▷ **`Features`** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Zu testende Formmerkmale.
Default: 'area'
Werteliste: `Features` ∈ {'area', 'area_points', 'row', 'row_points', 'column', 'column_points', 'width', 'height', 'ratio', 'row1', 'column1', 'row2', 'column2', 'circularity', 'compactness', 'contlength', 'convexity', 'rectangularity', 'ra', 'ra_points', 'rb', 'rb_points', 'phi', 'phi_points', 'anisometry', 'anisometry_points', 'bulkiness', 'struct_factor', 'outer_radius', 'max_diameter', 'orientation', 'orientation_points', 'rect2_phi', 'rect2_len1', 'rect2_len2', 'moments_m11', 'moments_m11_points', 'moments_m20', 'moments_m20_points', 'moments_m02', 'moments_m02_points'}

▷ **`Operation`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Verknüpfungsart der einzelnen Merkmale.
Default: 'and'
Werteliste: `Operation` ∈ {'and', 'or'}

▷ **`Min`** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real* / integer / string
Untere Grenzen der Merkmale oder 'min'.
Default: 150.0
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 1.0

▷ **`Max`** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real* / integer / string
Obere Grenzen der Merkmale oder 'max'.
Default: 99999.0
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 1.0
Restriktion: Max >= Min

Ergebnis

`select_shape_xld` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabeobjekte vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_contours_skeleton_xld`, `edges_sub_pix`, `threshold_sub_pix`, `gen_contour_polygon_xld`, `test_self_intersection_xld`

Nachfolger

`shape_trans_xld`, `count_obj`

Siehe auch

`area_center_xld`, `area_center_points_xld`, `circularity_xld`, `compactness_xld`, `convexity_xld`, `elliptic_axis_xld`, `elliptic_axis_points_xld`, `eccentricity_xld`, `eccentricity_points_xld`, `rectangularity_xld`, `smallest_circle_xld`, `smallest_rectangle1_xld`, `smallest_rectangle2_xld`, `diameter_xld`, `orientation_xld`, `orientation_points_xld`, `moments_xld`, `moments_points_xld`, `select_obj`

Modul

Foundation

select_xld_point (XLDs : DestXLDs : Row, Column :)

Auswahl aller Konturen oder Polygone, die einen übergebenen Punkt enthalten.

`select_xld_point` selektiert alle Konturen oder Polygone aus `XLDs`, die den Testpunkt (`Row`,`Column`) enthalten. Es kann vorkommen, dass mehr als eine Kontur oder Polygon den Punkt enthält, falls sich die Konturen oder Polygone überlappen. In diesem Fall werden all diese Konturen oder Polygone ausgegeben. Falls keine Konturen oder Polygone den angegebenen Punkt enthalten, wird ein leeres Objekt ausgegeben. Es wird vorausgesetzt, dass die Konturen oder Polygone geschlossen sind. Ist das nicht der Fall, werden sie künstlich geschlossen. Dennoch sollte darauf geachtet werden, dass nur sinnvolle, geschlossene Konturen und Polygone in `XLDs` übergeben werden, indem vorab `select_contours_xld` mit dem Parameter *'closed'* aufgerufen wird.

Achtung

Liegt der Testpunkt direkt auf einer Kontur bzw. einem Polygon, ist das Ergebnis von `select_xld_point` unvorhersagbar, d.h. die Kontur bzw. das Polygon wird in Abhängigkeit von Faktoren wie der Orientierung der Kontur bzw. des Polygons zu `DestXLDs` hinzugefügt oder nicht. Weiterhin ist zu beachten, dass bei großer Nähe des Punktes zu den Kontur- bzw. Polygonseiten eine verlässliche Klassifikation durch numerische Ungenauigkeiten praktisch ausgeschlossen ist.

Parameter

▷ **XLDs** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Konturen oder Polygone.

▷ **DestXLDs** (output_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
Alle Konturen oder Polygone, die den Testpunkt enthalten.

▷ **Row** (input_control) ..... point.y ⇝ *real* / integer
Zeilenkoordinate des Testpunktes.
Default: 100.0

▷ **Column** (input_control) ..... point.x ⇝ *real* / integer
Spaltenkoordinate des Testpunktes.
Default: 100.0

Ergebnis

select_xld_point liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Parameter korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabekonturen oder -polygone vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

select_contours_xld, close_contours_xld, threshold_sub_pix

Alternativen

test_xld_point

Modul

Foundation

smallest_circle_xld (XLD : : : Row, Column, Radius)

Kleinster umschließender Kreis von Konturen oder Polygonen.

smallest_circle_xld bestimmt den kleinsten umschließenden Kreis von Konturen oder Polygonen, also den Kreis mit dem kleinsten Flächeninhalt unter allen Kreisen, die die Kontur enthalten. Für diesen Kreis werden der Mittelpunkt (Row,Column) und der Radius (Radius) berechnet.

Werden mehrere Konturen oder Polygone in XLD übergeben, so werden entsprechende Tupel als Ausgabeparameter zurückgegeben. Bei leerer Kontur haben alle Parameter den Wert 0.0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe set_system).

Parameter

▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
Zu untersuchende Konturen oder Polygone.

▷ **Row** (output_control) ..... circle.center.y(-array) ⇝ *real*
Zeilenkoordinate des Mittelpunktes des umschließenden Kreises.

▷ **Column** (output_control) ..... circle.center.x(-array) ⇝ *real*
Spaltenkoordinate des Mittelpunktes des umschließenden Kreises.

▷ **Radius** (output_control) ..... circle.radius(-array) ⇝ *real*
Radius des umschließenden Kreises.
Zusicherung: Radius >= 0

Komplexität

Seien N die Anzahl der Punkte in der Kontur dann beträgt die Laufzeitkomplexität $O(N * ln(N))$.

Ergebnis

smallest_circle_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, edges_sub_pix, threshold_sub_pix, gen_contour_polygon_xld

Nachfolger

gen_ellipse_contour_xld

Alternativen

smallest_rectangle1_xld, smallest_rectangle2_xld

Siehe auch

elliptic_axis_xld, smallest_rectangle1_xld, smallest_rectangle2_xld, shape_trans_xld

Modul

Foundation

smallest_rectangle1_xld (XLD : : : Row1, Column1, Row2, Column2)

Umschließendes Rechteck parallel zu den Koordinatenachsen von Konturen oder Polygonen.

smallest_rectangle1_xld berechnet das umschließende Rechteck (parallel zu den Koordinatenachsen) für jede Eingabekontur bzw. jedes Eingabepolygon. Das umschließende Rechteck wird durch die Koordinaten der Eckpunkte (Row1,Column1,Row2,Column2) beschrieben.

Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln in der Reihenfolge ihrer entsprechenden Konturen bzw. Polygone in XLD abgespeichert. Bei leerer Kontur haben alle Parameter den Wert 0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe set_system).

Achtung

Bei leeren Konturen kann das Ergebnis von Row1,Column1, Row2 und Column2 (alle sind 0) zu Konfusionen führen.

Parameter

- ▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Konturen oder Polygone.
- ▷ **Row1** (output_control) ..... rectangle.origin.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des linken oberen Eckpunkts des umschließenden Rechtecks.
- ▷ **Column1** (output_control) ..... rectangle.origin.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des linken oberen Eckpunkts des umschließenden Rechtecks.
- ▷ **Row2** (output_control) ..... rectangle.corner.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des rechten unteren Eckpunkts des umschließenden Rechtecks.
- ▷ **Column2** (output_control) ..... rectangle.corner.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des rechten unteren Eckpunkts des umschließenden Rechtecks.

Komplexität

Sei N die Anzahl der Punkte in der Kontur, dann beträgt die Laufzeitkomplexität $O(N)$.

Ergebnis

smallest_rectangle1_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, edges_sub_pix, threshold_sub_pix, gen_contour_polygon_xld

Nachfolger

gen_polygons_xld

Alternativen

height_width_ratio_xld, smallest_rectangle2_xld, shape_trans_xld

Siehe auch

shape_trans_xld, smallest_rectangle2_xld, smallest_circle_xld, elliptic_axis_xld, area_center_xld

Modul

Foundation

smallest_rectangle2_xld (XLD : : : Row, Column, Phi, Length1, Length2)

Kleinstes umschließendes Rechteck mit beliebiger Orientierung von Konturen oder Polygonen.

smallest_rectangle2_xld bestimmt das kleinste umschließende Rechteck für jede Eingabekontur bzw. jedes Eingabepolygon, also das Rechteck mit dem kleinsten Flächeninhalt unter allen Rechtecken, die die Kontur enthalten. Für dieses Rechteck werden der Mittelpunkt, der Neigungswinkel und die beiden Halbmesser berechnet.

Wird mehr als eine Kontur oder ein Polygon übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln in der Reihenfolge ihrer entsprechenden Konturen bzw. Polygone in XLD abgespeichert. Bei leerer Kontur haben alle Parameter den Wert 0.0, soweit kein anderes Verhalten eingestellt wurde (siehe set_system).

Parameter

- ▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  Zu untersuchende Konturen oder Polygone.
- ▷ **Row** (output_control) ..... rectangle2.center.y(-array) ⇝ *real*
  Zeilenkoordinate des Mittelpunktes des umschließenden Rechtecks.
- ▷ **Column** (output_control) ..... rectangle2.center.x(-array) ⇝ *real*
  Spaltenkoordinate des Mittelpunktes des umschließenden Rechtecks.
- ▷ **Phi** (output_control) ..... rectangle2.angle.rad(-array) ⇝ *real*
  Orientierung des umschließenden Rechtecks (Bogenmaß)
  Zusicherung: - pi / 2 < Phi && Phi <= pi / 2
- ▷ **Length1** (output_control) ..... rectangle2.hwidth(-array) ⇝ *real*
  Erster Halbmesser (halbe Länge) des umschließenden Rechtecks.
  Zusicherung: Length1 >= 0.0
- ▷ **Length2** (output_control) ..... rectangle2.hheight(-array) ⇝ *real*
  Zweiter Halbmesser (halbe Breite) des umschließenden Rechtecks.
  Zusicherung: Length2 >= 0.0 && Length2 <= Length1

Komplexität

Seien N die Anzahl der Punkte in der Kontur und C die Anzahl der Punkte der entsprechenden konvexen Hülle, dann beträgt die Laufzeitkomplexität $O(N * ln(N) + C^2)$.

Ergebnis

smallest_rectangle2_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe lässt sich mittels set_system(::'no_object_result',<Result>:) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, edges_sub_pix, threshold_sub_pix, gen_contour_polygon_xld

Nachfolger

gen_polygons_xld

Alternativen

smallest_rectangle1, shape_trans_xld

Siehe auch

smallest_rectangle1, smallest_circle, elliptic_axis_xld

Modul

Foundation

test_closed_xld (XLD : : : IsClosed)

Prüfen, ob Konturen oder Polygone geschlossen sind.

test_closed_xld prüft für alle Konturen und Polygone aus XLD ob sie geschlossen sind, und liefert das Ergebnis in IsClosed zurück. Ist eine Kontur oder ein Polygon geschlossen, so ist der entsprechende Rückgabewert 1, sonst 0. Eine Kontur oder ein Polygon ist genau dann geschlossen, wenn der letzte Punkt mit dem ersten übereinstimmt.

Parameter

- ▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  Zu testende Konturen und Polygone.
- ▷ **IsClosed** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
  Tupel mit booleschen Werten.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_contour_region_xld, edges_sub_pix

Modul

Foundation

test_self_intersection_xld (XLD : : CloseXLD : DoesIntersect)

Test auf Selbstüberschneidungen von XLD-Konturen oder -Polygonen.

test_self_intersection_xld überprüft, ob sich die Eingabekonturen oder -polygone in XLD selbst schneiden. Das Ausgabearray DoesIntersect enthält eine *1*, falls die zugehörige Kontur oder das zugehörige Polygon die eine Selbstüberschneidung besitzt und eine *0* sonst.

Hat der Eingabeparameter CloseXLD den Wert *'true'*, so werden offene Konturen oder Polygone zunächst geschlossen, indem der erste und der letzte Kontur- oder Polygonpunkt durch ein Liniensegment verbunden werden.

Wenn sich eine Kontur oder ein Polygon lediglich selbst berührt, so wird dies nicht als Selbstüberschneidung gewertet.

Achtung

Eine Kontur oder ein Polygon berührt sich dann selbst, wenn ein Kontur- oder Polygonpunkt exakt auf einem Kontur- oder Polygonstück liegt. Ob ein Punkt aber genau auf einem Kontur- oder Polygonstück liegt oder nicht, lässt sich aus numerischen Gründen praktisch nicht entscheiden.

Parameter

- ▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
  Eingabekonturen bzw. -polygone.
- ▷ **CloseXLD** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Sollen die Eingabekonturen oder -polygone zuerst geschlossen werden?
  Default: 'true'
  Werteliste: CloseXLD ∈ {'true', 'false'}

▷ **DoesIntersect** (output_control) ..... number(-array) ⇝ *integer*
1 für Konturen oder Polygone mit Selbstüberschneidung und 0 sonst.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Modul

Foundation

test_xld_point (XLD : : Row, Column : IsInside)

Test, ob ein(e) oder mehrere Konturen oder Polygone einen oder mehrere gegebene Punkte umschließen.

`test_xld_point` prüft, ob ein Testpunkt (`Row`, `Column`) von einer Kontur oder einem Polygon `XLD` eingeschlossen wird und liefert das Ergebnis in `IsInside` zurück. Ist der Testpunkt von der Kontur bzw. dem Polygon eingeschlossen, so ist der Rückgabewert *1*, sonst *0*. Werden mehr als ein Testpunkt und/oder mehr als eine Kontur/Polygon übergeben, dann werden die Ergebnisse in Tupeln abgespeichert. Im Falle von einem Testpunkt und mehreren Konturen/Polygonen zeigt das (i-1)-te Element des Ergebnistupels `IsInside`, ob der Punkt von der i-ten Kontur oder dem i-ten Polygon eingeschlossen ist. Im Falle von mehreren Testpunkten und einer Kontur/Polygon zeigt das i-te Element des Ergebnistupels `IsInside`, ob der i-te Punkt von der Kontur/Polygon eingeschlossen ist. Im Falle von mehreren Testpunkten und mehreren Konturen/Polygonen zeigt das (i-1)-te Element des Ergebnistupels `IsInside`, ob der (i-1)-te Punkt von der i-ten Kontur oder dem i-ten Polygon eingeschlossen ist (Die Indizes unterscheiden sich, da die Indizierung des Ergebnistupels im Gegensatz zur Indizierung von Objekttupeln bei 0 beginnt). Die Anzahl der Testpunkte muss dabei gleich der Anzahl der Konturen/Polygone sein. Es wird vorausgesetzt, dass die Konturen oder Polygone geschlossen sind. Ist das nicht der Fall, werden sie künstlich geschlossen. Dennoch sollte darauf geachtet werden, dass nur sinnvolle, geschlossene Konturen und Polygone in `XLD` übergeben werden.

Achtung

Liegt ein Testpunkt direkt auf der Kontur bzw. dem Polygon, ist das Ergebnis von `test_xld_point` unvorhersagbar, d.h. *0* oder *1* wird in Abhängigkeit von Faktoren wie der Orientierung der Kontur bzw. des Polygons zurückgegeben. Weiterhin ist zu beachten, dass bei großer Nähe des Punktes zu den Kontur- bzw. Polygonseiten eine verlässliche Klassifikation durch numerische Ungenauigkeiten praktisch ausgeschlossen ist.

Parameter

▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
Zu testende Konturen bzw. Polygone.

▷ **Row** (input_control) ..... point.y(-array) ⇝ *real*
Zeilenkoordinaten der zu testenden Punkte.

▷ **Column** (input_control) ..... point.x(-array) ⇝ *real*
Spaltenkoordinaten der zu testenden Punkte.
Parameteranzahl: Column == Row

▷ **IsInside** (output_control) ..... integer(-array) ⇝ *integer*
Tupel mit booleschen Werten.

Ergebnis

`test_xld_point` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe lässt sich mittels `set_system(::'no_object_result',<Result>:)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

select_contours_xld, close_contours_xld, threshold_sub_pix

Modul

Foundation

30.5 Transformationen

add_noise_white_contour_xld (
Contours : NoisyContours : NumRegrPoints, Amp :)

Verrauschen von XLD-Konturen.

add_noise_white_contour_xld erzeugt aus den Konturen, die in Contours übergeben werden, neue Konturen NoisyContours mit verrauschten Konturpunkten. Dazu wird für jeden Konturpunkt der Eingabekonturen die lokale Regressionsgeraden aus den NumRegrPoints benachbarten Punkten bestimmt. Dann wird der Punkt senkrecht zur Regressionsgeraden verschoben. Der Betrag dieser Verschiebung entspricht gleichverteiltem, mittelwertfreiem, weißem Rauschen mit maximaler Amplitude Amp.

Die Verrauschung wird mit Hilfe der C-Funktion „drand48()“ generiert. Für Informationen zu den verwendeten Seeds siehe den Parameter *'seed_rand'* in set_system.

Parameter

- ▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Zu verrauschende Konturen.
- ▷ **NoisyContours** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Verrauschte Konturen.
- ▷ **NumRegrPoints** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Anzahl der für die Regressionsgerade verwendeten Punkte.
  Default: 5
  Wertevorschläge: NumRegrPoints ∈ {3, 5, 7, 9}
  Restriktion: NumRegrPoints >= 3 && odd(NumRegrPoints)
- ▷ **Amp** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Maximale Amplitude des additiven Rauschens (in [-Amp,Amp] gleichverteilt).
  Default: 1.0
  Wertevorschläge: Amp ∈ {0.25, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 10.0}
  Restriktion: Amp > 0

Beispiel

```
draw_ellipse(WindowHandle,Row,Column,Phi,Radius1,Radius2)
gen_ellipse_contour_xld(Ellipse,Row,Column,Phi,Radius1,Radius2,0,6.28319, \
                        'positive', 1.5)
add_noise_white_contour_xld(Ellipse,NoisyEllipse,5,0.5)
fit_ellipse_contour_xld (NoisyEllipse, 'fitzgibbon', -1, 2, 0, 200, 3, 2.0, \
                         ERow, EColumn, EPhi, ERadius1, ERadius2, \
                         EStartPhi, EEndPhi, EPointOrder)
```

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, dann liefert add_noise_white_contour_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabebilder vorhanden) lässt sich mittels set_system('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, lines_gauss, lines_facet, edges_sub_pix, gen_ellipse_contour_xld

Nachfolger

smooth_contours_xld

Siehe auch

smooth_contours_xld, add_noise_white

Modul

Foundation

clip_contours_xld (Contours : ClippedContours : Row1, Column1, Row2, Column2 :)

Beschneiden von XLD-Konturen.

clip_contours_xld beschneidet alle Konturen, die in Contours übergeben werden, d.h., es werden nur solche Konturpunkte eingetragen, die innerhalb des Rechtecks, das durch Row1, Column1, Row2 und Column2 gegeben ist, liegen. Dabei ist zu beachten, dass sich das Rechteck wie eine Region verhält, d.h., das Rechteck umschließt die enthaltenen Pixel vollständig. Gegebenenfalls werden Konturen aufgebrochen und als mehrere Konturen eingetragen. Die resultierenden Konturen werden in ClippedContours ausgegeben.

Parameter

- ▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Zu beschneidende Konturen.
- ▷ **ClippedContours** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Beschnittene Konturen.
- ▷ **Row1** (input_control) ..... rectangle.origin.y ⇝ *integer*
  Zeile der linken oberen Ecke des Clip-Rechtecks.
  Default: 0
  Wertevorschläge: Row1 ∈ {0, 500, 1000, 1500, 2000}
- ▷ **Column1** (input_control) ..... rectangle.origin.x ⇝ *integer*
  Spalte der linken oberen Ecke des Clip-Rechtecks.
  Default: 0
  Wertevorschläge: Column1 ∈ {0, 500, 1000, 1500, 2000}
- ▷ **Row2** (input_control) ..... rectangle.corner.y ⇝ *integer*
  Zeile der rechten unteren Ecke des Clip-Rechtecks.
  Default: 512
  Wertevorschläge: Row2 ∈ {512, 1024, 1536, 2048}
- ▷ **Column2** (input_control) ..... rectangle.corner.x ⇝ *integer*
  Spalte der rechten unteren Ecke des Clip-Rechtecks.
  Default: 512
  Wertevorschläge: Column2 ∈ {512, 1024, 1536, 2048}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, lines_gauss, lines_facet, edges_sub_pix

Nachfolger

gen_polygons_xld

Alternativen

crop_contours_xld

Siehe auch

clip_region, crop_part, crop_contours_xld

Modul

Foundation

clip_end_points_contours_xld (Contours : ClippedContours : Mode, Length :)

Abschneiden der Endpunkte einer XLD-Kontur.

clip_end_points_contours_xld schneidet von einer XLD-Kontur die Endpunkte ab. Dabei kann über den Parameter Mode festgelegt werden, mit welchem Maß abgeschnitten wird.

Falls Mode = *'length'*, wird in Length die euklidische Länge des abzuschneidenden Konturstückes angegeben. Falls Mode = *'num_points'*, wird in Length die Anzahl an abzuschneidenden Punkte übergeben.

Die beschnittene Kontur wird in ClippedContours zurückgegeben. Für den Fall, dass alle Punkte einer Kontur entfernt würden, wird keine Kontur zurückgegeben. Deshalb ist die Anzahl an Ausgabekonturen kleiner oder gleich der Anzahl an Eingabekonturen.

Parameter

- ▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Eingabekontur.
- ▷ **ClippedContours** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Verkürzte Kontur
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Clipping-Modus.
  Default: 'num_points'
  Werteliste: Mode ∈ {'num_points', 'length'}
- ▷ **Length** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Clipping-Länge in der Einheit Pixel (Mode = *'length'*) oder Zahl (Mode = *'num_points'*)
  Default: 3
  Wertevorschläge: Length ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}

Ergebnis

Sind die Parameterwerte korrekt, liefert clip_end_points_contours_xld den Wert 2 (H_MSG_TRUE). Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabekontur vorhanden) lässt sich mittels set_system ('no_object_result',<Result>) festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

segment_contours_xld

Siehe auch

clip_contours_xld, crop_contours_xld

Modul

Foundation

close_contours_xld (Contours : ClosedContours : :)

Schließen von XLD-Konturen.

close_contours_xld schließt alle Konturen, die in Contours übergeben werden. Die resultierenden Konturen werden in ClosedContours ausgegeben. Um sinnvolle Ergebnisse zu erhalten, sollte man zunächst mit

select_contours_xld diejenigen Konturen auswählen, deren Endpunkte nicht weiter als ein bestimmter Maximalabstand auseinander liegen.

Parameter

- ▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Zu schließende Konturen.
- ▷ **ClosedContours** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Geschlossene Konturen.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

select_contours_xld

Nachfolger

area_center_xld, circularity_xld, compactness_xld, convexity_xld, eccentricity_xld, elliptic_axis_xld, moments_xld, moments_any_xld, orientation_xld, select_shape_xld, test_xld_point

Modul

Foundation

combine_roads_xld (EdgePolygons, ModParallels, ExtParallels, CenterLines : RoadSides : MaxAngleParallel, MaxAngleColinear, MaxDistanceParallel, MaxDistanceColinear :)

Kombinieren von Straßenhypothesen aus zwei Auflösungsstufen.

Mit combine_roads_xld werden die Straßenhypothesen aus zwei Auflösungsstufen kombiniert. Es werden nur Straßenhypothesen selektiert, die in beiden Auflösungsstufen unterstützende Hypothesen besitzen. Dabei stellen die Eingabeobjekte EdgePolygons, ModParallels und ExtParallels die Ergebnisse einer Straßenextraktion auf der höchsten Auflösungsstufe dar. Der Parameter CenterLines ist das Ergebnis der Straßenextraktion auf einer niedrigen Auflösungsstufe. Es werden von den Polygonen EdgePolygons diejenigen in RoadSides zurückgegeben, für die Evidenz in beiden Stufen gefunden wurde. Die Parameter MaxAngleParallel und MaxAngleColinear geben die Winkel an, die zwei parallele bzw. kollineare Linien einschließen dürfen. Die Parameter MaxDistanceParallel und MaxDistanceColinear geben den Maximalabstand von parallelen bzw. kollinearen Linien an. Die Kombination erfolgt intern durch eine Anzahl von Regeln.

Parameter

- ▷ **EdgePolygons** (input_object) ..... xld_poly-array ⇝ *object*
  Polygone, die untersucht werden sollen.
- ▷ **ModParallels** (input_object) ..... xld_mod_para-array ⇝ *object*
  Modifizierte Parallelen für EdgePolygons.
- ▷ **ExtParallels** (input_object) ..... xld_ext_para-array ⇝ *object*
  Erweiterte Parallelen für EdgePolygons.
- ▷ **CenterLines** (input_object) ..... xld_poly-array ⇝ *object*
  Mittelachsen-Polygone, die untersucht werden sollen.
- ▷ **RoadSides** (output_object) ..... xld_poly-array ⇝ *object*
  Gefundene Straßenränder (als Polygone).
- ▷ **MaxAngleParallel** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real* / integer
  Maximaler Winkel zwischen zwei parallelen Linien.
  Default: 0.523598775598
  Wertevorschläge: MaxAngleParallel ∈ {0.349065850399, 0.523598775598, 0.6981317008}
  Restriktion: 0 <= MaxAngleParallel <= pi / 2

▷ **MaxAngleColinear** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real* / integer
Maximaler Winkel zwischen zwei kollinearen Linien.
Default: 0.261799387799
Wertevorschläge: MaxAngleColinear ∈ {0.174532925199, 0.261799387799, 0.349065850399}
Restriktion: 0 <= MaxAngleColinear <= pi / 2

▷ **MaxDistanceParallel** (input_control) . . . . . real ⇝ *real* / integer
Maximaler Abstand zwischen zwei parallelen Linien.
Default: 40
Wertevorschläge: MaxDistanceParallel ∈ {20, 30, 40, 50, 60}
Restriktion: MaxDistanceParallel > 0

▷ **MaxDistanceColinear** (input_control) . . . . . real ⇝ *real* / integer
Maximaler Abstand zwischen zwei kollinearen Linien.
Default: 40
Wertevorschläge: MaxDistanceColinear ∈ {20, 30, 40, 50, 60}
Restriktion: MaxDistanceColinear > 0

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: mutually exclusive (läuft parallel zu anderen nicht-exklusiven Operatoren mit Ausnahme von sich selbst).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

mod_parallels_xld, gen_polygons_xld, affine_trans_contour_xld

Nachfolger

get_polygon_xld, get_lines_xld

Siehe auch

lines_gauss, lines_facet, get_channel_info, edges_sub_pix

Literatur

C. Steger, C. Glock, W. Eckstein, H. Mayer, B. Radig; „Model-based Road Extraction from Images“; in „Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images“; A. Gruen, O. Kuebler, P. Agouris (Editors); Birkhäuser Verlag (1995), pp. 275-284.

C. Heipke, C. Steger, R. Multhammer; „A Hierarchical Approach to Automatic Road Extraction from Aerial Imagery“; in „Integrating Photogrammetric Techniques with Scene Analysis and Machine Vision II“; D. M. McKeown, Jr., I. J. Dowman (Editors); Proc. SPIE 2486 (1995), pp. 222-231.

Modul

Foundation

crop_contours_xld (Contours : CroppedContours : Row1, Col1, Row2, Col2, CloseContours :)

Beschneiden von XLD-Konturen.

crop_contours_xld beschneidet die XLD-Konturen die in Contours übergeben werden. Es werden also nur Kontur-Segmente zurückgeliefert, die sich innerhalb des Rechtecks befinden, das durch die Eckpunkte Row1, Col1, Row2 und Col2 gegeben ist. Während clip_contours_xld alle Segmente weglässt, die den Rand des einschränkenden Rechtecks kreuzen werden diese hier genau an der Stelle abgeschnitten, an der sie eine Grenzlinie überschreiten. Falls notwendig werden aus einer Ausgangskontur mehrere neue Konturen erzeugt. Aus geschlossenen Konturen können mit Hilfe des Parameters CloseContours wieder geschlossene Konturen erzeugt werden. Wird CloseContours auf *'true'* gesetzt, so wird eine geschlossene Kontur in eine oder mehrere neue Konturen überführt, die über neue Segmente auf dem Rand des einschränkenden Rechtecks geschlossen sind. Ist der Wert *'false'*, so endet jede Kontur an dem Punkt an dem sie den Bereich des Rechtecks verlässt. Die beschnittenen Konturen werden in CroppedContours zurückgegeben.

Parameter

▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
Eingabekonturen.

▷ **CroppedContours** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
Ergebniskonturen.

▷ **Row1** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Oberkante des beschränkenden Rechtecks.
Default: 0
Wertevorschläge: `Row1` ∈ {0, 500, 1000, 1500, 2000}

▷ **Col1** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Linke Kante des beschränkenden Rechtecks.
Default: 0
Wertevorschläge: `Col1` ∈ {0, 500, 1000, 1500, 2000}

▷ **Row2** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Unterkante des beschränkenden Rechtecks.
Default: 512
Wertevorschläge: `Row2` ∈ {512, 1024, 1536, 2048}

▷ **Col2** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Rechte Kante des beschränkenden Rechtecks.
Default: 512
Wertevorschläge: `Col2` ∈ {512, 1024, 1536, 2048}

▷ **CloseContours** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Sollen geschlossene Konturen wieder geschlossene Konturen erzeugen?
Default: 'true'
Werteliste: `CloseContours` ∈ {'true', 'false'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Alternativen

`clip_contours_xld`

Siehe auch

`clip_region`, `crop_part`, `clip_contours_xld`

Modul

Foundation

merge_cont_line_scan_xld (CurrConts, PrevConts : CurrMergedConts, PrevMergedConts : ImageHeight, Margin, MergeBorder, MaxImagesCont :)

Zusammenfügen von Konturen aus aufeinanderfolgenden Zeilenkamerabildern.

Der Operator `merge_cont_line_scan_xld` verbindet Konturen, die aus räumlich aneinandergrenzenden Bildern der Höhe `ImageHeight` extrahiert wurden und über die Bildränder hinaus ineinander überführt werden können. Die Bilder können beispielsweise von einer Zeilenkamera nacheinander aufgenommen worden sein. Dabei wird davon ausgegangen, dass `CurrConts` die Konturen des aktuellen Bildes enthält und `PrevConts` die des vorherigen, welches die räumliche Fortsetzung des aktuellen Bildes darstellt.

Mit Hilfe des Parameters `MergeBorder` kann angegeben werden, ob die Oberkante des aktuellen Bildes an die Unterkante des vorherigen Bildes stößt (*'top'*) oder die Unterkante des aktuellen Bildes an die Oberkante des vorherigen Bildes (*'bottom'*). `MergeBorder` definiert den Abstand vom Rand, in dem die Endpunkte der Kontur liegen müssen, um für das Merging berücksichtigt zu werden.

Der Parameter MaxImagesCont bestimmt bei der rekursiven Anwendung des Operators merge_cont_line_scan_xld, wie viel Bilder eine aktuelle Ausgangskontur maximal zurückreichen kann. Alle Konturpunkte aus früheren Bildern werden aus der Ausgabekontur entfernt.

Der Operator merge_cont_line_scan_xld liefert zwei Konturarrays zurück. PrevMergedConts enthält alle Konturen, die ausschließlich in der alten Konturenliste enthalten sind und nicht mit den aktuellen Konturen verbunden werden konnten. In CurrMergedConts werden dagegen alle aktuellen und die mit diesen verbundenen Konturen eingetragen. Die miteinander verbundenen Konturen erscheinen als eine einzige neue Kontur in CurrMergedConts, wobei diese verbundenen Konturen über den Bildrand hinausgehen. Das bedeutet, dass der an eine aktuelle Kontur angebundene alte Teil um die Bildhöhe nach oben (MergeBorder='top') oder nach unten (MergeBorder='bottom') verschoben wird.

Parameter

- ▷ **CurrConts** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Aktuelle Eingabekonturen.
- ▷ **PrevConts** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Im vorhergehenden Zyklus zusammengefügte Konturen.
- ▷ **CurrMergedConts** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Aktuelle Konturen, die ggf. mit den alten Konturen verbunden wurden.
- ▷ **PrevMergedConts** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Alte Konturen, die nicht mit den aktuellen verbunden werden konnten.
- ▷ **ImageHeight** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Höhe der Ausgangsbilder.
  Default: 512
  Wertevorschläge: ImageHeight ∈ {240, 480, 512}
- ▷ **Margin** (input_control) ..... real ⇝ *real* / integer
  Maximaler Abstand der Konturen vom Rand.
  Default: 0.0
  Wertevorschläge: Margin ∈ {0.0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0}
- ▷ **MergeBorder** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Im aktuellen Bild die Zeile, die mit dem vorhergehenden Bild zusammenstößt.
  Default: 'top'
  Werteliste: MergeBorder ∈ {'top', 'bottom'}
- ▷ **MaxImagesCont** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Maximale Anzahl der Bilder, über die sich eine Kontur erstrecken darf.
  Default: 3
  Wertevorschläge: MaxImagesCont ∈ {1, 2, 3, 4, 5}

Ergebnis

merge_cont_line_scan_xld liefert den Wert 2 (H_MSG_TRUE), falls die übergebenen Parameter korrekt sind. Ansonsten wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Modul

Foundation

regress_contours_xld (Contours : RegressContours : Mode, Iterations :)

Berechnen von Regressionsgeradenparametern für Konturen

Mit regress_contours_xld werden für die Konturen Contours folgende Parameter berechnet und in der Kontur als globale Attribute abgelegt:

- die Koordinaten des Normalenvektors der optimalen Regressionsgeraden durch alle Konturpunkte einer Kontur; dieser Normalenvektor verläuft vom Ursprung zur Regressionsgeraden (Attribute: *'regr_norm_row'*, *'regr_norm_col'*)
- der mittlere Abstand der Konturpunkte zu dieser Regressionsgeraden (Attribute: *'regr_mean_dist'*)
- die Standardabweichung des Abstandes der Konturpunkte zu dieser Regressionsgeraden (Attribute: *'regr_dev_dist'*).

Für `Mode` = *'no'* werden die Parameter für die optimale Regressionsgerade durch alle Konturpunkte berechnet. Bei der Berechnung der Regressionsgeraden können aber auch drei verschiedene Ausreißerbehandlungen vorgenommen werden. Ausreißer sind Konturpunkte, die „offensichtlich“ nicht in der globalen Konturrichtung liegen und deswegen die Regressionsgeradenberechnung „verfälschen“.

`Mode` =

- *'drop'*: Alle Konturpunkte, die weiter als der durchschnittliche Abstand der Konturpunkte zur optimalen Regressionsgerade von dieser entfernt sind, werden bei der Berechnung der bereinigten Regressionsgerade unterschlagen.
- *'gauss'*: Die Konturpunktabstände werden bei der Regressionsgeradenberechnung mit ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit bei Normalverteilung um die optimale Regressionsgerade gewichtet.
- *'median'*: Es wird ebenso eine Normalverteilung der Konturpunktabstände zur optimalen Regressionsgeraden zugrunde gelegt, allerdings mit der ausreißerunabhängigen Standardabweichung $\frac{M_d}{0.6745}$, mit M_d: Median aller Abstände. Die Abstände werden wieder gewichtet und Punkte ab einem gewissen Abstand unterschlagen.

Die Berechnung der bereinigten Regressionsgeraden kann mehrfach iteriert werden (`Iterations`).

Parameter

▷ **`Contours`** (input_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
Eingabe-Konturen.

▷ **`RegressContours`** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
Ausgabe-Konturen.

▷ **`Mode`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Ausreißerbehandlung.
Default: 'no'
Werteliste: `Mode` ∈ {'no', 'drop', 'gauss', 'median'}

▷ **`Iterations`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl Iterationen der Ausreißerbehandlung.
Default: 1
Wertevorschläge: `Iterations` ∈ {1, 2, 3, 5, 10, 20}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_contours_skeleton_xld`, `lines_gauss`, `lines_facet`, `edges_sub_pix`

Nachfolger

`get_regress_params_xld`

Siehe auch

`smooth_contours_xld`, `get_contour_global_attrib_xld`, `query_contour_global_attribs_xld`

Literatur

H. Suesse, K. Voss: „Adaptive Ausgleichsrechnung und Ausreißerproblematik für die digitale Bildverarbeitung“; Proc. 15. DAGM Symposium, Springer Verlag, Lübeck 1993

R. Haralick, L. Shapiro: „Computer and Robot Vision“ Vol. 2; Kapitel 14.9, Addison-Wesley 1992

Modul

Foundation

segment_contour_attrib_xld (Contour : ContourPart : Attribute, Operation, Min, Max :)

Segmentieren von Konturteilen, deren Attribute vorgegebene Bedingungen erfüllen.

segment_contour_attrib_xld segmentiert die Eingabekontur Contour in Kontursegmente ContourPart. Die Segmentierung der Kontur ist von den Werten der Konturattribute Attribute abhängig (siehe unten für mögliche Werte von Attribute). Der Operator prüft welche Attributwerte innerhalb der vorgegebenen Grenzen (Min, Max) liegen und liefert die entsprechenden Kontursegmente zusammen mit ihren Attributen in ContourPart zurück.

Ist Operation auf *'and'* gesetzt, muss jedes der angegebenen Attribute innerhalb der vorgegebenen Grenzen liegen. Ist Operation auf *'or'* gesetzt, muss mindestens ein Attribut innerhalb der vorgegebenen Grenzen liegen. Um diese Grenzen nach unten oder oben offen zu lassen, kann statt eines Wertes auch *'min'* beziehungsweise *'max'* für Min und Max gesetzt werden. Die Attribute werden in der Reihenfolge abgearbeitet, in der sie in Attribute aufgeführt sind. Wird nur ein Merkmal (Attribute) verwendet, wird der Wert von Operation ignoriert.

Es ist zu beachten, dass nicht alle Attribute in jeder Kontur vorhanden sind. Welche Attribute für eine gegebene Kontur definiert sind, hängt davon ab, wie die Kontur erzeugt wurde und ob bestimmte Operationen darauf ausgeführt wurden. So sind zum Beispiel die Attribute *'width_right'* und *'width_left'* nur vorhanden, wenn die Kontur mit dem Operator lines_gauss erzeugt wurde. Ebenso ist das Attribut *'distance'* erst vorhanden, wenn zuvor der Abstand zu einer anderen Kontur mit distance_contours_xld oder apply_distance_transform_xld berechnet wurde.

Bedingung: $Min_i \leq Feature_i(Object) \leq Max_i$

Mögliche Werte für Attribute:

'edge_direction': Kantenrichtung

'angle': Der Winkel der Richtung senkrecht zur Linie

'response': Die Größe der zweiten Ableitung

'width_right': Die Linienbreite rechts von der Linie

'width_left': Die Linienbreite links von der Linie

'contrast': Der Kontrast des Linienpunkts

'asymmetry': Die Asymmetrie des Linienpunkts

'distance': Der minimale punktweise Abstand zu einer Referenzkontur

Welche Operatoren einer Kontur die oben genannten Attribute hinzufügen und weitere Informationen zu den Attributen finden sich in get_contour_attrib_xld.

Parameter

▷ **Contour** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
Zu segmentierende Kontur.

▷ **ContourPart** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
Kontursegmente.

▷ **Attribute** (input_control) ..... string(-array) ⇝ *string*
Konturattribute, die geprüft werden.
Default: 'distance'
Werteliste: Attribute ∈ {'distance', 'angle', 'edge_direction', 'width_right', 'width_left', 'response', 'contrast', 'asymmetry'}

▷ **Operation** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art der Verlinkung der individuellen Attribute.
Default: 'and'
Werteliste: Operation ∈ {'and', 'or'}

▷ **Min** (input_control) ..... real(-array) ⇝ *real* / integer / string
Untere Grenze der Features.
Default: 150.0
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 1.0

▷ **Max** (input_control) . . . . . real(-array) ⇝ *real* / integer / string
Obere Grenze der Features.
Default: 99999.0
Minimale Schrittweite: 0.001
Empfohlene Schrittweite: 1.0
Restriktion: Max >= Min

Beispiel

```
read_image (Image, 'fabrik')
edges_sub_pix (Image, Edges, 'canny', 1, 20, 40)
* select 'vertical' edges:
segment_contour_attrib_xld (Edges, ContourPart, 'edge_direction', \
                            'and', rad(90-20), rad(90+20))
```

Ergebnis

`select_shape` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Eingabe nicht leer ist. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabeobjekte vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Das Verhalten bei einer leeren Region (Region ist die leere Menge) wird mit `set_system('empty_region_result',<Result>)` bestimmt. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`lines_gauss`, `edges_sub_pix`, `apply_distance_transform_xld`, `distance_contours_xld`

Nachfolger

`fit_line_contour_xld`, `fit_ellipse_contour_xld`, `fit_circle_contour_xld`, `fit_rectangle2_contour_xld`

Siehe auch

`split_contours_xld`, `get_contour_global_attrib_xld`, `query_contour_attribs_xld`, `get_contour_attrib_xld`

Modul

Foundation

segment_contours_xld (Contours : ContoursSplit : Mode, SmoothCont, MaxLineDist1, MaxLineDist2 :)

Segmentieren von Konturen in Liniensegmente und Kreis- oder Ellipsenbögen.

`segment_contours_xld` segmentiert die Eingabekonturen `Contours` in Linien, falls `Mode`=*'lines'*, in Linien und Kreisbögen, falls `Mode`=*'lines_circles'*, oder in Linien und Ellipsenbögen, falls `Mode`=*'lines_ellipses'*. Die segmentierten Konturen werden in `ContoursSplit` zurückgegeben. Die Unterscheidung, ob eine Ausgabekontur ein Liniensegment oder einen Kreis- oder Ellipsenbogen darstellt, erfolgt über das globale Konturattribut *'cont_approx'* (siehe `get_contour_global_attrib_xld`).

Intern führt `segment_contours_xld` zunächst eine Polygonapproximation der Eingabekonturen durch. Dadurch werden die Konturen in gekrümmten Bereichen übersegmentiert. Hierauf werden die Konturen entsprechend den unten angegeben Modi `Mode` approximiert. Wenn in `SmoothCont` ein Wert > 0 angegeben wird, werden die Konturen zunächst geglättet (siehe `smooth_contours_xld`). Dies kann erforderlich sein, um sehr kurze Liniensegmente bei der Polygonapproximation zu verhindern und eine stabilere Kreis- bzw. Ellipsenanpassung zu erreichen, da durch die Glättung Ausreißer auf den Konturen unterdrückt werden.

Die Berechnung der Segmentierung hängt von der jeweils gewählten Methode in `Mode` ab:

'lines' Mit dem Algorithmus von Ramer wird eine Polygonapproximation mit einem Maximalabstand von `MaxLineDist1` durchgeführt (siehe `gen_polygons_xld`). Wenn `Mode`=*'lines'*, wird der Parameter `MaxLineDist2` ignoriert.

'lines_circles' **or** *'lines_ellipses'* Die initiale Polygonapproximation wird mit dem Algorithmus von Ramer (siehe `gen_polygons_xld`) mit einem Maximalabstand von `MaxLineDist1` durchgeführt. Wenn der Maximalabstand des so entstehenden Bogens zur Kontur kleiner ist als der Maximalabstand der zwei betrachteten Liniensegmente, werden die zwei Liniensegmente durch diesen Bogen ersetzt. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis keine Veränderungen mehr auftreten. Hierauf werden die Teile der Kontur, die noch als Liniensegmente approximiert werden, einer Polygonsegmentierung mit dem Maximalabstand `MaxLineDist2` unterzogen, und die neu entstehenden Liniensegmente wiederum zu Kreis- oder Ellipsenbögen zusammengefasst. Dies ändert die Ausgabe nur, falls `MaxLineDist2` sich von `MaxLineDist1` unterscheidet. Dieses zweistufige Verfahren ist effizienter, als ein einstufiges Verfahren mit `MaxLineDist2`, da im ersten Schritt weniger Liniensegmente entstehen, und dadurch die Kreis- bzw. Ellipsenanpassung weniger oft durchgeführt werden muss. Daher können Teile der Eingabekonturen, die sich durch lange Bögen approximieren lassen, effizienter gefunden werden. Im zweiten Schritt werden dann Teile der Kontur gefunden, die sich durch kurze Bögen approximieren lassen und die Endstücke der im ersten Schritt gefundenen Konturen werden verfeinert. Um die Vorteile dieses zweistufigen Verfahrens zu nutzen, wird empfohlen `MaxLineDist2` < `MaxLineDist1` zu setzen.

Die Ergebniskonturen sind mindestens 3 Pixel lang und umfassen mindestens 6 fortlaufende Konturpunkte der Eingabekontur. Alle Eingabekonturen mit einer Länge von weniger als 3 Pixel oder mit weniger als 6 Konturpunkten werden unverändert in die Ausgabekonturen übernommen.

Parameter

▷ **`Contours`** (input_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
Konturen, die segmentiert werden sollen.

▷ **`ContoursSplit`** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
Zerlegte Konturen.

▷ **`Mode`** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Modus für die Segmentierung der Konturen.
Default: 'lines_circles'
Werteliste: `Mode` ∈ {'lines', 'lines_circles', 'lines_ellipses'}

▷ **`SmoothCont`** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Einzugsbereich für die Glättung der Konturen.
Default: 5
Wertevorschläge: `SmoothCont` ∈ {0, 3, 5, 7, 9}
Restriktion: SmoothCont == 0 || SmoothCont >= 3 && odd(SmoothCont)

▷ **`MaxLineDist1`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Maximaler Abstand zwischen einer Kontur und der approximierenden Gerade (erster Durchlauf).
Default: 4.0
Wertevorschläge: `MaxLineDist1` ∈ {1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5}
Restriktion: MaxLineDist1 >= 0.0

▷ **`MaxLineDist2`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Maximaler Abstand zwischen einer Kontur und der approximierenden Gerade (zweiter Durchlauf).
Default: 2.0
Wertevorschläge: `MaxLineDist2` ∈ {1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5}
Restriktion: MaxLineDist2 >= 0.0

Beispiel

```
read_image (Image, 'pumpe')
edges_sub_pix (Image, Edges, 'canny', 1.5, 15, 40)
segment_contours_xld (Edges, ContoursSplit, 'lines_circles', 5, 4, 2)
count_obj (ContoursSplit, Number)
gen_empty_obj (Lines)
gen_empty_obj (Circles)
for I := 1 to Number by 1
  select_obj (ContoursSplit, Contour, I)
  get_contour_global_attrib_xld (Contour, 'cont_approx', Type)
```

```
  if (Type == -1)
      concat_obj (Lines, Contour, Lines)
  else
      concat_obj (Circles, Contour, Circles)
  endif
endfor
fit_line_contour_xld (Lines, 'tukey', -1, 0, 5, 2, RowBegin, ColBegin, \
                      RowEnd, ColEnd, Nr, Nc, Dist)
fit_circle_contour_xld (Circles, 'atukey', -1, 2, 0, 3, 2, Row, Column, \
                        Radius, StartPhi, EndPhi, PointOrder)
```

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_contours_skeleton_xld, lines_gauss, edges_sub_pix

Nachfolger

fit_line_contour_xld, fit_ellipse_contour_xld, fit_circle_contour_xld, get_contour_global_attrib_xld

Siehe auch

split_contours_xld, get_contour_global_attrib_xld, smooth_contours_xld, gen_polygons_xld

Modul

Foundation

shape_trans_xld (XLD : XLDTrans : Type :)

Transformation der Form von Konturen oder Polygonen.

shape_trans dient zur Transformation von Konturen oder Polygonen in Abhängigkeit von Type:

'convex' Konvexe Hülle.

'ellipse' Ellipse mit den gleichen Momenten und Fläche wie die Eingabekontur. Es ist darauf zu achten, dass sich die geschlossene Eingabekontur bzw. das geschlossene Eingabepolygon nicht selbst schneidet, da die zurückgelieferte Ellipse ansonsten nicht aussagekräftig ist (Ob sich die Eingabekontur bzw. das Eingabepolygon selbst schneidet oder nicht, lässt sich mit test_self_intersection_xld überprüfen).

'outer_circle' Kleinster umschließender Kreis.

'rectangle1' Kleinstes umschließendes Rechteck parallel zu den Koordinatenachsen.

'rectangle2' Kleinstes umschließendes Rechteck.

Parameter

▷ **XLD** (input_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
Zu transformierende Konturen bzw. Polygone.

▷ **XLDTrans** (output_object) ..... xld(-array) ⇝ *object*
Transformierte Konturen bzw. Polygone.

▷ **Type** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Art der Transformation.
Default: 'convex'
Werteliste: Type ∈ {'convex', 'ellipse', 'outer_circle', 'rectangle1', 'rectangle2'}

Ergebnis

`shape_trans_xld` liefert den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`), falls die Parameterwerte korrekt sind. Das Verhalten bei leerer Eingabe (keine Eingabekontur vorhanden) lässt sich mittels `set_system ('no_object_result',<Result>)` festlegen. Gegebenenfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`gen_contours_skeleton_xld`, `edges_sub_pix`, `threshold_sub_pix`, `gen_contour_polygon_xld`, `test_self_intersection_xld`

Alternativen

`smallest_circle_xld`, `smallest_rectangle1_xld`, `smallest_rectangle2_xld`, `elliptic_axis_xld`

Siehe auch

`smallest_circle_xld`, `smallest_rectangle1_xld`, `smallest_rectangle2_xld`, `elliptic_axis_xld`

Modul

Foundation

smooth_contours_xld (Contours : SmoothedContours : NumRegrPoints :)

Glätten von XLD-Konturen.

`smooth_contours_xld` erzeugt aus den Konturen, die in `Contours` übergeben werden, neue Konturen `SmoothedContours`, indem die Konturpunkte der Ausgabekontur durch Projektion des entsprechenden Punktes der Eingabekontur auf eine lokale Regressionsgerade berechnet werden. Diese Gerade wird aus den `NumRegrPoints` benachbarten Punkten des jeweils aktuellen Punktes berechnet. Diese Funktion sollte z.B. aufgerufen werden, bevor Konturen skaliert werden.

Parameter

▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
Zu glättende Konturen.

▷ **SmoothedContours** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
Geglättete Konturen.

▷ **NumRegrPoints** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der für die Regressionsgerade verwendeten Punkte.
Default: 5
Wertevorschläge: `NumRegrPoints` ∈ {3, 5, 7, 9}
Restriktion: NumRegrPoints >= 3 && odd(NumRegrPoints)

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_contours_skeleton_xld`, `lines_gauss`, `lines_facet`, `edges_sub_pix`

Nachfolger

`affine_trans_contour_xld`, `gen_polygons_xld`, `local_max_contours_xld`

Siehe auch

`get_contour_xld`

Modul

Foundation

sort_contours_xld (Contours : SortedContours : SortMode, Order, RowOrCol :)

Sortieren von Konturen aufgrund ihrer relativen Lage.

`sort_contours_xld` ordnet die Konturen bezüglich ihrer relativen Position an. `RowOrCol` spezifiziert dabei, nach welcher Koordinate ihrer Position die Konturen zuerst sortiert werden: *'row'* lässt die Konturen zuerst bzgl. der Zeilenkoordinate der Position und dann bei gleichen Zeilenkoordinaten bzgl. der verbleibenden Spaltenkoordinate sortieren. *'column'* verwendet dagegen zuerst die Spaltenkoordinate. Die Position einer Kontur wird dabei mit Hilfe des Parameters `SortMode` durch einen einzelnen Referenzpunkt festgelegt. Hierzu stehen folgende Parameterwerte zur Verfügung:

'upper_left' : Die Position wird durch die linke, obere Ecke des umschließenden Rechtecks bestimmt.

'upper_right' Die Position wird durch die rechte, obere Ecke des umschließenden Rechtecks bestimmt.

'lower_left' Die Position wird durch die linke, untere Ecke des umschließenden Rechtecks bestimmt.

'lower_right' Die Position wird durch die rechte, untere Ecke des umschließenden Rechtecks bestimmt.

'character' : Die Position wird durch die linke, obere Ecke des umschließenden Rechtecks bestimmt. Abweichend von *'upper_left'* wird auch dann nach der verbleibenden Koordinate sortiert, wenn sich zwei Konturen in der Koordinatenrichtung überlappen, welche durch den Parameter `RowOrCol` definiert ist.

Der Parameter `Order` legt fest, ob auf- oder absteigend sortiert wird. Bei *'true'* wird aufsteigend bei *'false'* absteigend sortiert.

Parameter

- ▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Anzuordnende Konturen.
- ▷ **SortedContours** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Angeordnete Konturen.
- ▷ **SortMode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Art der Sortierung.
  Default: 'upper_left'
  Werteliste: `SortMode` ∈ {'character', 'upper_left', 'lower_left', 'upper_right', 'lower_right'}
- ▷ **Order** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Aufsteigend oder absteigend sortieren.
  Default: 'true'
  Werteliste: `Order` ∈ {'true', 'false'}
- ▷ **RowOrCol** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Anordnung erst nach Zeile oder Spalte.
  Default: 'row'
  Werteliste: `RowOrCol` ∈ {'row', 'column'}

Ergebnis

Sind die Parameter korrekt, dann liefert `sort_contours_xld` den Wert `2` (`H_MSG_TRUE`). Andernfalls wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Siehe auch

sort_region

Modul

Foundation

split_contours_xld (Polygons : Contours : Mode, Weight, Smooth :)

Aufspalten von Konturen an regional markanten Punkten.

Mit split_contours_xld werden die den Polygonen Polygons zugrundeliegenden Konturen an regional markanten Punkten aufgespalten. Im Modus *'polygon'* erfolgt die Aufspaltung gemäß den Polygonen selbst. Im Modus *'dominant'* werden Konturpunkte zur Aufspaltung verwendet, für die die in ihnen ermittelte Konturrichtungsänderung den (empirischen) Grenzwert 2πWeight$/$*Konturlänge* überschreitet und in deren (empirischen) Umgebung von $\sqrt{\text{Smooth}} * \log(\textit{Konturlänge})$ Punkten keine größere Richtungsänderung auftritt. Die Konturrichtung wird mit einer optimalen Regressionsgeraden durch alle Punkte der Nachbarschaft der Breite Smooth ermittelt. Die so ermittelte Richtungsinformation für jeden Konturpunkt wird vor der Suche nach markanten Punkten mit einer Gaußmaske der Breite Smooth geglättet. Weight ist damit ein Gewichtungsfaktor für die Empfindlichkeit des Operators. Je größer Weight gewählt wird, umso weniger markante Punkte werden gefunden.

Jedes Polygon muss eine Referenz zu einer Kontur aufweisen. Fehlt diese Referenz, weil das Polygon zum Beispiel aus einer DXF-Datei eingelesen wurde, so gibt split_contours_xld einen Fehler zurück.

Parameter

- ▷ **Polygons** (input_object) ..... xld_poly(-array) ⇝ *object*
  Polygone, deren zugrundeliegende Konturen aufgespalten werden sollen.
- ▷ **Contours** (output_object) ..... xld_cont(-array) ⇝ *object*
  Aufgespaltene Konturen.
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Modus für das Aufspalten der Konturen.
  Default: 'polygon'
  Werteliste: Mode ∈ {'polygon', 'dominant'}
- ▷ **Weight** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Gewicht für die Empfindlichkeit.
  Default: 1
- ▷ **Smooth** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
  Breite der Glättungsmaske.
  Default: 5

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_polygons_xld

Nachfolger

regress_contours_xld

Siehe auch

gen_contours_skeleton_xld, lines_gauss, lines_facet, edges_sub_pix

Modul

Foundation

union_adjacent_contours_xld (Contours : UnionContours : MaxDistAbs, MaxDistRel, Mode :)

Vereinigen von Konturen, deren Endpunkte nah beieinander liegen.

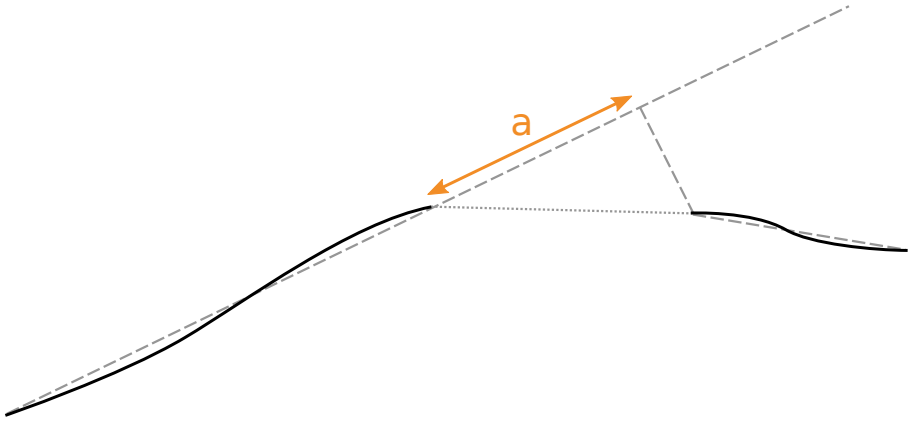
Der Operator union_adjacent_contours_xld verbindet aus einer Menge von Konturen (Contours) diejenigen miteinander, deren Endpunkte nah genug beieinander liegen. Die Vereinigung zweier Konturen ergibt sich aus der Konkatenation der Konturpunkte der beiden Eingangskonturen. Gegebenenfalls werden diese zuvor umgedreht, so dass die benachbarten Endpunkte in der resultierenden Punktliste direkte Nachbarn sind. Wenn die zu verbindenden Endpunkte aufeinander liegen, d.h. der Abstand zwischen den Konturen Null ist, wird dieser Punkt nur einmal in die Ergebniskontur eingetragen. Die Operation wird intern solange wiederholt, bis keine Konturen mehr entsprechend der Vorgaben vereinigt werden können. Als Ergebnis werden in UnionContours alle durch Vereinigung neu entstandenen Konturen sowie (unverändert) die Eingangskonturen, die mit keiner anderen Kontur verbunden werden konnten, zurückgegeben.

Parameter

Zwei Konturen werden an ihren benachbarten Endpunkten genau dann miteinander verbunden, wenn der Abstand zwischen diesen weder den in MaxDistAbs übergebenen absoluten Abstand noch einen relativen Abstand, der sich aus der Länge der längeren der beiden Konturen multipliziert mit dem Parameter MaxDistRel ergibt, überschreitet.

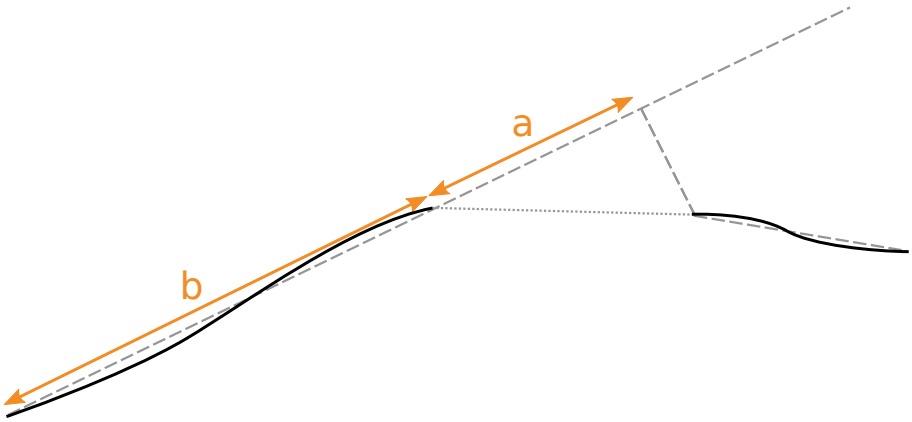
Die Reihenfolge, mit der die Konturen verbunden werden, ergibt sich in erster Linie aus den Abständen der benachbarten Endpunkte, wobei die am dichtesten benachbarten Konturen zuerst vereinigt werden. Bei gleichen Abständen wird zuerst das Konturpaar vereinigt, dessen kürzere Kontur länger ist als die kürzere Kontur des anderen Paares.

MaxDistAbs Der Parameter MaxDistAbs legt den maximalen Abstand zwischen zwei zu verbindenden Konturen fest. Der Abstand wird entlang der Regressionsgeraden der Referenzkontur gemessen. Es handelt sich also um die Länge der Projektion der Lücke zwischen den beiden Konturen auf die Regressionsgerade der Referenzkontur.



$a \leq$ MaxDistAbs

MaxDistRel Der Parameter MaxDistRel legt den maximalen relativen Abstand zwischen zwei zu verbindenden Konturen fest. Zur Berechnung des relativen Abstands wird der absolute Abstand a (siehe die Beschreibung des Parameters MaxDistAbs) durch die Länge b der Referenzkontur geteilt.



$\frac{a}{b} \leq$ MaxDistRel

Mode Mit Hilfe des Parameters Mode lässt sich steuern, wie mit eventuellen Attributen der Eingabekonturen umgegangen werden soll. Konturattribute werden beispielsweise vom Operator edges_sub_pix gesetzt

und beschreiben dort für jeden Konturpunkt die lokale Orientierung, die Kantenstärke und die Gradientenrichtung. Mit der Standardeinstellung *'attr_keep'* werden - falls vorhanden - die Attribute in die Ausgabekonturen übernommen und gegebenenfalls, wenn eine Kontur für die Vereinigung mit einer anderen gedreht werden muss, an die neue Richtung angepasst. Bei sehr vielen Eingabekonturen kann es aus Laufzeitgründen allerdings sinnvoll sein, die Attribute zu ignorieren, wofür als Wert *'attr_forget'* angegeben werden muss. Voraussetzung dafür ist natürlich, dass für die weitere Auswertung die Attribute nicht mehr benötigt werden.

Parameter

- ▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Eingabe-Konturen.
- ▷ **UnionContours** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Ausgabe-Konturen.
- ▷ **MaxDistAbs** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Maximaler Abstand der Endpunkte der Konturen.
  Default: 10.0
  Wertebereich: 0.0 ≤ MaxDistAbs
- ▷ **MaxDistRel** (input_control) ..... real ⇝ *real*
  Maximaler Abstand der Endpunkte der Konturen relativ zur Länge der zu längeren Kontur.
  Default: 1.0
  Wertebereich: 0.0 ≤ MaxDistRel
- ▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
  Modus für die Behandlung der Konturattribute
  Default: 'attr_keep'
  Werteliste: `Mode` ∈ {'attr_keep', 'attr_forget'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`split_contours_xld`, `select_contours_xld`

Alternativen

`union_collinear_contours_xld`, `union_collinear_contours_ext_xld`, `union_cocircular_contours_xld`, `union_straight_contours_xld`, `union_cotangential_contours_xld`

Siehe auch

`edges_sub_pix`, `threshold_sub_pix`, `gen_polygons_xld`, `split_contours_xld`, `select_contours_xld`, `get_contour_xld`, `get_contour_attrib_xld`

Modul

Foundation

```
union_cocircular_contours_xld ( Contours : UnionContours : MaxArcAngleDiff, MaxArcOverlap,
    MaxTangentAngle, MaxDist, MaxRadiusDiff, MaxCenterDist,
    MergeSmallContours, Iterations : )
```

Zusammenfassen von Konturen, die zu denselben Kreisen gehören.

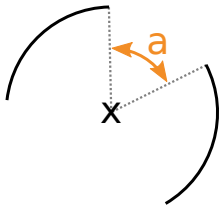
Der Operator `union_cocircular_contours_xld` vereint alle Konturen, die zu denselben Kreisen gehören. Das Ergebnis ist eine Menge von Konturen, in der Konturen verbunden sind, die auf denselben Kreisen liegen.

Der Algorithmus versucht Konturen zusammenzufassen, indem er Kreise an jede Kontur anpasst und diese bezüglich Radius, Kreismittelpunkt und Abstand auf dem Kreisbogen vergleicht. Die Liste der Konturen wird in aufsteigender Reihenfolge der Radiuslänge bearbeitet. Konturen, an die kein Kreis angepasst werden kann, werden in einem optionalen zweiten Durchgang hinzugefügt.

Die Schwellenwertparameter bestimmen, ob Konturen zu demselben Kreis gehören. Alle Schwellenwerte müssen gleichzeitig erfüllt werden, damit zwei Konturen verbunden werden.

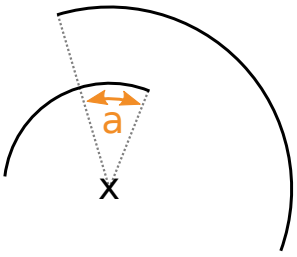
Parameter

MaxArcAngleDiff Der Parameter MaxArcAngleDiff definiert die maximale Winkeldistanz auf dem Kreisbogen zwischen dem Ende der einen und dem Start der zweiten Kontur.



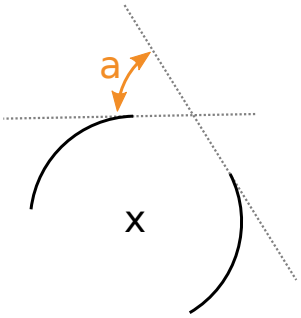
$a \leq$ MaxArcAngleDiff

MaxArcOverlap MaxArcOverlap bestimmt die Winkeldistanz, um die sich zwei Konturen überlappen dürfen.



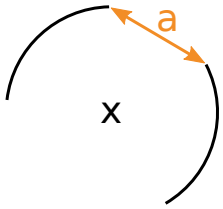
$a \leq$ MaxArcOverlap

MaxTangentAngle MaxTangentAngle beschreibt den maximalen Winkel zwischen den Kreistangenten an den zwei Konturenden und der Verbindungsstrecke zwischen ihnen.



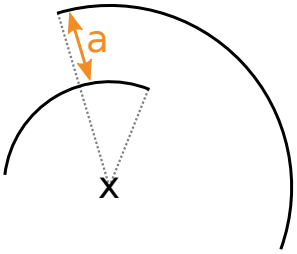
$a \leq$ MaxTangentAngle

MaxDist MaxDist ist die Schwelle für die absolute Pixeldistanz zwischen End- und Startpunkt der Konturen.



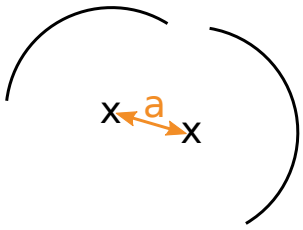
$a \leq$ MaxDist

MaxRadiusDiff MaxRadiusDiff beschreibt die maximale Differenz der Radien der angepassten Kreise,



$$a \leq \texttt{MaxRadiusDiff}$$

MaxCenterDist MaxCenterDist die maximale euklidische Distanz zwischen den Mittelpunkten der angepassten Kreise.



$$a \leq \texttt{MaxCenterDist}$$

MergeSmallContours Wenn der Parameter MergeSmallContours auf *'true'* gesetzt ist, werden auch Konturen ohne angepasste Kreise verschmolzen. Eine solche Kontur wird als passend angenommen, wenn jeder Konturpunkt einen Abstand zum Kreismittelpunkt innerhalb von MaxRadiusDiff zum Kreisradius besitzt und wenn der Winkel der Verbindungsstrecke von zwei aufeinander folgenden Punkten der Kontur innerhalb der Grenze von MaxTangentAngle zur Kreistangenten liegt. Zusätzlich muss die Bedingung bezüglich MaxDist erfüllt sein.

Iterations Die Verbindung von Konturen führt zu neuen Kreisparametern. Deshalb kann eine Iteration des Algorithmus zu weiteren Verbindungen führen. Der Parameter Iterations gibt die Anzahl der Iterationen an. Mehr als zwei Iterationen sind selten nötig.

Für jede mögliche Zusammenfassung von zwei Konturen werden die Kosten berechnet. Diese ergeben sich aus der Summation der Distanzen bezüglich der obigen Schwellenwerte. Die Distanzen werden für die Vergleichbarkeit mit den Schwellenwerten skaliert, so dass sie zwischen 0.0 und 1.0 liegen. Wenn zwei oder mehr Konturstartpunkte an einen Konturendpunkt passen, so wird die Verbindung mit den kleinsten Kosten verschmolzen.

Vor Aufruf sollte sichergestellt sein, dass sich die Konturen durch Linien und Kreisbögen annähern lassen. Dies kann zum Beispiel durch eine Vorverarbeitung mit dem Operator split_contours_xld erreicht werden.

Achtung

Bereits geschlossene Konturen werden nicht mehr in die Vereinigung einbezogen. D.h., auch wenn eine Kontur auf dem gleichen Kreis liegt wie eine bereits geschlossene Kreiskontur, werden beide Konturen getrennt zurückgeliefert

Parameter

- ▷ **Contours** (input_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Zu vereinigende Konturen.
- ▷ **UnionContours** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
  Vereinigte Konturen.
- ▷ **MaxArcAngleDiff** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real* / integer
  Maximale Winkeldistanz zwischen zwei Kreisbögen.
  Default: 0.5
  Wertevorschläge: MaxArcAngleDiff ∈ {0.25, 0.5, 0.75, 1.0}
- ▷ **MaxArcOverlap** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real* / integer
  Maximale Überlappung von zwei Kreisbögen.
  Default: 0.1
  Wertevorschläge: MaxArcOverlap ∈ {0.0, 0.1, 0.2}
- ▷ **MaxTangentAngle** (input_control) ..... angle.rad ⇝ *real* / integer
  Maximaler Winkel zwischen Verbindungsstrecke und Tangenten der Kreisbögen.
  Default: 0.2
  Wertevorschläge: MaxTangentAngle ∈ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5}
- ▷ **MaxDist** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Maximale Absolutlänge der Lücke zwischen zwei Kreisbögen in Bildpunkten.
  Default: 30
  Wertevorschläge: MaxDist ∈ {10, 30, 50, 70}
- ▷ **MaxRadiusDiff** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
  Maximale Differenz der Radien der Kreise an zwei Kreisbögen.
  Default: 10
  Wertevorschläge: MaxRadiusDiff ∈ {10, 20, 30}

▷ **MaxCenterDist** (input_control) ..... number ⇝ *real* / integer
Maximale Distanz zwischen den Kreismittelpunkten zweier Kreisbögen.
Default: 10
Wertevorschläge: `MaxCenterDist` ∈ {10, 20, 30}

▷ **MergeSmallContours** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Legt fest, ob auch Konturen ohne angepassten Kreis vereinigt werden sollen.
Default: 'true'
Werteliste: `MergeSmallContours` ∈ {'true', 'false'}

▷ **Iterations** (input_control) ..... integer ⇝ *integer*
Anzahl der Iterationen.
Default: 1
Wertevorschläge: `Iterations` ∈ {1, 2}

Komplexität

$O(n^2)$ für n Konturen.

Ergebnis

`union_cocircular_contours_xld` gibt `2` (`H_MSG_TRUE`) zurück, wenn alle Parameter korrekt angegeben sind.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`split_contours_xld`, `select_contours_xld`

Alternativen

`union_collinear_contours_xld`, `union_cotangential_contours_xld`, `union_straight_contours_xld`, `union_adjacent_contours_xld`, `union_collinear_contours_ext_xld`

Modul

Foundation

```
union_collinear_contours_ext_xld ( Contours : UnionContours : MaxDistAbs, MaxDistRel, MaxShift, MaxAngle, MaxOverlap, MaxRegrError, MaxCosts, WeightDist, WeightShift, WeightAngle, WeightLink, WeightRegr, Mode : )
```

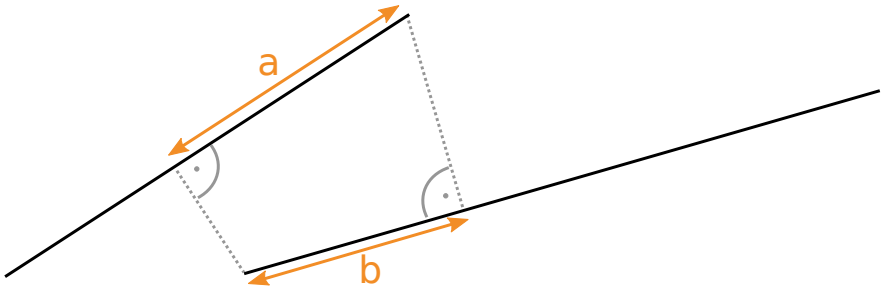
Vereinigen von kollinearen Konturen (Operator mit erweitertem Funktionsumfang).

Wie der Operator `union_collinear_contours_xld` vereinigt `union_collinear_contours_ext_xld` aus einer Menge von geraden, linienförmige Konturen (`Contours`) diejenigen miteinander, die zueinander kollinear sind, und gibt das Ergebnis in `UnionContours` zurück. Das grundsätzliche Verhalten ist identisch zu `union_collinear_contours_xld` und wird dort beschrieben, es stehen jedoch zahlreiche weitere Parameter zur Verfügung, die es erlauben, den Vereinigungsprozess genauer zu steuern.

Parameter

Die Parameter `MaxDistAbs`, `MaxDistRel`, `MaxShift` und `MaxAngle` sind identisch wie wie beim Operator `union_collinear_contours_xld` beschrieben.

`MaxOverlap` Zusätzlich lässt sich hier mit `MaxOverlap` ein Überlappungsbereich zwischen beiden Konturen definieren, so dass auch Konturen, die sich (geringfügig) überlappen, miteinander vereinigt werden können. Intern wird dabei sichergestellt, dass sich – unabhängig von dem mit `MaxOverlap` übergebenen Parameter – die Konturen nicht um mehr als ein Drittel ihrer Länge überlappen.



$min(a, b) \leq$ MaxOverlap

MaxRegrError Der Parameter MaxRegrError wird z.Zt. noch nicht verwendet. Er soll später sicherstellen, dass nach der Vereinigung zweier Konturen die resultierende Kontur nicht zu stark von ihrer Regressionsgeraden abweicht. Dieser Wert ist defaultmäßig ausgeschaltet (*-1*), da er unter normalen Bedingungen nicht notwendig und der Rechenaufwand sehr hoch ist. Unter bestimmten Bedingungen können jedoch Ergebniskonturen entstehen, die relativ stark um ihre Regressionsgerade schwanken („wellige“ Eingangskonturen, Shift und Winkeldifferenz nah an den – relativ hoch eingestellten – Grenzen, rekursive Vereinigung sehr vieler kurzer Konturen).

MaxCosts Mit dem Parameter MaxCosts ist es möglich, die Gesamtkosten der Vereinigung zu begrenzen und so nicht nur die Vereinigung der Konturpaare auszuschließen, die in einer Disziplin die vorgegebenen Grenzwerte überschreiten, sondern auch jener, die in mehreren Disziplinen die Grenzen nur knapp einhalten können. Dabei werden die Kosten immer auf einen Wert zwischen 0 und 1 normiert, der Wert 1 bedeutet dabei, dass alle Werte auf dem jeweiligen Grenzwert liegen.

WeightDist, WeightShift, WeightAngle, WeightLink und WeightRegr Der Einfluss der verschiedenen Messwerte auf die Gesamtkosten wird durch die Übergabe einer entsprechenden Gewichtung mit Hilfe der Parameter WeightDist, WeightShift, WeightAngle, WeightLink und WeightRegr eingestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Gesamtkosten immer auf 1 normiert werden. Der Parameter WeightRegr wird z.Zt. nicht verwendet.

Mode Der Parameter Mode steuert – wie beim Operator union_collinear_contours_xld – die Behandlung der Attribute der Eingabekontur.

Parameter

▷ **Contours** (input_object) . . . . . xld_cont-array ⇝ *object*
Eingabe-Konturen.

▷ **UnionContours** (output_object) . . . . . xld_cont-array ⇝ *object*
Ausgabe-Konturen.

▷ **MaxDistAbs** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximaler Abstand der Endpunkte in Richtung der Referenzregressionsgeraden.
Default: 10.0
Wertebereich: 0.0 ≤ MaxDistAbs

▷ **MaxDistRel** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximaler Abstand der Endpunkte in Richtung der Referenzregressionsgeraden relativ zur Länge der zu verlängernden Kontur.
Default: 1.0
Wertebereich: 0.0 ≤ MaxDistRel

▷ **MaxShift** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximaler Abstand der Konturen von der Referenzregressionsgeraden.
Default: 2.0
Wertebereich: 0.0 ≤ MaxShift

▷ **MaxAngle** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximale Richtungsdifferenz.
Default: 0.1
Wertebereich: 0.0 ≤ MaxAngle ≤ 0.78539816339

▷ **MaxOverlap** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximal erlaubter Überlappungsbereich.
Default: 0.0
Wertebereich: 0.0 ≤ MaxOverlap

▷ **MaxRegrError** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Maximaler Regressionsfehler der resultierenden Konturen (NICHT BENUTZT).
Default: -1.0

▷ **MaxCosts** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Schwellenwert zum Begrenzen der Gesamtkosten der Vereinigung
Default: 1.0
Wertebereich: 0.0 ≤ MaxCosts

▷ **WeightDist** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Einfluss des Abstandes in Linienrichtung auf die Gesamtkosten.
Default: 1.0
Wertebereich: 0.0 ≤ WeightDist

▷ **WeightShift** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Einfluss des Abstandes von der Regressionsgeraden auf die Gesamtkosten.
Default: 1.0
Wertebereich: 0.0 ≤ WeightShift

▷ **WeightAngle** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Einfluss der Winkeldifferenz auf die Gesamtkosten.
Default: 1.0
Wertebereich: 0.0 ≤ WeightAngle

▷ **WeightLink** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Einfluss von Störungen der Linie durch das Verbindungsstück (Überlappung und Winkelabweichung) auf die Gesamtkosten.
Default: 1.0
Wertebereich: 0.0 ≤ WeightLink

▷ **WeightRegr** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Einfluss von Regressionsfehlern der resultierenden Kontur auf die Gesamtkosten (NICHT BENUTZT).
Default: 0.0
Wertebereich: 0.0 ≤ WeightRegr

▷ **Mode** (input_control) ..... string ⇝ *string*
Modus für die Behandlung der Konturattribute
Default: 'attr_keep'
Werteliste: `Mode` ∈ {'attr_keep', 'attr_forget'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`split_contours_xld`, `select_contours_xld`

Alternativen

`union_collinear_contours_xld`, `union_cocircular_contours_xld`, `union_cotangential_contours_xld`, `union_adjacent_contours_xld`, `union_straight_contours_xld`

Siehe auch

`edges_sub_pix`, `threshold_sub_pix`, `gen_polygons_xld`, `split_contours_xld`, `select_contours_xld`, `get_contour_xld`, `get_contour_attrib_xld`

Modul

Foundation

union_collinear_contours_xld (
Contours : UnionContours : MaxDistAbs, MaxDistRel, MaxShift, MaxAngle, Mode :)

Vereinigen von kollinearen Konturen.

Der Operator union_collinear_contours_xld vereinigt aus einer Menge von Konturen (Contours) diejenigen miteinander, die zueinander kollinear sind. Die Vereinigung zweier Konturen ergibt sich aus der Verkettung der Konturpunkte der beiden Eingabekonturen. Sie werden zusammen mit den Konturen, die mit keiner anderen Kontur vereinigt werden konnten, in UnionContours zurück gegeben.

Typische Anwendungen

union_collinear_contours_xld kann zum Schließen von Lücken in extrahierten Kanten oder Linien verwendet werden. Diese Lücken können z.B. durch geringen Kontrast in den Bildern entstehen. Der Operator kann auch verwendet werden, um Konturen zu verbinden, die aufgrund von Kreuzungspunkten der Kanten oder Linien voneinander getrennt sind. Typischerweise ist union_collinear_contours_xld Teil des Prozesses, in dem extrahierte Kanten oder Linien gruppiert und ausgewählt werden, um semantisch aussagekräftige Einheiten zu bilden.

Beispiel

Das folgende Beispiel zeigt die Wirkung von union_collinear_contours_xld. Auf der linken Seite ist eine Menge unzusammenhängender Konturen dargestellt. Die Konturen, die jeweils auf der selben Seite des Rechtecks liegen, sind näherungsweise kollinear. Auf der rechten Seite ist das Ergebnis von union_collinear_contours_xld dargestellt. Es zeigt, dass die Konturen, die näherungsweise kollinear waren miteinander vereinigt wurden. Die Konturen, die mehr oder weniger senkrecht zueinander stehen, wurden nicht miteinander vereinigt.

(1) (2)

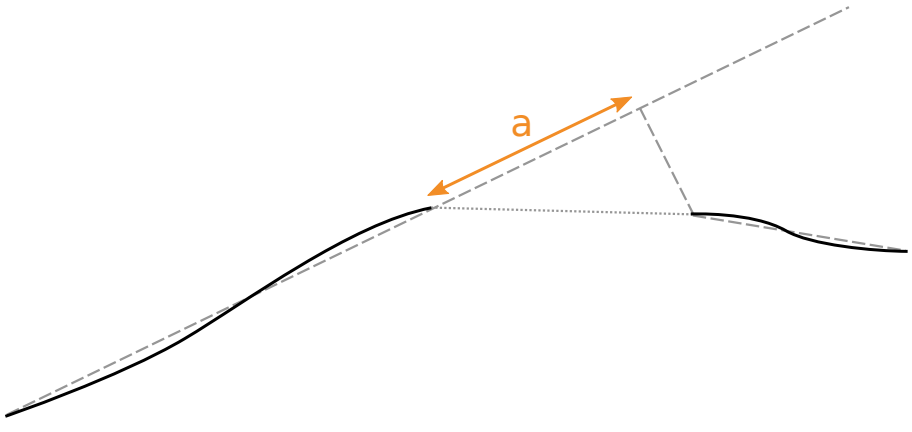
(1) Unzusammenhängende Eingabekonturen. (2) Ausgabekonturen, bei denen die näherungsweise kollinearen Konturen miteinander vereinigt sind.

Parameter

Die Parameter MaxDistAbs, MaxDistRel, MaxShift und MaxAngle legen fest, wann zwei Konturen als kollinear angesehen werden. Der Parameter Mode steuert die Behandlung von Attributen der Eingabekonturen.

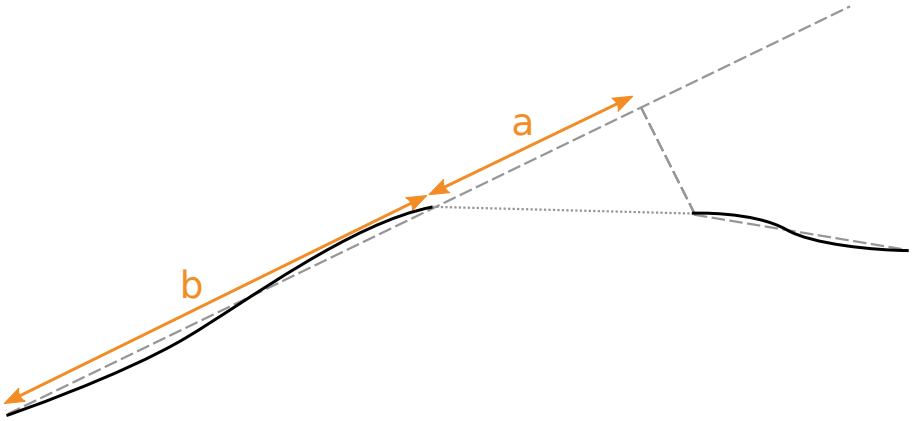
Prinzipiell sind die Maße für die ersten drei Parameter abhängig von der Reihenfolge, d.h., sie hängen davon ab, welche Kontur als Referenzkontur betrachtet wird, die durch die zweite Kontur erweitert werden soll. Um diese Abhängigkeit von der Reihenfolge zu vermeiden, werden die Maße jeweils in beiden Richtungen ermittelt. Es wird dann die Reihenfolge verwendet, die zu den kleineren Werten für die drei Maße führt. Beachten Sie, dass in den Illustrationen unten immer die linke Kontur als Referenzkontur verwendet wird.

MaxDistAbs Der Parameter MaxDistAbs legt den maximalen Abstand zwischen zwei zu verbindenden Konturen fest. Der Abstand wird entlang der Regressionsgeraden der Referenzkontur gemessen. Es handelt sich also um die Länge der Projektion der Lücke zwischen den beiden Konturen auf die Regressionsgerade der Referenzkontur.



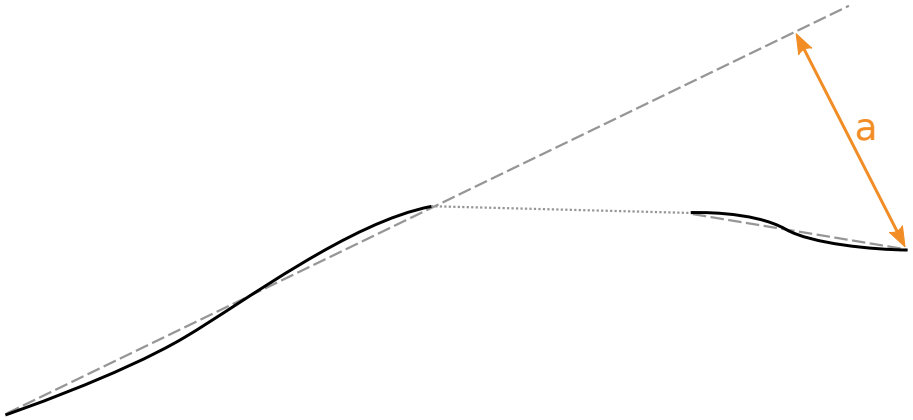
$a \leq$ MaxDistAbs

MaxDistRel Der Parameter MaxDistRel legt den maximalen relativen Abstand zwischen zwei zu verbindenden Konturen fest. Zur Berechnung des relativen Abstands wird der absolute Abstand a (siehe die Beschreibung des Parameters MaxDistAbs) durch die Länge b der Referenzkontur geteilt.



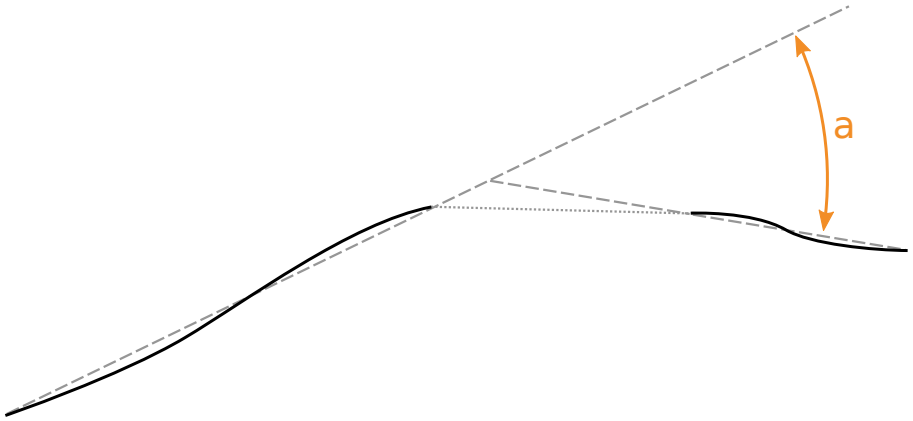
$\frac{a}{b} \leq$ MaxDistRel

MaxShift Der Parameter MaxShift legt den maximalen Abstand der zweiten Kontur von der Regressionsgeraden der Referenzkontur fest. Dieser Abstand wird senkrecht zur Regressionsgeraden der Referenzkontur gemessen.



$a \leq$ MaxShift

MaxAngle Der Parameter MaxAngle legt den maximalen Winkel (im Bogenmaß) zwischen den Regressionsgeraden der beiden Konturen fest.



$a \leq$ MaxAngle

Mode Der Parameter Mode steuert die Behandlung der Attribute, die für die Eingabekonturen gesetzt sein können, z.B., wenn die Konturen mit edges_sub_pix erzeugt wurden.

'attr_keep' Alle Attribute werden in die Ausgabekonturen kopiert.
Globale Attribute werden allerdings nur für solche Konturen übernommen, die nicht mit anderen Konturen vereinigt wurden. Im Allgemeinen ist es nicht möglich, aus den globalen Attributen von einzelnen Konturen die entsprechenden globalen Attribute einer vereinigten Kontur zu berechnen.

'attr_forget' Die Ausgabekonturen enthalten keine Attribute. Diese Einstellung kann aus Laufzeitgründen gewählt werden, wenn die Attribute in den folgenden Arbeitsschritten nicht benötigt werden.

Um abzufragen, welche Attribute verfügbar sind, kann `query_contour_attribs_xld` verwendet werden.

Implementierungsdetails

Die Eingabekonturen werden paarweise analysiert und gegebenenfalls vereinigt. Dieser Prozess wird so oft wiederholt, bis keine weiteren Konturen mehr vereinigt werden können. Falls notwendig, wird die Reihenfolge umgekehrt, in der die Punkte innerhalb einer Kontur gespeichert sind, so dass die benachbarten Endpunkte der Konturen in der vereinigten Kontur direkt aufeinanderfolgen.

Zwei Konturen werden nur dann vereinigt, wenn alle Kriterien erfüllt sind, wenn also alle Maße kleiner als die mit den entsprechenden Parametern festgelegten Schwellenwerte sind. Eine weitere Voraussetzung ist, dass sich die Konturen nur unwesentlich überlappen dürfen (siehe `union_collinear_contours_ext_xld` für eine Illustration, die Überlappung zeigt). Es wird lediglich eine Überlappung von maximal 0.5 Pixeln toleriert. Um einen größeren Überlappungsbereich zuzulassen, kann `union_collinear_contours_ext_xld` verwendet werden.

Neben der Suche nach Paaren von Konturen, die vereinigt werden können, ist die Reihenfolge, in der die Konturen vereinigt werden für das Verhalten von `union_collinear_contours_xld` wichtig. Hierfür werden alle Paare von Konturen durch die Berechnung eines Kostenmaßes bewertet. Als Kostenmaß wird die Summe der einzelnen Maße verwendet, wobei jedes Maß auf den entsprechend Schwellenwert normiert wird, der mit den Parametern `MaxDistAbs`, `MaxDistRel`, `MaxShift` und `MaxAngle` festgelegt wurde. Das Paar von Konturen, welches die geringsten Kosten aufweist, wird als erstes vereinigt. Daraufhin werden die Kosten aktualisiert, um die neu erzeugte Kontur zu berücksichtigen. Basierend auf den aktualisierten Kosten wird das als nächstes zu vereinigende Paar ermittelt.

Die Definition von Kollinearität, wie sie in `union_collinear_contours_xld` verwendet wird, hängt von den Regressionsgeraden der einzelnen Konturen ab. Um unerwartete Ergebnisse zu vermeiden, sollten die Eingabekonturen einigermaßen geraden Linien entsprechen. Dies kann z.B. mit dem Operator `segment_contours_xld` erreicht werden. Es ist zu beachten, dass geschlossene Konturen mit keiner anderen Kontur vereinigt werden.

Einschränkungen und Alternativen

`union_collinear_contours_xld` kann nur zum Vereinigen von Konturen verwendet werden, die näherungsweise auf einer Geraden liegen. Zum Vereinigen von Konturen, die genähert auf einem Kreis liegen, kann `union_cocircular_contours_xld` verwendet werden. Um Konturen zu vereinigen, die beliebige Formen darstellen, kann `union_cotangential_contours_xld` verwendet werden. Sollen nur sehr kleine Lücken zwischen Konturen geschlossen werden, unabhängig von der Richtung in der die angrenzenden Konturen verlaufen, so kann hierfür `union_adjacent_contours_xld` verwendet werden.

Wenn die Konfigurationsmöglichkeiten von `union_collinear_contours_xld` nicht ausreichen, können die Kriterien zur Vereinigung von Konturen mit `union_collinear_contours_ext_xld` noch detaillierter festgelegt werden. Unter anderem können hiermit die maximale Überlappung der Konturen festgelegt und die Gesamtkosten der Vereinigung begrenzt werden. Durch letzteres kann verhindert werden, dass Paare von Konturen vereinigt werden, bei denen die Maße für mehrere Kriterien bereits nahe an den jeweiligen Schwellenwerten liegen.

Parameter

▷ **`Contours`** (input_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
Eingabekonturen.

▷ **`UnionContours`** (output_object) ..... xld_cont-array ⇝ *object*
Ausgabekonturen.

▷ **`MaxDistAbs`** (input_control) ..... real ⇝ *real*
Maximale Länge der Lücke zwischen zwei Konturen, gemessen entlang der Regressionsgeraden der Referenzkontur.
Default: 10.0
Wertebereich: $0.0 \leq$ MaxDistAbs

▷ **MaxDistRel** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximale Länge der Lücke zwischen zwei Konturen, relativ zur Länge der Referenzkontur. Beides wird entlang der Regressionsgeraden der Referenzkontur gemessen.
Default: 1.0
Wertebereich: 0.0 ≤ MaxDistRel

▷ **MaxShift** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximaler Abstand der zweiten Kontur von der Regressionsgeraden der Referenzkontur.
Default: 2.0
Wertebereich: 0.0 ≤ MaxShift

▷ **MaxAngle** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximaler Winkel zwischen den Regressionsgeraden von zwei Konturen.
Default: 0.1
Wertebereich: 0.0 ≤ `MaxAngle` ≤ 0.78539816339

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Modus, der die Behandlung der Konturattribute festlegt.
Default: 'attr_keep'
Werteliste: `Mode` ∈ {'attr_keep', 'attr_forget'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`edges_sub_pix`, `lines_gauss`, `segment_contours_xld`, `select_contours_xld`, `select_shape_xld`, `split_contours_xld`, `threshold_sub_pix`

Nachfolger

`fit_line_contour_xld`, `select_contours_xld`, `select_shape_xld`

Alternativen

`union_collinear_contours_ext_xld`, `union_straight_contours_xld`, `union_cocircular_contours_xld`, `union_cotangential_contours_xld`, `union_adjacent_contours_xld`

Siehe auch

`get_contour_xld`, `get_contour_attrib_xld`, `query_contour_attribs_xld`

Modul

Foundation

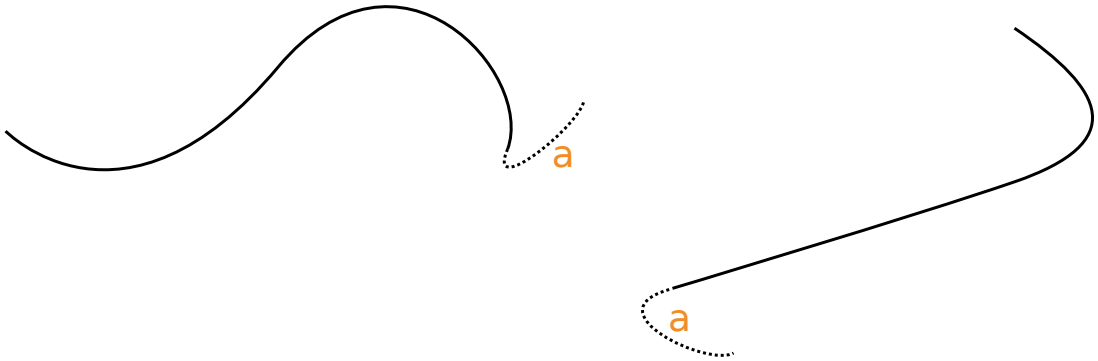
```
union_cotangential_contours_xld ( Contours : UnionContours : FitClippingLength, FitLength,
    MaxTangAngle, MaxDist, MaxDistPerp, MaxOverlap, Mode : )
```

Vereinigen von kotangentialen Konturen.

Der Operator `union_cotangential_contours_xld` vereinigt Konturen gemäß der lokalen Krümmungen an ihren Endpunkten.

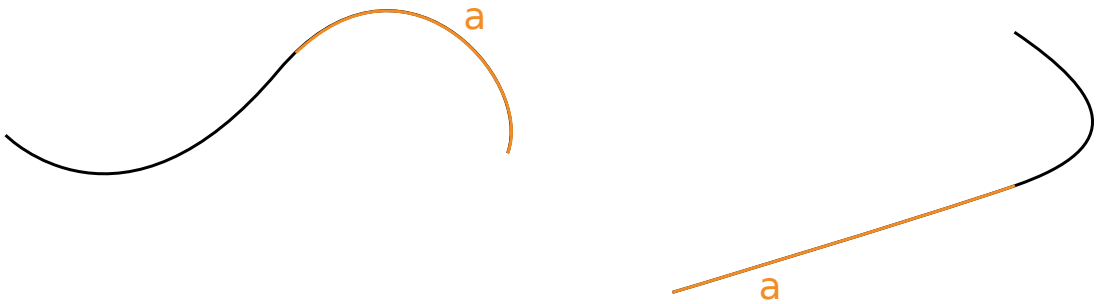
Parameter

`FitClippingLength` Dazu werden zunächst die für die jeweiligen Konturen `Contours` zu betrachtenden Endstücke bestimmt. `FitClippingLength` dient dazu, die Konturen um eine bestimmte euklidische Länge zu beschneiden, so dass eventuelle Artefakte an den Enden der Konturen für die weiteren Berechnungen ignoriert werden können.



$a \leq$ FitClippingLength

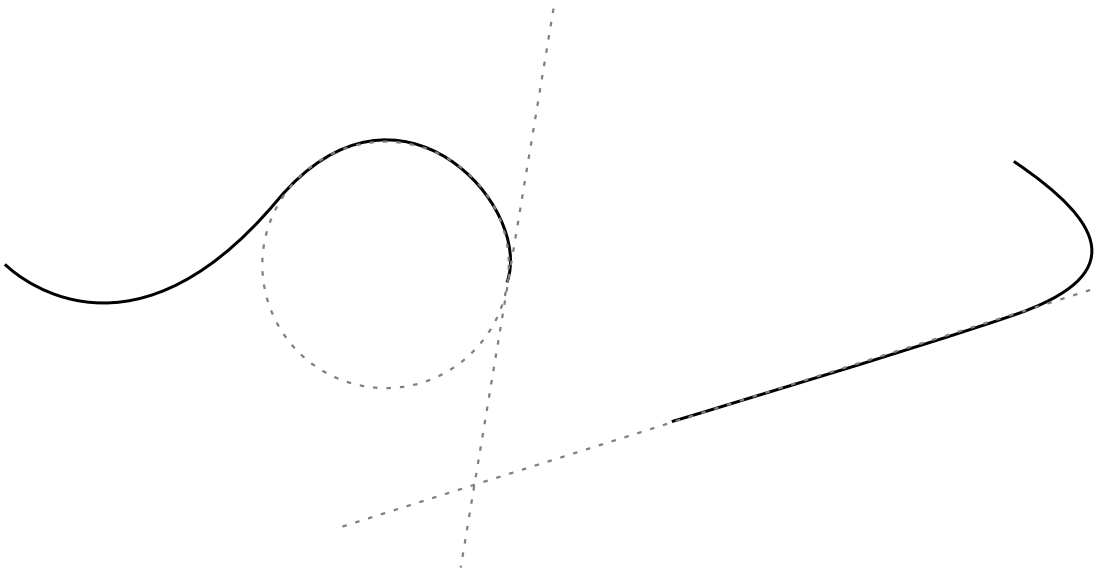
FitLength FitLength legt die euklidische Länge der für die Vereinigung zu berücksichtigenden Endstücke der Konturen fest. D.h., an jeder Seite einer Kontur werden einem Endstück soviele Punkte zugeordnet, dass die Länge des Endstücks mindestens dem übergebenen Wert entspricht. Wird kein numerischer Wert sondern der Wert *'auto'* übergeben, wird jede Eingangskontur in Geraden und Kreisbögen segmentiert. Von diesen Segmenten dienen dann die äußersten Segmente als Endstücke der Kontur. Da dieses Verfahren sehr rechenintensiv ist, ist eine numerisch festgelegte Länge, wenn möglich, vorzuziehen.



$a \leq$ FitLength

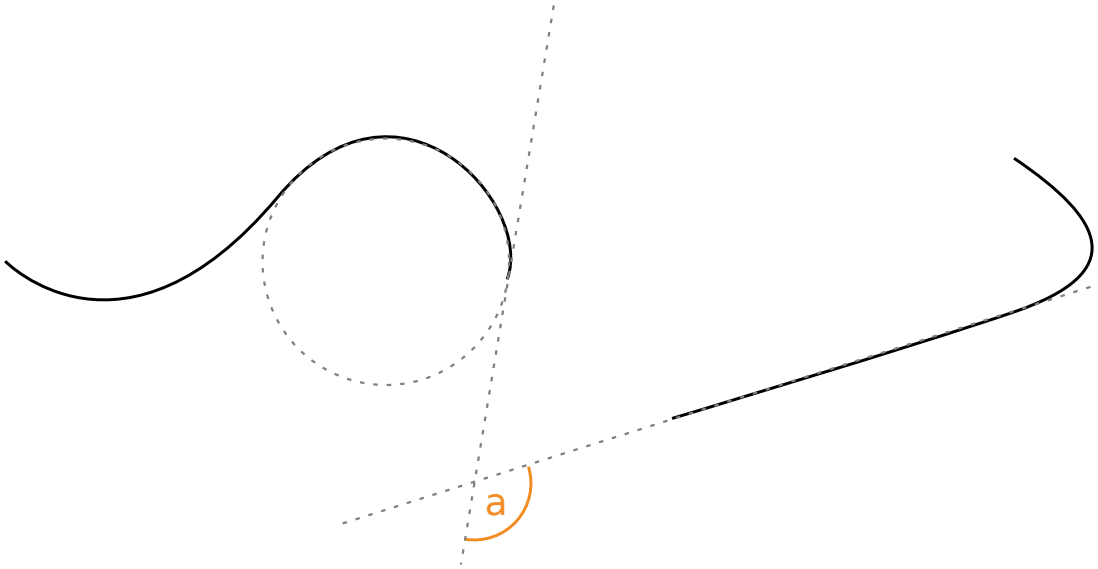
Der Operator versucht nun, an jedes Endstück einer Kontur einen Kreis anzupassen. Von der ursprünglichen Kontur werden die äußersten Punkte der Kontur ermittelt, die nah genug (gemessen am mittleren quadratischen Fehler der Kreisanpassung) an ihrem jeweiligen Kreis liegen. Die Kreistangenten an diesen Punkten bestimmen die lokalen Krümmungen an den Enden der jeweiligen Kontur.

Kann kein Kreis an ein Endstück angepasst werden, wird statt dessen versucht, eine Regressionsgerade anzupassen. Die lokale Krümmung der Kontur an ihren Enden entspricht dann der Richtung der Regressionsgeraden.



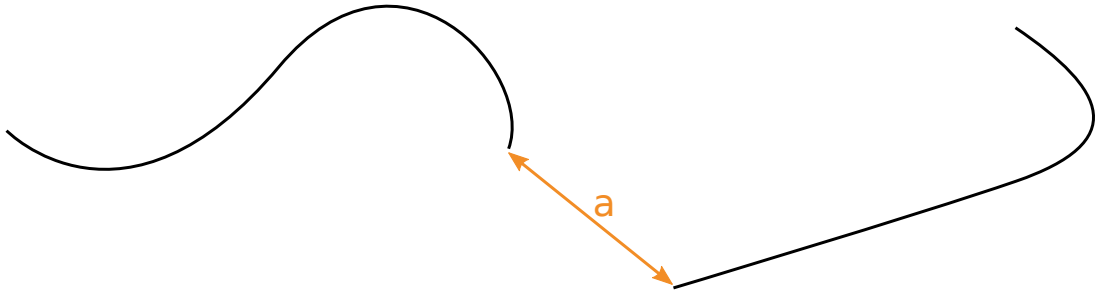
Mithilfe der berechneten lokalen Krümmungen an den Endpunkten der einzelnen Eingabekonturen können nun die verschiedenen Eingabekonturen vereinigt werden. Zwei Konturen werden dann vereinigt, wenn sämtliche Schwellenwerte, eingehalten werden:

MaxTangAngle Mit dem Parameter MaxTangAngle wird der maximale Winkel zwischen den Tangenten zweier Konturen angegeben.



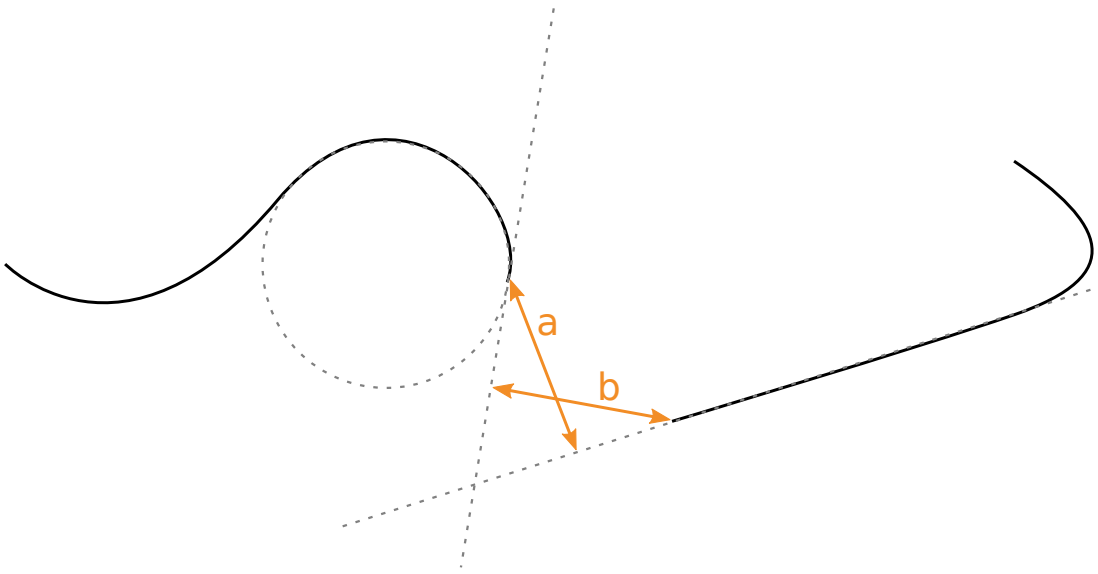
$a \leq$ MaxTangAngle

MaxDist Der Parameter MaxDist gibt die maximale Entfernung der Endpunkte der Konturen voneinander an.



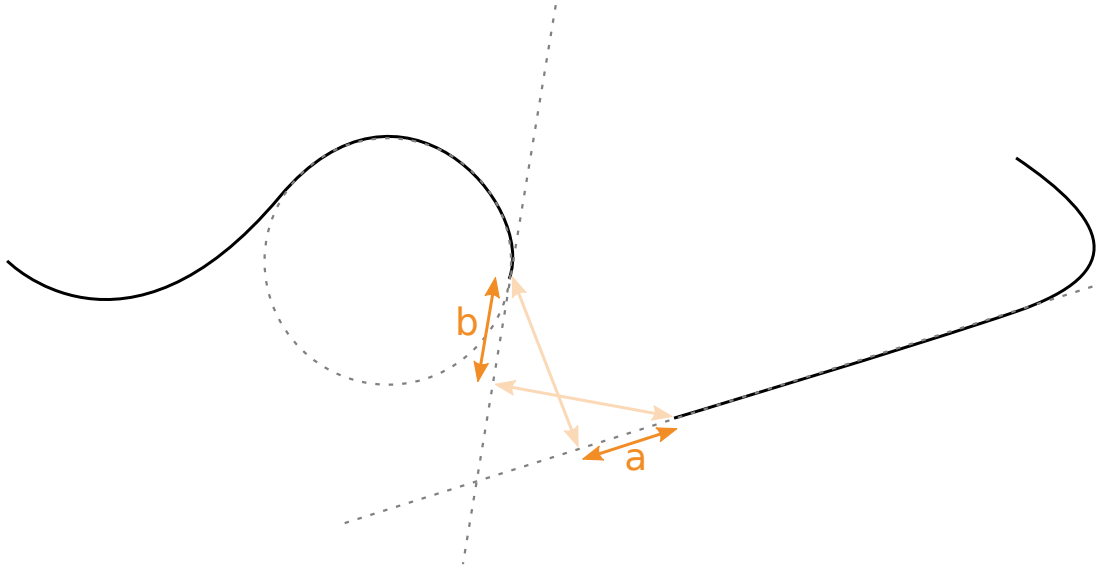
$a \leq$ MaxDist

MaxDistPerp Mit MaxDistPerp wird der maximale Abstand der Endpunkte senkrecht zu den Tangentenrichtungen bestimmt. Dieser Abstand ist das Minimum der Abstände zwischen den Endpunkten der Konturen senkrecht zur jeweils anderen Kontur.



$min(a, b) \leq$ MaxDistPerp

MaxOverlap Die Überlappung der Konturen wird mit dem Parameter MaxOverlap berücksichtigt. Das Ausmaß der Überlappung wird durch den Abstand zwischen dem Endpunkt der ersten Kontur und seiner Projektion auf die Tangente der zweiten Kontur und durch den Abstand zwischen dem Endpunkt der zweiten Kontur und seiner Projektion auf die Tangente der ersten Kontur berechnet. Beide Abstände müssen kürzer als MaxOverlap sein. Im Gegensatz zu den vorherigen Schwellenwerten kann MaxOverlap auch negativ sein. Negative Werte bezeichnen dann den minimalen Abstand der Endpunkte in Tangentenrichtung.



$min(a, b) \leq$ MaxOverlap. Hier sind a und b negativ. In der Referenz des Operators union_collinear_contours_ext_xld finden Sie eine Illustration, in der a und b positiv sind.

Es ist möglich, dass eine Kontur durch union_cotangential_contours_xld geschlossen wird oder mehrere Konturen zu einer einzigen geschlossenen Kontur vereinigt werden, falls die oben genannten Kriterien für die Endstücke erfüllt werden. Es ist zu beachten, dass bereits geschlossene Konturen nicht mehr in eine Vereinigung einbezogen werden.

Gibt es Konturpaare, für die die oben genannten Kriterien zutreffen, wird intern die Reihenfolge der Vereinigungen berechnet. Hierfür werden die einzelnen möglichen Vereinigungen bewertet. Je näher die oben beschriebenen Winkel und Abstände an 0 liegen, desto höher ist ihre Bewertungszahl. Die Reihenfolge der Konturenvereinigung richtet sich dann nach der Höhe dieser Bewertung.

Der Parameter Mode gibt an, ob bestehende Attribute in die vereinigten Konturen kopiert werden sollen. *'attr_keep'* kopiert die Attribute, was die Laufzeit negativ beeinflussen kann, und *'attr_forget'* veranlasst den Operator, die Attribute zu ignorieren. Weitere Details finden sich bei der Beschreibung des Parameters Mode des Operators union_adjacent_contours_xld).

Parameter

- ▷ **Contours** (input_object) . . . . . xld_cont-array ⇝ *object*
  Eingabekonturen.
- ▷ **UnionContours** (output_object) . . . . . xld_cont-array ⇝ *object*
  Ausgabekonturen.
- ▷ **FitClippingLength** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Länge des für die Tangentenbestimmung zu überspringenden Konturenstücks.
  Default: 0.0
  Wertebereich: 0.0 ≤ FitClippingLength
- ▷ **FitLength** (input_control) . . . . . real ⇝ *real* / string
  Länge des für die Tangentenbestimmung zu benutzenden Konturenstücks.
  Default: 30.0
  Wertevorschläge: FitLength ∈ {10.0, 20.0, 30.0, 'auto'}
  Wertebereich: 0.0 ≤ FitLength
- ▷ **MaxTangAngle** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Maximale Richtungsdifferenz der Tangenten.
  Default: 0.78539816
  Wertebereich: 0.0 ≤ MaxTangAngle ≤ 3.1415926

▷ **MaxDist** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximaler Abstand der Endpunkte.
Default: 25.0
Wertevorschläge: MaxDist ∈ {5.0, 10.0, 25.0, 50.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ MaxDist

▷ **MaxDistPerp** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximaler Abstand der Endpunkte senkrecht zu den Tangenten.
Default: 10.0
Wertevorschläge: MaxDistPerp ∈ {2.0, 5.0, 10.0, 20.0}
Wertebereich: 0.0 ≤ MaxDistPerp

▷ **MaxOverlap** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
Maximale Überlappung zweier Konturen.
Default: 2.0
Wertevorschläge: MaxOverlap ∈ {2.0, 5.0, 10.0, 20.0}

▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
Modus für die Behandlung der Konturattribute
Default: 'attr_forget'
Werteliste: Mode ∈ {'attr_keep', 'attr_forget'}

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

split_contours_xld, select_contours_xld

Alternativen

union_collinear_contours_xld, union_collinear_contours_ext_xld, union_cocircular_contours_xld, union_straight_contours_xld, union_adjacent_contours_xld

Siehe auch

edges_sub_pix, threshold_sub_pix, gen_polygons_xld, get_contour_xld, get_contour_attrib_xld

Modul

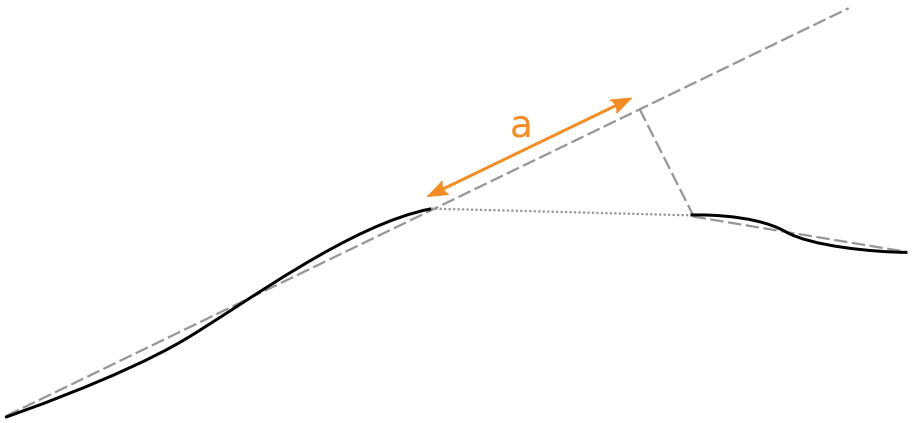
Foundation

union_straight_contours_xld (Contours : UnionContours : MaxDist, MaxDiff, Percent, Mode, Iterations :)

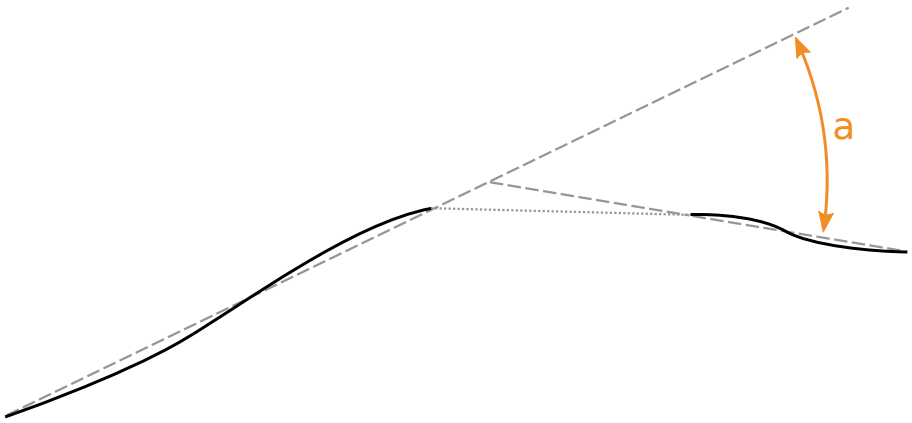
Vereinigen von benachbarten geraden Konturen mit ähnlicher Richtung.

Mit union_straight_contours_xld werden die Konturen Contours verglichen und unter gewissen Voraussetzungen vereinigt. In einem Iterationsschritt werden maximal zwei Konturen, die die entsprechenden Voraussetzungen erfüllen, vereinigt. Mit dem Parameter Iterations kann gesteuert werden, wie oft dieser Vereinigungsschritt wiederholt wird.

Zwei Konturen werden vereinigt, wenn deren kürzester Endpunktabstand (die Endpunkte sind die Fußpunkte der Lote von den Konturendpunkten auf die optimale Regressionsgerade) kleiner als MaxDist ist und wenn ihre Richtungsdifferenz (bzgl. der zugehörigen optimalen Regressionsgeraden) kleiner als MaxDiff (Bogenmaß) ist.



$a \leq$ MaxDist



$a \leq$ MaxDiff

Wenn nur eine der beiden Bedingungen zutrifft, kann die Entscheidung zugunsten einer Vereinigung durch die Gewichtung Percent beeinflusst werden, indem die prozentuale Überschreitung des angegebenen Grenzwertes gegen die prozentuale Unterschreitung des anderen Grenzwertes angerechnet wird. Dabei wird der Endpunktabstand mit Percent, die Richtungsdifferenz mit $100 -$ Percent bewertet.

Das bedeutet, dass zwei Konturen dann vereinigt werden, wenn sie die folgende Bedingung erfüllen:

$\frac{shortest\ distance}{\texttt{MaxDist}} \cdot \texttt{Percent} + \frac{direction\ difference}{\texttt{MaxDiff}} \cdot (100 - \texttt{Percent}) \leq 100$

Wenn zwei Konturen beispielsweise einen minimalen Endpunktabstand von 5.0 und eine Richtungsdifferenz von 0.5 haben (bei Grenzwerten MaxDist = *4.0* und MaxDiff = *0.625*), so weichen beide Werte von den Grenzwerten um 25% ab. Durch die Wahl von Percent = *60%* fällt nun der große Endpunktabstand stärker ins Gewicht als die geringe Richtungsdifferenz, weshalb die Konturen nicht vereinigt werden. Wenn in diesem Fall Percent = *40%* gewählt würde, würden die Konturen vereinigt werden.

Bei Percent = *100%* geht nur der Endpunktabstand in die Entscheidung ein, bei Percent = *0%* geht nur die Richtungsdifferenz in die Entscheidung ein, bei Percent = *50%* sind beide Merkmale gleichberechtigt.

Bei parallel verlaufenden Konturen besteht die Gefahr, dass nebeneinander liegende Konturen vereinigt werden. Soll dieser Effekt verhindert werden, so muss für Mode *'noparallel'*, ansonsten *'paralleltoo'* angegeben werden. Für *'every'* werden die Konturen bedingungslos vereinigt. Alle anderen Parameter haben in diesem Fall keinen Einfluss.

Für jede durch Vereinigung neu entstandene Kontur werden die Regressionsgeradenparameter neu berechnet.

Achtung

Bevor Konturen mit union_straight_contours_xld vereinigt werden können, müssen die Regressionsgeradenparameter mit regress_contours_xld berechnet werden.

Außerdem ist zu beachten, dass union_straight_contours_xld keine Konturen vereinigen kann, deren Punkte unterschiedliche Attribute aufweisen. Dieser Fall kann eintreten, wenn Konturen mit verschiedenen Operatoren extrahiert werden (z.B. mit lines_gauss und lines_facet). Informationen zu den Konturattributen und in welchen Fällen diese definiert werden, können in den jeweiligen Operatorenreferenzen gefunden werden. Die Punktattribute einer Kontur können mit query_contour_attribs_xld abgefragt werden.

Parameter

- ▷ **Contours** (input_object) . . . . . xld_cont-array ⇝ *object*
  Eingabe-Konturen.
- ▷ **UnionContours** (output_object) . . . . . xld_cont-array ⇝ *object*
  Ausgabe-Konturen.
- ▷ **MaxDist** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Maximaler Abstand der Endpunkte.
  Default: 5.0
- ▷ **MaxDiff** (input_control) . . . . . angle.rad ⇝ *real*
  Maximale Richtungsdifferenz.
  Default: 0.5
- ▷ **Percent** (input_control) . . . . . real ⇝ *real*
  Gewichtungsfaktor für die zwei Selektionskriterien.
  Default: 50.0
- ▷ **Mode** (input_control) . . . . . string ⇝ *string*
  Berücksichtigung paralleler Konturen.
  Default: 'noparallel'
  Werteliste: `Mode` ∈ {'noparallel', 'paralleltoo', 'every'}
- ▷ **Iterations** (input_control) . . . . . string ⇝ *string* / integer
  Anzahl Iterationen oder 'maximum'.
  Default: 'maximum'
  Wertevorschläge: `Iterations` ∈ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 'maximum'}
  Wertebereich: 1 ≤ `Iterations` ≤ 500 (lin)
  Minimale Schrittweite: 1
  Empfohlene Schrittweite: 1

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`regress_contours_xld`

Alternativen

`union_collinear_contours_xld`, `union_collinear_contours_ext_xld`, `union_cocircular_contours_xld`, `union_cotangential_contours_xld`, `union_adjacent_contours_xld`

Siehe auch

`fit_line_contour_xld`, `get_contour_xld`, `get_contour_attrib_xld`, `gen_contours_skeleton_xld`, `lines_gauss`, `lines_facet`, `edges_sub_pix`, `get_regress_params_xld`, `get_contour_global_attrib_xld`, `query_contour_global_attribs_xld`

Modul

Foundation

30.6 Zugriff

get_contour_xld (Contour : : : Row, Col)

Auslesen der Koordinaten einer XLD-Kontur.

`get_contour_xld` liefert für die XLD-Kontur `Contour` folgende Werte:

`Row`	Zeilen-Koordinate des Konturpunktes
`Col`	Spalten-Koordinate des Konturpunktes

Parameter

▷ **Contour** (input_object) . . . . . xld_cont ⇝ *object*
Eingabe-Kontur.

▷ **Row** (output_control) . . . . . point.y-array ⇝ *real*
Zeilen-Koordinate des Konturpunktes.

▷ **Col** (output_control) . . . . . point.x-array ⇝ *real*
Spalten-Koordinate des Konturpunktes.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

`gen_contours_skeleton_xld`, `lines_gauss`, `lines_facet`, `edges_sub_pix`

Siehe auch

`get_contour_attrib_xld`, `query_contour_attribs_xld`, `get_contour_global_attrib_xld`, `query_contour_global_attribs_xld`, `gen_contour_polygon_xld`

Modul

Foundation

get_lines_xld (Polygon : : : BeginRow, BeginCol, EndRow, EndCol, Length, Phi)

Ausgeben aller Polygonseiten als Linien inkl. Länge und Orientierung.

`get_lines_xld` gibt alle Eingabepolygone `Polygon` als Linien aus. Im einzelnen werden zurückgegeben:

`BeginRow`:	Zeilen-Koordinaten der Anfangspunkte der Linien
`BeginCol`:	Spalten-Koordinaten der Anfangspunkte der Linien
`EndRow`:	Zeilen-Koordinate der Endpunkte der Linien
`EndCol`:	Spalten-Koordinate der Endpunkte der Linien
`Length`:	Linienlängen
`Phi`:	Winkel zu den Normalen der Linien

Parameter

▷ **Polygon** (input_object) . . . . . xld_poly(-array) ⇝ *object*
Eingabe-Polygone.

▷ **BeginRow** (output_control) . . . . . line.begin.y-array ⇝ *real*
Zeilen-Koordinaten der Anfangspunkte der Linien.

▷ **BeginCol** (output_control) . . . . . line.begin.x-array ⇝ *real*
Spalten-Koordinaten der Anfangspunkte der Linien.

▷ **EndRow** (output_control) . . . . . line.end.y-array ⇝ *real*
Zeilen-Koordinate der Endpunkte der Linien.

▷ **EndCol** (output_control) . . . . . line.end.x-array ⇝ *real*
Spalten-Koordinate der Endpunkte der Linien.

▷ **Length** (output_control) . . . . . real-array ⇝ *real*
Linienlängen.

▷ **Phi** (output_control) . . . . . angle.rad-array ⇝ *real*
Winkel zu den Normalen der Linien.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Automatisch parallelisiert auf Tupelebene.

Vorgänger

`gen_polygons_xld`

Alternativen

`get_polygon_xld`

Modul

Foundation

get_parallels_xld (Parallels : : : Row1, Col1, Length1, Phi1, Row2, Col2, Length2, Phi2)

Ausgeben der parallelen Polygonseiten inkl. Länge und Orientierung.

`get_parallels_xld` liefert für das erste Element aus `Parallels` (d.h. das erste parallele Polygon-Paar) die folgenden Werte:

`Row1`:	Zeilen-Koordinaten der Polygonpunkte auf Polygon P1
`Col1`:	Spalten-Koordinaten der Polygonpunkte auf Polygon P1
`Length1`:	Seitenlängen von Polygon P1
`Phi1`:	Winkel zu den Normalen der Seiten von Polygon P1
`Row2`:	Zeilen-Koordinaten der Polygonpunkte auf Polygon P2
`Col2`:	Spalten-Koordinaten der Polygonpunkte auf Polygon P2
`Length2`:	Seitenlängen von Polygon P2
`Phi2`:	Winkel zu den Normalen der Seiten von Polygon P2

Parameter

▷ **Parallels** (input_object) ..... xld ⇝ *object*
Parallelen.

▷ **Row1** (output_control) ..... polygon.y-array ⇝ *real*
Zeilen-Koordinaten der Polygonpunkte auf Polygon P1.

▷ **Col1** (output_control) ..... polygon.x-array ⇝ *real*
Spalten-Koordinaten der Polygonpunkte auf Polygon P1.

▷ **Length1** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Seitenlängen von Polygon P1.

▷ **Phi1** (output_control) ..... angle.rad-array ⇝ *real*
Winkel zu den Normalen der Seiten von Polygon P1.

▷ **Row2** (output_control) ..... polygon.y-array ⇝ *real*
Zeilen-Koordinaten der Polygonpunkte auf Polygon P2.

▷ **Col2** (output_control) ..... polygon.x-array ⇝ *real*
Spalten-Koordinaten der Polygonpunkte auf Polygon P2.

▷ **Length2** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
Seitenlängen von Polygon P2.

▷ **Phi2** (output_control) ..... angle.rad-array ⇝ *real*
Winkel zu den Normalen der Seiten von Polygon P2.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_parallels_xld

Siehe auch

get_polygon_xld, get_lines_xld

Modul

Foundation

get_polygon_xld (Polygon : : : Row, Col, Length, Phi)

Auslesen der Daten eines XLD-Polygons.

get_polygon_xld liefert für das XLD-Polygon Polygon folgende Werte:

Row	Zeilen-Koordinaten der Polygonpunkte
Col	Spalten-Koordinaten der Polygonpunkte
Length	Länge der Polygonseiten zwischen Punkt i und $i+1$
Phi	Winkel zu den Normalen der Polygonseiten zwischen Punkt i und $i+1$

Parameter

- ▷ **Polygon** (input_object) ..... xld_poly ⇝ *object*
  Eingabe-Polygon.
- ▷ **Row** (output_control) ..... point.y-array ⇝ *real*
  Zeilen-Koordinaten der Polygonpunkte.
- ▷ **Col** (output_control) ..... point.x-array ⇝ *real*
  Spalten-Koordinaten der Polygonpunkte.
- ▷ **Length** (output_control) ..... real-array ⇝ *real*
  Länge der Polygonseiten.
- ▷ **Phi** (output_control) ..... angle.rad-array ⇝ *real*
  Winkel zu den Normalen der Polygonseiten.

Ausführungsinformationen

- Multithreading-Typ: reentrant (läuft parallel zu nicht-exklusiven Operatoren).
- Multithreading-Bereich: global (kann von jedem Thread aufgerufen werden).
- Wird ohne Parallelisierung verarbeitet.

Vorgänger

gen_polygons_xld

Alternativen

get_lines_xld

Modul

Foundation

Index

ähnliches Wort in Lexikon finden, 2285
über einen Schlüssel referenziertes Objekt eines Handles, 3079
über einen Schlüssel referenziertes Tupel eines Handles, 3081
1D-Beispielfunktion, 2766
1D-Funktion einlesen, 2766
1D-Funktion erzeugen, 2758, 2759
1D-Funktion glätten, 2768
1D-Funktion invertieren, 2763
1D-Funktion schreiben, 2770
1D-Funktion transformieren, 2769
1D-Funktionen matchen, 2764
1D-Funktionen zusammenstellen, 2757
2D-Messtechnik, 34, 36, 39, 42, 44, 46, 49, 51–60, 62, 64–69, 71, 73, 76
2D-Punkt auf Ellipse, 2799
2D-Punkt projizieren, 2915
2D-Punkte auf 2D-Linie projizieren, 2815
2D-Ähnlichkeitstransformation aus Punkt-zu-Gerade-Korrespondenzen, 2910
2D-Ähnlichkeitstransformation aus Punktkorrespondenzen, 2927
3D-Alignment, 1950, 1974, 2968, 2970
3D-Distanz aus binokularer Stereo-Disparität, 296
3D-Distanz mittels Fokusbildern messen, 334
3D-Distanzbild mittels Mehrgitter-Stereo messen, 291
3D-Distanzbild mittels korrelationsbasiertem Stereo messen, 287
3D-Distanzbild mittels photometrischer Stereomessung, 364, 368
3D-Formmodell erzeugen, 2006
3D-Formmodell finden, 1985, 2015, 2047, 2070
3D-Formmodell in Pixelkoordinaten transformieren, 145
3D-Formmodell löschen, 1986
3D-Formmodell wiederverwenden, 1985, 2015, 2070, 2071, 2094
3D-Höhenmodell mittels photometrischer Stereomessung, 370, 371, 373
3D-Information mittels Lichtschnitt rekonstruieren, 376, 389, 393
3D-Information mittels Mehrbild-Stereo rekonstruieren, 344, 346
3D-Information mittels binokularem Stereo rekonstruieren, 287, 291, 293, 295–297, 307
3D-Koordinaten aus 3D-Objektmodell berechnen, 241
3D-Koordinaten aus Stereobildern berechnen, 344
3D-Koordinaten aus binokularer Stereodisparität, 295, 297
3D-Koordinaten mittels Lichtschnittverfahren messen, 388, 389
3D-Koordinatensystem eines Kameraaufbaumodells setzen, 1613
3D-Lagetyp umrechnen, 2961
3D-Linie mit dualer Quaternion transformieren, 2956
3D-Matching-Ergebnis erhalten (deformierbar oberflächenbasiert), 121
3D-Matching-Ergebnis erhalten (oberflächenbasiert), 165
3D-Matching-Ergebnis löschen (deformierbar oberflächenbasiert), 114
3D-Matching-Ergebnis löschen (oberflächenbasiert), 149
3D-Matching-Modell (deformierbar oberflächenbasiert) schreiben, 127
3D-Matching-Modell (deformierbar oberflächenbasiert) wiederverwenden, 124, 127
3D-Matching-Modell (formbasiert) einlesen, 146
3D-Matching-Modell (formbasiert) schreiben, 148
3D-Matching-Modell (formbasiert) wiederverwenden, 146, 148
3D-Matching-Modell (oberflächenbasiert) einlesen, 168
3D-Matching-Modell (oberflächenbasiert) schreiben, 177
3D-Matching-Modell (oberflächenbasiert) wiederverwenden, 168, 177
3D-Matching-Modell einlesen (deformierbar oberflächenbasiert), 124
3D-Matching-Modell erzeugen (deformierbar oberflächenbasiert), 115
3D-Matching-Modell erzeugen (formbasiert), 130
3D-Matching-Modell erzeugen (oberflächenbasiert), 150
3D-Matching-Modell finden (deformierbar oberflächenbasiert), 118
3D-Matching-Modell finden (formbasiert), 137
3D-Matching-Modell finden (oberflächenbasiert), 155, 163, 251
3D-Matching-Modell löschen (deformierbar oberflächenbasiert), 114
3D-Matching-Modell löschen (formbasiert), 127
3D-Matching-Modell löschen (oberflächenbasiert), 150
3D-Matching-Modell prüfen (deformierbar oberflächenbasiert), 123

3D-Matching-Modell prüfen (formbasiert), 142, 143
3D-Matching-Modell prüfen (oberflächenbasiert), 166
3D-Modell eines Objekts löschen, 179
3D-Modell eines Objekts prüfen, 209
3D-Modell eines Objekts segmentieren, 226, 228, 231
3D-Modell eines Objekts vorbereiten, 243
3D-Oberfläche aus Stereo-Bildern, 346
3D-Objekt-Pose in 3D-Formmodellkoordinaten transformieren, 147
3D-Objektmodell, 182–187, 193, 195–197, 199, 203, 214–216, 218, 219, 232–234, 248, 254, 257, 259, 261, 263, 1219
3D-Objektmodell abtasten, 255
3D-Objektmodell anzeigen, 1199
3D-Objektmodell auf Punkte innerhalb einer Ansicht reduzieren, 225
3D-Objektmodell aus 3D-Koordinaten erzeugen, 272
3D-Objektmodell einlesen, 188
3D-Objektmodell in Pixelkoordinaten transformieren, 245
3D-Objektmodell kopieren, 179
3D-Objektmodell rendern, 253
3D-Objektmodell schreiben, 202
3D-Objektmodell vereinfachen, 257
3D-Objektmodelle fusionieren, 234
3D-Pose aus Punktkorrespondenzen, 2981
3D-Pose der Kamera für 3D-Matching erzeugen, 128
3D-Pose eines Kreises, 2968
3D-Pose eines Rechtecks, 2970
3D-Pose einlesen, 2978
3D-Pose erzeugen, 2962
3D-Pose in Quaternion umrechnen, 2976
3D-Pose in duale Quaternion umrechnen, 2976
3D-Pose in homogene 3D-Matrix umrechnen, 2945
3D-Pose schreiben, 2984
3D-Pose verschieben, 2980
3D-Pose-Typ, 2969
3D-Posen verbinden, 2974
3D-Primitive zu 3D Objektmodell anpassen, 222
3D-Punkt aus Sichtlinien messen, 307
3D-Punkt in Pixelkoordinaten transformieren, 1619
3D-Punkt mit Quaternion drehen, 2990
3D-Punkt mit dualer Quaternion transformieren, 2958
3D-Punkt projizieren, 1620, 1621, 2946, 2947
3D-Punkt von kartesischen Koordinaten in sphärische Koordinaten transformieren, 2992
3D-Punkt von sphärischen Koordinaten in kartesische Koordinaten transformieren, 2993
3D-Szene anzeigen, 1175
3D-Szene erzeugen, 1173
3D-Szene rendern, 1179
3D-Ähnlichkeitstransformation von Punktkorrespondenzen, 2949

Abbildung für Gitterrektifizierung, 2824
Abbildung von Bildkoordinaten in 3D-Koordinaten, 1628
Abbildung zur Rektifizierung einer beliebigen Verzerrung, 2822
Abbildung zur Rektifizierung von Stereo-Bildern, 300, 303
Abbildungstyp umrechnen, 974
Ableitungen von 1D-Funktion, 2760
Ableitungsfilter, 923
`abs_diff_image`, 885
`abs_funct_1d`, 2757
`abs_image`, 886
`abs_matrix`, 2115
`abs_matrix_mod`, 2116
absolute Werte von Matrixelementen, 2115, 2116
absoluter Wert der Tupel-Elemente, 2997, 3010
absoluter Wert des Bildes, 886
absoluter Wert von 1D-Funktion, 2757
Abstand von 3D-Punkt zu 3D-Gerade, 2787, 2788
Abstand von Regionen, 2792
Abstand von XLD-Kontur zu Ellipse, 3167, 3168
Abstand von XLD-Kontur zu Rechteck, 3170
Abstand zwischen 2D-Gerade und Region, 2784
Abstand zwischen 2D-Punkt und 2D-Strecke, 2791
Abstand zwischen 2D-Punkt und Region, 2790
Abstand zwischen 2D-Punkt und XLD-Kontur, 2785
Abstand zwischen 2D-Punkten, 2789
Abstand zwischen 2D-Punkten und 2D-Gerade, 2786
Abstand zwischen 2D-Strecke und 2D-Gerade, 2794
Abstand zwischen 2D-Strecke und Region, 2796
Abstand zwischen 2D-Strecke und XLD-Kontur, 2794
Abstand zwischen 2D-Strecken, 2797
Abstand zwischen XLD-Kontur und 2D-Gerade, 2784
Abstand zwischen XLD-Konturen, 2779
Abstandsbild des Schattens, 374
Abweichung von Grauwert-Rampe, 510
`access_channel`, 464
Achsenparalleles Rechteck als Zeichenobjekt erzeugen, 1255
`acos_image`, 887
`activate_compute_device`, 2619
`adapt_shape_model_high_noise`, 1985
`add_channels`, 425
`add_class_train_data_gmm`, 1649
`add_class_train_data_knn`, 1671
`add_class_train_data_mlp`, 1693
`add_class_train_data_svm`, 1734
`add_deformable_surface_model_reference_point`, 112
`add_deformable_surface_model_sample`, 113
`add_dl_pruning_batch`, 761
`add_image`, 888
`add_image_border`, 429
`add_matrix`, 2116
`add_matrix_mod`, 2117

add_metrology_object_circle_measure, 34
add_metrology_object_ellipse_measure, 36
add_metrology_object_generic, 39
add_metrology_object_line_measure, 42
add_metrology_object_rectangle2_measure, 44
add_noise_distribution, 1120
add_noise_white, 1121
add_noise_white_contour_xld, 3217
add_sample_class_gmm, 1650
add_sample_class_knn, 1672
add_sample_class_mlp, 1694
add_sample_class_svm, 1735
add_sample_class_train_data, 1725
add_sample_identifier_preparation_data, 1792
add_sample_identifier_training_data, 1794
add_samples_image_class_gmm, 2523
add_samples_image_class_knn, 2524
add_samples_image_class_mlp, 2525
add_samples_image_class_svm, 2526
add_scene_3d_camera, 1169
add_scene_3d_instance, 1170
add_scene_3d_label, 1170
add_scene_3d_light, 1172
add_texture_inspection_model_image, 1480
adjust_mosaic_images, 2851
affine 2D-Transformation aus Punkt-zu-Gerade-Korrespondenzen, 2910
affine 2D-Transformation einer Region, 2405
affine 2D-Transformation einer XLD-Kontur, 3143
affine 2D-Transformation eines Bildes, 969, 972
affine 2D-Transformation eines Pixels, 2884
affine 2D-Transformation eines Polygons, 3145
affine 2D-Transformation eines Punktes, 2885
affine 2D-Transformation eines Verschiebungsvektorfeldes, 2918
affine 2D-Transformation von Punktkorrespondenzen, 2920
affine 3D-Matrix, 2906
affine 3D-Transformation eines 3D-Objekt-Modells, 230
affine 3D-Transformation eines Punkts, 2928
affine 3D-Transformation von Punktkorrespondenzen, 2949
affine Transformation, 952
affine_trans_contour_xld, 3143
affine_trans_image, 969
affine_trans_image_size, 972
affine_trans_object_model_3d, 230
affine_trans_pixel, 2884
affine_trans_point_2d, 2885
affine_trans_point_3d, 2928
affine_trans_polygon_xld, 3145
affine_trans_region, 2405
Aktion auf I/O-Übertragungskanälen ausführen, 2639
Aktion auf I/O-Geräteinstanz ausführen, 2639
Aktion auf I/O-Schnittstelle ausführen, 2640
Aktualisierungsmodus für Ausführungsmarke konfigurieren, 879
Aktualisierungsmodus für Fenster konfigurieren, 881
Aktualisierungsmodus für Variablen konfigurieren, 880
Aktualisierungsmodus für Zeitmessung konfigurieren, 880
aktuelle Farbe, 1276, 1277
aktuelle Farbnachschlagetabelle (Look-Up-Tabelle, LUT), 1774
aktuelles Arbeitsverzeichnis, 572
aktuelles Arbeitsverzeichnis setzen, 575
aktuelles Grafikfenster, 854
aktuelles Grafikfenster setzen, 876
align_metrology_model, 46
allgemeine Filtermaske, 1126
alphanumerische Barcode-Ergebnisse, 1409
alphanumerisches Barcode-Ergebnis, 1362
Alternative mit Bedingung, 2595, 2599
Alternative zu Bedingung, 2598, 2599
an Barriere warten (Multithreading), 2690
angezeigtes Bildteil setzen, 872, 1295
angle_ll, 2772
angle_lx, 2773
anisotrope 2D-Ähnlichkeitstransformation aus Punkt-zu-Gerade-Korrespondenzen, 2910
anisotrope 2D-Ähnlichkeitstransformation aus Punktkorrespondenzen, 2918
anisotrope Diffusion, 1035
anisotropic_diffusion, 994
Anomaliemodell trainieren (Deep Learning), 627
Anzahl der Einträge in der HALCON-Datenbank, 2628
Anzahl der Parameter, 2656
Anzahl der Stützstellen einer 1D-Funktion, 2766
Anzahl der Support-Vektoren eines OCR-Klassifikators, 2344
Anzahl der Trainingsmuster, 1728, 1729
Anzahl der Trainingsmuster (GMM), 1662
Anzahl der Trainingsmuster (kNN), 1678
Anzahl der Trainingsmuster (MLP), 1709
Anzahl der Trainingsmuster (SVM), 1748
Anzahl von Support-Vektoren, 1749
Anzeige einer 3D-Pose ändern, 1235
Anzeigeform von Regionen setzen, 874, 1299
Anzeigemodus für Grauwert, 1274
Anzeigemodus für Grauwerte setzen, 871, 1293
Anzeigemodus für Region, 1277
Anzeigemodus von Regionen setzen, 869, 1288
anzeigen, 848, 869–872, 1210, 1283, 1286, 1288, 1292, 1293, 1295, 1297, 1303, 1312–1314
append_channel, 465
append_ocr_trainf, 2355
apply_bead_inspection_model, 1443

apply_color_trans_lut, 946
apply_deep_counting_model, 1918
apply_deep_matching_3d, 96
apply_deep_ocr, 2256
apply_distance_transform_xld, 2774
apply_dl_model, 762
apply_metrology_model, 49
apply_sample_identifier, 1795
apply_sheet_of_light_calibration, 376
apply_texture_inspection_model, 1481
approx_chain, 1895
approx_chain_simple, 1899
Approximationsfehler für Konturenanzeige setzen, 1784
ARC/INFO-Datei, 581, 584, 587, 590
ARC/INFO-Weltdatei, 574
area_center, 2427
area_center_gray, 485
area_center_points_xld, 3161
area_center_xld, 3162
area_holes, 2428
area_intersection_rectangle2, 2775
area_object_model_3d, 203
Areakosinus hyperbolicus von Tupel-Elementen, 2998
Areasinus hyperbolicus von Tupel-Elementen, 3000
Areatangens hyperbolicus von Tupel-Elementen, 3002
Arkuskosinus eines Bildes, 887
Arkuskosinus von Tupel-Elementen, 2997
Arkussinus eines Bildes, 889
Arkussinus von Tupel-Elementen, 2999
Arkustangens eines Bildes, 891
Arkustangens von Tupel-Elementen, 3001
Arkustangens von zwei Bildern, 890
asin_image, 889
assign, 2593
assign_at, 2594
atan2_image, 890
atan_image, 891
attach_background_to_window, 1246
attach_drawing_object_to_window, 1247
Attribute einer XLD-Kontur, 3186, 3190
auf Condition warten (Multithreading), 2688, 2690
auf Event warten (Multithreading), 2689, 2691
auf externe Bilder zugreifen, 441, 442, 445, 447
auf Mausklick warten, 1237, 1238
auf projektive 2D-Matrix projizieren, 2906
auf XLD-Konturen zugreifen und sie umrechnen, 483, 3161, 3167, 3171, 3173, 3186, 3190, 3199, 3200, 3202, 3204, 3248
Aufmerksamkeitsbereich (ROI) entfernen, 426
Aufmerksamkeitsbereich (ROI) erzeugen, 425, 427, 428
aus Datenbank löschen, 2368
Ausführung anhalten, 2609
Ausführung mit Ausnahme starten, 2612
Ausgabemodus für Grauwerte, 1771
Ausgabemodus für Grauwerte setzen, 1781
Ausmaße einer Schriftart (Font), 1306
Ausnahme werfen, 2611
Ausnahmedaten, 852
Ausnahmen abfangen, 2595
Ausrichtung (Orientierung) einer Tangente einer XLD-Kontur, 3185
Ausrichtung einer Region, 2454
Ausrichtung einer XLD-Kontur, 3204
auto_threshold, 2552
automatische Operator-Parallelisierung optimieren, 2694
automatische Operatorenparallelisierungsdaten schreiben, 2700
axis_angle_to_quat, 2985

Bündelausgleichsmosaik, 2856
background_seg, 2479
Bandfilter, 921
Bandpass-Filter, 922, 933, 934
bandpass_image, 1084
Barcode lesen, 1351, 1353, 1357, 1362
Barcode-Druckqualität prüfen, 1362
Barcode-Ergebnisobjekt, 1357
Barcode-Ergebnisse prüfen, 1357, 1362
Barcode-Modell anpassen, 1373, 1383
Barcode-Modell einlesen, 1371
Barcode-Modell erzeugen, 1349, 1373, 1383
Barcode-Modell löschen, 1349
Barcode-Modell optimieren, 1358, 1360, 1370
Barcode-Modell schreiben, 1385
Barcode-Modell trainieren, 1351, 1353
Barriere erzeugen (Multithreading), 2660, 2664
Bassins extrahieren, 2588, 2589, 2591
Beleuchtung schätzen, 361
Beobachtung aus dem Kalibrierdatenmodell entfernen, 1603
Beobachtungs-Indizes eines Kamerakalibrierdatenmodells, 1600
Beobachtungs-Konturen eines Kamerakalibrierdatenmodells, 1597
Beobachtungs-Pose eines Kamerakalibrierdatenmodells, 1543
Beobachtungs-Pose eines Kamerakalibrierdatenmodells setzen, 1549
Beobachtungspunkte der Kamerakalibrierung, 1598
Betriebssystem, 3088
bilateral_filter, 995
Bilaterale Filterung eines Bildes, 995
Bild (-kanäle) für Farbverarbeitung bearbeiten, 1052, 1085
Bild an Socket senden, 2746
Bild anzeigen, 851, 1190, 1198
Bild aus schneller Fourier-Transformation (FFT) falten, 913, 914
Bild beleuchten, 1153
Bild bitweise nach rechts verschieben (Rechts-Shift), 910

Bild drehen, 985
Bild durch Abbildung transformieren, 975
Bild durch Regiongrowing segmentieren, 2511, 2513, 2514
Bild durch Wasserausschüttung segmentierung, 2585
Bild eines Barcodes vorverarbeiten, 895
Bild einlesen, 556, 568
Bild einziehen, 411, 413–415
Bild entzerren, 1107
Bild erzeugen, 440–442, 444, 449, 451, 454, 455, 457
Bild für Blob-Analyse segmentieren, 501, 1012, 1014, 2540, 2561, 2562, 2588, 2589, 2591
Bild für Blob-Analyse vorverarbeiten (Filterung), 1000, 1004, 1005, 1012, 1014, 1017, 1019, 1024, 1026, 1027, 1031
Bild für Kantenextraktion filtern (pixelgenau), 1047, 1051, 1052, 1057, 1063, 1068, 1069, 1073–1079, 1081
Bild für OCR vorverarbeiten (Filterung), 1110, 2193, 2195, 2196, 2198, 2199, 2201, 2202, 2204, 2206
Bild für optische Zeichenerkennung (OCR) segmentieren, 1881, 2314, 2338
Bild glätten, 1154
Bild in 3D-Koordinaten transformieren, 1633
Bild in Polarkoordinaten transformieren, 977
Bild invertieren, 895
Bild mit 2D-Histogramm segmentieren, 2527, 2529
Bild mit Abweichungsschwellenwert segmentieren, 2567
Bild mit anisotroper Diffusion glätten, 994
Bild mit automatischem Schwellenwert segmentieren, 2552
Bild mit Bewegungsunschärfe erzeugen, 1162
Bild mit Bewegungsunschärfe wiederherstellen, 1164, 1165
Bild mit binärem Schwellenwert segmentieren, 2553
Bild mit Binomial-Filter glätten, 1000
Bild mit Deriche-Filter glätten, 1031
Bild mit Gauß-Filter glätten, 1005, 1031
Bild mit Hysterese-Schwellenwert segmentieren, 2520
Bild mit isotroper Diffusion glätten, 1011
Bild mit Kalibrierplatte erzeugen, 1570
Bild mit Linksverschiebung, 906
Bild mit lokalem Schwellenwert segmentieren, 2559, 2563
Bild mit Median-Filter glätten, 1017, 1019, 1021, 1022
Bild mit Midrange-Filter glätten, 1023
Bild mit Mittelwert-Filter glätten, 1001, 1003, 1012, 1014–1016
Bild mit Nachschlagetabelle (Look-Up-Tabelle, LUT) transformieren, 1132
Bild mit Rang-Filter glätten, 1024, 1026, 1027, 1032
Bild mit schnellem Schwellenwert segmentieren, 2561
Bild mit Schwellenwert für Zeichen segmentieren, 2555
Bild mit Schwellenwert segmentieren, 2565
Bild mit Shen-Filter glätten, 1031
Bild mit Sigma-Filter glätten, 1029
Bild mit Subpixel-Schwellenwert segmentieren, 2566
Bild mit Variationsmodell vergleichen, 1503, 1505
Bild pixelweise vergleichen, 2556
Bild radiometrisch kalibrieren, 1132
Bild rektifizieren, 975, 1625, 1633
Bild segmentieren mit Pixelklassifikation (euklidisch), 2531
Bild segmentieren mit Pixelklassifikation (GMM), 2533
Bild segmentieren mit Pixelklassifikation (LUT), 2535
Bild segmentieren mit Pixelklassifikation (MLP), 2537
Bild segmentieren mit Pixelklassifikation (SVM), 2538
Bild spiegeln, 976
Bild und vorverarbeitete Daten einziehen, 412
Bild verbessern, 1150, 1151
Bild von Polarkoordinaten transformieren, 979
Bild von Socket einlesen, 2741
Bild zerlegen, 1891
Bildbereich vergrößern, 1128
Bildbereiche interpolieren, 1004
Bildeinzug in Echtzeit, 412, 414, 415
Bildeinzugsgerät öffnen, 417, 419
Bildeinzugsgerät schließen, 407
Bildeinzugsparameter, 409
Bilder addieren, 888
Bilder dividieren, 892
Bilder einer schnellen Fourier-Transformation (FFT) korrelieren, 914, 937
Bilder eines Variationsmodells, 1509
Bilder kacheln, 436–438
Bilder multiplizieren, 899
Bilder schreiben, 562
Bilder subtrahieren, 885, 903
Bilderzeugungszeit, 526
Bildgröße, 525
Bildgröße ändern (skalieren, Zoom), 986, 987
Bildgröße für Messmodell setzen, 68
Bildgröße setzen, 430–434
Bildkanäle, 472–477
Bildkanäle zählen, 471
Bildkanal, 464
Bildkoordinaten für 3D Anzeige, 1234
Bildmittelpunkt, 1581
Bildpaare des Stereo-Modells erhalten, 340
Bildpaare des Stereo-Modells setzen, 353
Bildpyramide, 1095
Bildsequenz einlesen, 559
Bildtyp, 526
Bildtyp umrechnen, 516
`bin_threshold`, 1892
binäres Bild erzeugen, 461

binary_threshold, 2553
binocular_calibration, 1533
binocular_disparity, 275
binocular_disparity_mg, 278
binocular_disparity_ms, 284
binocular_distance, 287
binocular_distance_mg, 291
binocular_distance_ms, 293
binokulares Stereo-Kamerasystem kalibrieren, 303
Binomial-Filter, 1000
binomial_filter, 1000
bit_and, 906
bit_lshift, 906
bit_mask, 907
bit_not, 908
bit_or, 909
bit_rshift, 910
bit_slice, 911
bit_xor, 912
Bitextraktion, 911
bitweises Exklusiv-ODER von Bildern, 912
bitweises Exklusiv-ODER von Tupeln, 3027
bitweises Komplement eines Bildes, 908
bitweises NICHT von Tupeln, 3026
bitweises ODER von Bilder, 909
bitweises ODER von Tupeln, 3027
bitweises UND von Bild und Maske, 907
bitweises UND von Bilder, 906
bitweises UND von Tupeln, 3025
Blob-Analyse beschleunigen, 2561, 2565, 2634, 2708
Blob-Analyse mit hoher Genauigkeit, 485, 2427
Bogenmaß in Grad umrechnen, 3006
Bottom-Hat- und Top-Hat-Operator, 1863
Bottom-Hat-Operator, 2192, 2211
bottom_hat, 2211
boundary, 2212
Boxen in 3D-Daten finden, 88
break, 2594
Breite für Kantenfilter schätzen, 1067
Breitenprofil einer Region, 2440
Brennweite, 1581
broadcast_condition, 2660
bundle_adjust_mosaic, 2854

CAD-Datei einlesen, 574
calibrate_cameras, 1581
calibrate_hand_eye, 1537
calibrate_sheet_of_light, 378
Callback-Funktion für Bildeinzugsgerät, 408
Callback-Funktion für Bildeinzugsgerät setzen, 422
Callback-Funktion für ein Zeichenobjekt setzen, 1264
caltab_points, 1551
cam_mat_to_cam_par, 1572
cam_par_pose_to_hom_mat3d, 1619
cam_par_to_cam_mat, 1573
camera_calibration, 1615
Canny-Filter, 1052, 1055, 1057, 1060
case, 2595
catch, 2595
Ceiling-Funktion von Tupel-Elementen, 3003
cfa_to_rgb, 947
change_domain, 425
change_format, 430
change_radial_distortion_cam_par, 1622
change_radial_distortion_contours_xld, 1624
change_radial_distortion_image, 1625
change_radial_distortion_points, 1626
channels_to_image, 465
char_threshold, 2555
check_difference, 2556
circularity, 2429
circularity_xld, 3163
class_2dim_sup, 2527
class_2dim_unsup, 2529
class_ndim_norm, 2531
classify_class_gmm, 1651
classify_class_knn, 1673
classify_class_mlp, 1695
classify_class_svm, 1736
classify_image_class_gmm, 2533
classify_image_class_knn, 2534
classify_image_class_lut, 2535
classify_image_class_mlp, 2537
classify_image_class_svm, 2538
clear_bar_code_model, 1349
clear_barrier, 2660
clear_bead_inspection_model, 1444
clear_calib_data, 1582
clear_camera_setup_model, 1582
clear_class_gmm, 1652
clear_class_knn, 1674
clear_class_lut, 1686
clear_class_mlp, 1696
clear_class_svm, 1737
clear_class_train_data, 1726
clear_color_trans_lut, 949
clear_component_model, 1814
clear_condition, 2661
clear_data_code_2d_model, 1389
clear_deformable_model, 1926
clear_deformable_surface_matching_result, 114
clear_deformable_surface_model, 114
clear_descriptor_model, 1968
clear_distance_transform_xld, 2776
clear_dl_model, 764
clear_drawing_object, 1248
clear_event, 2661
clear_handle, 3055
clear_lexicon, 2282
clear_matrix, 2155
clear_message, 2662
clear_message_queue, 2663

clear_metrology_model, 51
clear_metrology_object, 51
clear_mutex, 2664
clear_ncc_model, 2095
clear_obj, 2368
clear_object_model_3d, 179
clear_ocr_class_cnn, 2243
clear_ocr_class_knn, 2267
clear_ocr_class_mlp, 2286
clear_ocr_class_svm, 2333
clear_rectangle, 1768
clear_sample_identifier, 1798
clear_samples_class_gmm, 1652
clear_samples_class_mlp, 1697
clear_samples_class_svm, 1737
clear_scattered_data_interpolator, 2844
clear_scene_3d, 1173
clear_serial, 2728
clear_serialized_item, 2723
clear_shape_model, 1986
clear_shape_model_3d, 127
clear_sheet_of_light_model, 381
clear_stereo_model, 339
clear_structured_light_model, 1457
clear_surface_matching_result, 149
clear_surface_model, 150
clear_text_model, 2311
clear_text_result, 2312
clear_texture_inspection_model, 1483
clear_texture_inspection_result, 1484
clear_train_data_variation_model, 1502
clear_training_components, 1815
clear_variation_model, 1502
clear_window, 1213
clip_contours_xld, 3218
clip_end_points_contours_xld, 3219
clip_region, 2480
clip_region_rel, 2481
close_bg_esti, 2825
close_contours_xld, 3219
close_edges, 1045
close_edges_length, 1046
close_file, 592
close_framegrabber, 407
close_io_channel, 2638
close_io_device, 2638
close_measure, 3
close_ocr, 1876
close_ocv, 1449
close_serial, 2729
close_socket, 2734
close_window, 1213
closest_point_transform, 2482
closing, 2214
Closing-Operator, 1849, 2193–2195, 2214, 2215, 2217
closing_circle, 2215
closing_golay, 1849
closing_rectangle1, 2217
cluster_model_components, 1815
coherence_enhancing_diff, 1147
combine_roads_xld, 3220
comment, 2597
compactness, 2430
compactness_xld, 3164
compare_ext_variation_model, 1503
compare_memory_block, 2751
compare_obj, 2364
compare_variation_model, 1505
complement, 2415
complex_to_real, 515
compose2, 466
compose3, 467
compose4, 467
compose5, 468
compose6, 469
compose7, 470
compose_funct_1d, 2757
Compute Device öffnen, 2624
Compute Device aktivieren, 2619
Compute Device deaktivieren, 2620, 2621
Compute Device freigeben, 2625, 2626
Compute Device initialisieren, 2623
concat_obj, 2369
concat_ocr_trainf, 2356
Condition erzeugen (Multithreading), 2665
Condition löschen (Multithreading), 2661
Condition signalisieren (Multithreading), 2660, 2687
connect_and_holes, 2431
connect_grid_points, 2819
connect_image_source, 535
connection, 2484
connection_object_model_3d, 231
continue, 2597
contlength, 2432
contour_point_num_xld, 3165
contour_to_world_plane_xld, 1626
Control-Parameter aus einer Nachricht lesen (Inter-Thread Kommunikation), 2677
Control-Parameter in eine Nachricht schreiben (Inter-Thread Kommunikation), 2685
control_image_source, 536
control_io_channel, 2639
control_io_device, 2639
control_io_interface, 2640
convert_coordinates_image_to_window, 1268
convert_coordinates_window_to_image, 1269
convert_image_type, 516
convert_map_type, 974
convert_point_3d_cart_to_spher, 2992
convert_point_3d_spher_to_cart, 2993
convert_pose_type, 2961
convert_tuple_to_vector_1d, 2597

convert_vector_to_tuple, 2598
convex_hull_object_model_3d, 232
convexity, 2433
convexity_xld, 3165
convol_channels, 1125
convol_fft, 913
convol_gabor, 914
convol_image, 1126
cooc_feature_image, 486
cooc_feature_matrix, 487
Cooccurrence-Matrix, 486, 498
copy_dict, 3029
copy_file, 571
copy_image, 440
copy_matrix, 2155
copy_metrology_model, 52
copy_metrology_object, 1761
copy_obj, 2370
copy_object_model_3d, 179
copy_rectangle, 1214
corner_response, 1109
correlation_fft, 914
cos_image, 891
count_channels, 471
count_obj, 2365
count_relation, 2628
count_seconds, 2617
create_aniso_shape_model, 1986
create_aniso_shape_model_xld, 1992
create_bar_code_model, 1349
create_barrier, 2664
create_bead_inspection_model, 1445
create_bg_esti, 2826
create_calib_data, 1583
create_calib_descriptor_model, 1969
create_caltab, 1553
create_cam_pose_look_at_point, 128
create_camera_setup_model, 1584
create_class_gmm, 1653
create_class_knn, 1675
create_class_lut_gmm, 1686
create_class_lut_knn, 1688
create_class_lut_mlp, 1690
create_class_lut_svm, 1692
create_class_mlp, 1697
create_class_svm, 1738
create_class_train_data, 1726
create_color_trans_lut, 949
create_component_model, 1817
create_condition, 2665
create_data_code_2d_model, 1389
create_deep_counting_model, 1919
create_deep_matching_3d, 97
create_deep_ocr, 2258
create_deformable_surface_model, 115
create_dict, 3030
create_distance_transform_xld, 2777
create_dl_layer_activation, 635
create_dl_layer_affine_grid, 639
create_dl_layer_anchors, 641
create_dl_layer_batch_normalization, 645
create_dl_layer_box_proposals, 649
create_dl_layer_box_targets, 657
create_dl_layer_class_id_conversion, 666
create_dl_layer_concat, 669
create_dl_layer_convolution, 670
create_dl_layer_dense, 674
create_dl_layer_depth_max, 676
create_dl_layer_depth_to_space, 678
create_dl_layer_dropout, 680
create_dl_layer_elementwise, 681
create_dl_layer_gather, 683
create_dl_layer_grid_sample, 685
create_dl_layer_identity, 687
create_dl_layer_input, 688
create_dl_layer_loss_cross_entropy, 691
create_dl_layer_loss_ctc, 693
create_dl_layer_loss_distance, 697
create_dl_layer_loss_focal, 699
create_dl_layer_loss_huber, 701
create_dl_layer_lrn, 703
create_dl_layer_matmul, 705
create_dl_layer_permutation, 706
create_dl_layer_pooling, 708
create_dl_layer_reduce, 711
create_dl_layer_reshape, 713
create_dl_layer_roi_pooling, 715
create_dl_layer_slice, 720
create_dl_layer_softmax, 722
create_dl_layer_transposed_convolution, 724
create_dl_layer_zoom_factor, 727
create_dl_layer_zoom_size, 729
create_dl_layer_zoom_to_layer_size, 731
create_dl_model, 733
create_dl_model_detection, 831
create_dl_pruning, 765
create_drawing_object_circle, 1249
create_drawing_object_circle_sector, 1250
create_drawing_object_ellipse, 1252
create_drawing_object_ellipse_sector, 1253
create_drawing_object_line, 1254
create_drawing_object_rectangle1, 1255
create_drawing_object_rectangle2, 1256
create_drawing_object_text, 1258
create_drawing_object_xld, 1259
create_event, 2666
create_funct_1d_array, 2758
create_funct_1d_pairs, 2759
create_generic_shape_model, 1997

create_image_source, 537
create_lexicon, 2283
create_local_deformable_model, 1926
create_local_deformable_model_xld, 1928
create_matrix, 2156
create_memory_block_extern, 2752
create_memory_block_extern_copy, 2752
create_message, 2667
create_message_queue, 2668
create_metrology_model, 53
create_mutex, 2669
create_ncc_model, 2095
create_ocr_class_box, 1877
create_ocr_class_knn, 2268
create_ocr_class_mlp, 2287
create_ocr_class_svm, 2333
create_ocv_proj, 1450
create_planar_calib_deformable_model, 1931
create_planar_calib_deformable_model_xld, 1934
create_planar_uncalib_deformable_model, 1936
create_planar_uncalib_deformable_model_xld, 1940
create_pose, 2962
create_rectification_grid, 2820
create_sample_identifier, 1799
create_scaled_shape_model, 1997
create_scaled_shape_model_xld, 2002
create_scattered_data_interpolator, 2844
create_scene_3d, 1173
create_serialized_item_ptr, 2724
create_shape_model, 2006
create_shape_model_3d, 130
create_shape_model_xld, 2011
create_sheet_of_light_calib_object, 382
create_sheet_of_light_model, 383
create_stereo_model, 339
create_structured_light_model, 1458
create_surface_model, 150
create_text_model, 1879
create_text_model_reader, 2312
create_texture_inspection_model, 1485
create_trained_component_model, 1820
create_uncalib_descriptor_model, 1970
create_variation_model, 1506
critical_points_sub_pix, 2574
crop_contours_xld, 3221
crop_domain, 431
crop_domain_rel, 431
crop_part, 432
crop_rectangle1, 433
crop_rectangle2, 434
Cursorform, 1775
Cursorform setzen, 1787
Cursorposition setzen, 1309, 1313

dargestellter Bildteil, 1275
darstellbare Grauwerte, 1281
Datacode lesen, 1394, 1401, 1409
Datacode prüfen, 1401, 1409
Datacode-Druckqualität prüfen, 1409
Datacode-Ergebnisobjekte, 1401
Datacode-Modell einlesen, 1394, 1428
Datacode-Modell erzeugen, 1389
Datacode-Modell löschen, 1389
Datacode-Modell optimieren, 1404, 1426, 1429
Datacode-Modell schreiben, 1440
Datacode-Modell trainieren, 1394, 1409, 1429
Datacode-Modell wiederverwenden, 1394, 1428, 1440
Datei aktualisieren, 1913
Datei einlesen, 1913
Datei kopieren, 571
Datei löschen, 571, 574, 575
Datei-Dialog öffnen, 857
Dateien in Verzeichnis auflisten, 573
Daten an Socket senden, 2744
Daten auf I/O-Übertragungskanäle schreiben, 2649
Daten aus automatischer Operator-Parallelisierung, 2693
Daten aus automatischer Operator-Parallelisierung einlesen, 2697
Daten aus automatischer Operator-Parallelisierung setzen, 2699
Daten aus dem Kalibrierdatenmodell entfernen, 1602
Daten deserialisieren, 3, 54, 118, 136, 154, 182, 386, 553, 565, 568, 576, 581, 766, 1353, 1451, 1507, 1574, 1586, 1656, 1676, 1702, 1727, 1742, 1880, 1944, 1973, 2146, 2271, 2886, 2929, 2966
Daten klassifizieren, 2533–2535, 2537, 2538
Daten klassifizieren (GMM), 1651
Daten klassifizieren (kNN), 1673
Daten klassifizieren (MLP), 1695
Daten klassifizieren (SVM), 1736, 1743
Daten serialisieren, 23, 67, 126, 147, 172, 196, 393, 561, 566, 570, 577, 578, 586, 808, 1372, 1394, 1429, 1454, 1460, 1471, 1486, 1494, 1513, 1576, 1604, 1605, 1667, 1682, 1713, 1731, 1755, 1885, 1961, 1983, 2097, 2111, 2148, 2280, 2291, 2304, 2916, 2948, 2950, 2960, 2979, 2986, 2991
Daten von Socket einlesen, 2740
deactivate_all_compute_devices, 2620
deactivate_compute_device, 2621
decode_bar_code_rectangle2, 1351
decode_structured_light_pattern, 1459
decompose2, 472
decompose3, 472

decompose4, 473
decompose5, 474
decompose6, 475
decompose7, 476
decompose_matrix, 2167
decrypt_serialized_item, 2725
default, 2598
defokussiertes Bild erzeugen, 1161
defokussiertes Bild wiederherstellen, 1164, 1165
delete_file, 571
Depth from Focus, 334
depth_from_focus, 334
dequeue_message, 2670
Deriche-Filter, 1052, 1055, 1057, 1060
derivate_funct_1d, 2760
derivate_gauss, 1047
derivate_vector_field, 1097
deserialize_bar_code_model, 1353
deserialize_calib_data, 1586
deserialize_cam_par, 1574
deserialize_camera_setup_model, 1586
deserialize_class_gmm, 1656
deserialize_class_knn, 1676
deserialize_class_mlp, 1702
deserialize_class_svm, 1742
deserialize_class_train_data, 1727
deserialize_component_model, 1822
deserialize_data_code_2d_model, 1394
deserialize_deformable_model, 1944
deserialize_deformable_surface_model, 118
deserialize_descriptor_model, 1973
deserialize_distance_transform_xld, 2779
deserialize_dl_model, 766
deserialize_dual_quat, 2950
deserialize_fft_optimization_data, 916
deserialize_handle, 576
deserialize_hom_mat2d, 2886
deserialize_hom_mat3d, 2929
deserialize_image, 553
deserialize_matrix, 2146
deserialize_measure, 3
deserialize_metrology_model, 54
deserialize_ncc_model, 2097
deserialize_object, 565
deserialize_object_model_3d, 182
deserialize_ocr, 1879
deserialize_ocr_class_cnn, 2243
deserialize_ocr_class_knn, 2271
deserialize_ocr_class_mlp, 2291
deserialize_ocr_class_svm, 2337
deserialize_ocv, 1451
deserialize_pose, 2966
deserialize_quat, 2986
deserialize_region, 568
deserialize_sample_identifier, 1801
deserialize_shape_model, 2015
deserialize_shape_model_3d, 136
deserialize_sheet_of_light_model, 386
deserialize_structured_light_model, 1460
deserialize_surface_model, 154
deserialize_texture_inspection_model, 1486
deserialize_training_components, 1823
deserialize_tuple, 576
deserialize_variation_model, 1507
deserialize_xld, 581
detach_background_from_window, 1260
detach_drawing_object_from_window, 1260
detect_edge_segments, 2518
determinant_matrix, 2159
Determinante einer homogenen 2D-Matrix, 2889
Determinante einer homogenen 3D-Matrix, 2931
Determinante einer Matrix, 2159
determine_deformable_model_params, 1945
determine_ncc_model_params, 2098
determine_shape_model_params, 2015
dev_clear_obj, 845
dev_clear_window, 845
dev_close_inspect_ctrl, 846
dev_close_tool, 847
dev_close_window, 847
dev_disp_text, 848
dev_display, 851
dev_error_var, 851
dev_get_exception_data, 852
dev_get_preferences, 853
dev_get_system, 854
dev_get_window, 854
dev_inspect_ctrl, 855
dev_map_par, 1763
dev_map_prog, 1763
dev_map_var, 1764
dev_open_dialog, 856
dev_open_file_dialog, 857
dev_open_tool, 858
dev_open_window, 862
dev_set_check, 864
dev_set_color, 865
dev_set_colored, 867
dev_set_contour_style, 868
dev_set_draw, 869
dev_set_line_width, 869
dev_set_lut, 870
dev_set_paint, 871
dev_set_part, 872
dev_set_preferences, 873
dev_set_shape, 874
dev_set_system, 875
dev_set_tool_geometry, 875
dev_set_window, 876

dev_set_window_extents, 877
dev_show_tool, 878
dev_unmap_par, 1764
dev_unmap_prog, 1765
dev_unmap_var, 1765
dev_update_pc, 879
dev_update_time, 880
dev_update_var, 880
dev_update_window, 881
deviation_image, 1143
deviation_n, 1127
diagonale Matrixelemente, 2175
diagonale Matrixelemente setzen, 2179
Dialog öffnen, 856
diameter_region, 2434
diameter_xld, 3166
dict_to_json, 3032
Dictionary einlesen, 3037
Dictionary erzeugen, 3030
Dictionary in JSON-String umwandeln, 3032
Dictionary kopieren, 3029
Dictionary schreiben, 3044
Dictionary-Eintrag mit einem Objekt als Wert, 3033, 3039
Dictionary-Eintrag mit Tupel als Wert, 3035
Dictionary-Schlüssel entfernen, 3039
diff_of_gauss, 1051
difference, 2416
difference_closed_contours_xld, 3151
difference_closed_polygons_xld, 3152
Differenz von ikonischen Tupeln, 2373
Differenz von Regionen, 2416
Differenz von XLD-Konturen, 3151, 3157, 3158
Differenz von XLD-Polygonen, 3152
Differenz von zwei Tupeln, 3076
Dilation-Operator, 1850, 1852, 2196–2198, 2218, 2219, 2221, 2222, 2231, 2232
dilation1, 2218
dilation2, 2219
dilation_circle, 2221
dilation_golay, 1850
dilation_rectangle1, 2222
dilation_seq, 1851
disconnect_image_source, 539
disp_arc, 1187
disp_arrow, 1189
disp_caltab, 1559
disp_channel, 1190
disp_circle, 1191
disp_color, 1192
disp_cross, 1193
disp_distribution, 1769
disp_ellipse, 1194
disp_image, 1196
disp_line, 1197
disp_lut, 1770
disp_obj, 1198
disp_object_model_3d, 1199
disp_polygon, 1203
disp_rectangle1, 1204
disp_rectangle2, 1206
disp_region, 1207
disp_text, 1303
disp_xld, 1208
Disparität aus binokularem Stereoabstand, 298
Disparität eines rektifizierten Bildpaars mit Korrelationsmethoden berechnen, 284
Disparitätsbild mittels korrelationsbasiertem Stereo, 275
Disparitätsbild mittels Lichtschnittverfahren, 388
Disparitätsbild mittels Mehrgitter-Stereo, 278
disparity_image_to_xyz, 295
disparity_to_distance, 296
disparity_to_point_3d, 297
display_scene_3d, 1175
dist_ellipse_contour_points_xld, 3167
dist_ellipse_contour_xld, 3168
dist_rectangle2_contour_points_xld, 3170
distance_cc, 2779
distance_cc_min, 2780
distance_cc_min_points, 2781
distance_contours_xld, 2782
distance_funct_1d, 1900
distance_lc, 2784
distance_lr, 2784
distance_object_model_3d, 204
distance_pc, 2785
distance_pl, 2786
distance_point_line, 2787
distance_point_pluecker_line, 2788
distance_pp, 2789
distance_pr, 2790
distance_ps, 2791
distance_rr_min, 2792
distance_rr_min_dil, 2793
distance_sc, 2794
distance_sl, 2794
distance_sr, 2796
distance_ss, 2797
distance_to_disparity, 298
distance_transform, 2485
Distanzen zwischen 3D-Objektmodellpunkten und 3D-Objektmodell berechnen, 204
Distanzen zwischen Strings berechnen, 3096
Distanztransformation einer Region, 2485
div_element_matrix, 2118
div_element_matrix_mod, 2119
div_image, 892
Divisionsmodell der Objektivverzeichnung, 1581
Divisionsrest von Tupel-Elementen, 3011, 3017
do_ocr_multi, 1880
do_ocr_multi_class_cnn, 2244
do_ocr_multi_class_knn, 2272
do_ocr_multi_class_mlp, 2291
do_ocr_multi_class_svm, 2338
do_ocr_single, 1881

do_ocr_single_class_cnn, 2245
do_ocr_single_class_knn, 2273
do_ocr_single_class_mlp, 2292
do_ocr_single_class_svm, 2338
do_ocr_word_cnn, 2246
do_ocr_word_knn, 2274
do_ocr_word_mlp, 2293
do_ocr_word_svm, 2339
do_ocv_simple, 1452
dots_image, 1110
drag_region1, 1316
drag_region2, 1317
drag_region3, 1318
draw_circle, 1319
draw_circle_mod, 1320
draw_ellipse, 1321
draw_ellipse_mod, 1323
draw_line, 1324
draw_line_mod, 1325
draw_nurbs, 1326
draw_nurbs_interp, 1328
draw_nurbs_interp_mod, 1330
draw_nurbs_mod, 1332
draw_point, 1335
draw_point_mod, 1336
draw_polygon, 1336
draw_rectangle1, 1337
draw_rectangle1_mod, 1338
draw_rectangle2, 1340
draw_rectangle2_mod, 1341
draw_region, 1342
draw_xld, 1343
draw_xld_mod, 1344
Dual-Rank-Filter, 2189
dual_quat_compose, 2951
dual_quat_conjugate, 2952
dual_quat_interpolate, 2953
dual_quat_normalize, 2954
dual_quat_to_hom_mat3d, 2954
dual_quat_to_pose, 2967
dual_quat_to_screw, 2955
dual_quat_trans_line_3d, 2956
dual_quat_trans_point_3d, 2958
dual_rank, 2189
dual_threshold, 2557
duale Quaternion aus Schraubungsparametern erzeugen, 2959
duale Quaternion in 3D-Pose umrechnen, 2967
duale Quaternion in homogene 3D-Matrix umrechnen, 2954
duale Quaternion konjugieren, 2952
duale Quaternion normalisieren, 2954
duale Quaternionen interpolieren, 2953
duale Quaternionen multiplizieren, 2951
dump_window, 1216
dump_window_image, 1217
Durchschnittsmenge, 2775, 2801–2810
Durchschnittsmenge von Regionen, 2417, 2418
Durchschnittsmenge von XLD-Konturen, 3153
Durchschnittsmenge von XLD-Polygonen, 3155
Durchschnittsmenge von zwei Tupeln, 3077
DXF-Datei, 582, 585
DXF-Format, 588, 591
dyn_threshold, 2559

Ebenenlinien glätten, 1042
eccentricity, 2435
eccentricity_points_xld, 3171
eccentricity_xld, 3172
Ecken extrahieren, 1119
Ecken verbessern, 1109
edges_color, 1052
edges_color_sub_pix, 1055
edges_image, 1057
edges_object_model_3d, 233
edges_sub_pix, 1060
eigenvalues_general_matrix, 2149
eigenvalues_symmetric_matrix, 2150
Eigenwerte einer Matrix, 2149, 2150, 2152, 2153
ein Modell der Objektdetektion erstellen (Deep Learning), 831
elementweises Exklusiv-ODER von Tupeln, 3073
elementweises Maximum von Tupeln, 3016
elementweises Minimum von Tupeln, 3016
elementweises NICHT von Tupeln, 3072
elementweises ODER von Tupeln, 3072
elementweises UND von Tupeln, 3071
eliminate_min_max, 1001
eliminate_runs, 2487
eliminate_sp, 1003
Ellipse ändern, 1323
Ellipse als Zeichenobjekt erzeugen, 1252
Ellipse anzeigen, 1194
Ellipse zeichnen, 1321
Ellipsensektor als Zeichenobjekt erzeugen, 1253
elliptic_axis, 2436
elliptic_axis_gray, 489
elliptic_axis_points_xld, 3173
elliptic_axis_xld, 3175
elliptische Region erzeugen, 2384, 2385
else, 2599
elseif, 2599
emphasize, 1149
encrypt_serialized_item, 2726
Ende der Ausführung mit Ausnahme, 2600
Ende einer for-Schleife, 2599
Ende einer until-Schleife, 2613
Ende einer while-Schleife, 2601
Ende eines Konditionalblocks, 2600
endfor, 2599
endif, 2600
Endpunkte einer XLD-Kontur abschneiden, 3219
Endpunkte eines Skeletts, 2491
endswitch, 2600
endtry, 2600
endwhile, 2601
Energie eines Zweikanalbildes, 916
energy_gabor, 916

enqueue_message, 2672
entropy_gray, 490
entropy_image, 1144
Entzerrungsgitter erzeugen, 2820, 2821
equ_histo_image, 1150
equ_histo_image_rect, 1151
Erfolg der Kamerakalibrierung überprüfen, 1581, 1587
Ergebnis (Automatic Text Reader) löschen, 2312
Ergebnis (Manual Text Finder) löschen, 2312
Ergebnis einer Kamerakalibrierung erhalten, 1587
Ergebnisse der 1D-Vermessung in 3D-Koordinaten transformieren, 3133
Ergebnisse der 1D-Vermessung visualisieren, 3133
Ergebnisse der Blob-Analyse in 3D-Koordinaten transformieren, 3133
Ergebnisse des 3D-Matchings visualisieren, 145, 2047
Ergebnisse einer Texturinspektion, 1484, 1490
Ergebnisse in 3D transformieren, 1624, 1626
Ergebnisse visualisieren, 245
Erosion-Operator, 1853, 1854, 2199–2201, 2224, 2225, 2227, 2228, 2233, 2235
erosion1, 2224
erosion2, 2225
erosion_circle, 2227
erosion_golay, 1853
erosion_rectangle1, 2228
erosion_seq, 1854
Erzeugen einer Canonical Variates-Transformation, 950
Essential-Matrix aus Punktentsprechungen, 324
Essential-Matrix aus RANAC-Punktmatching, 308
Essential-Matrix in Fundamental-Matrix transformieren, 299
essential_to_fundamental_matrix, 299
estimate_al_am, 361
estimate_noise, 491
estimate_sl_al_lr, 362
estimate_sl_al_zc, 363
estimate_tilt_lr, 363
estimate_tilt_zc, 364
euklidischen Klassifikator trainieren, 2539
Euler-Zahl einer Region, 2438
euler_number, 2438
evaluate_class_gmm, 1656
evaluate_class_mlp, 1702
evaluate_class_svm, 1743
Event erzeugen (Multithreading), 2666
Event löschen (Multithreading), 2661
Event signalisieren (Multithreading), 2687
executable_expression, 2601
exhaustive_match, 1092
exhaustive_match_mg, 1094
exit, 2601
exp_image, 893
expand_domain_gray, 1128
expand_gray, 2507
expand_gray_ref, 2509
expand_line, 1893
expand_region, 2488
Exponentialfunktion eines Bildes, 893
Exponentialfunktion von Tupeln, 3008
Exponentialfunktion zur Basis 10 von Tupeln, 3009
Exponentialfunktion zur Basis 2 von Tupeln, 3010
export_def, 2602
extend_dl_continual_learning, 631
externe Kameraparameter, 1581
externe Kameraparameter kalibrieren, 1581
Exzentrizität einer Region, 2435
Exzentrizität einer XLD-Kontur, 3171, 3172

Förstner-Operator, 1111
Farbbild anzeigen, 1192
Farbbild in Grauwertbild transformieren, 954, 955
Farbe eines Mosaikbildes korrigieren, 2851
Farbe setzen, 865, 1283, 1289, 1297, 1298
Farben klassifizieren, 2534, 2535, 2537, 2538
Farben trainieren, 506, 1668, 1721, 1756
Farbkanten extrahieren, 1052, 1055
Farblinien extrahieren, 1085
Farbraum transformieren, 946, 952, 956, 963
Farbverarbeitung beschleunigen, 2527, 2531, 2634, 2708
fast_threshold, 2561
Fehler der Konturanzeige approximieren, 1773
Fehlerbehandlungmodus setzen, 864
Fehlerbehandlungsmodus, 2631
Fehlerbehandlungsmodus konfigurieren, 2634
Fehlercode, 2632, 2633
Fehlerfunktion von Tupel-Elementen, 3007, 3008
Fehlermeldung, 2632, 2633
Fehlersuchmodus, 2633
Fehlersuchmodus setzen, 2636
Fehlervariable erzeugen, 851
Fenstergröße, 1222
Fenstergröße setzen, 1233
Fensterinhalt schreiben, 1216, 1217
Fensterparameter, 1222, 1278
Fensterparameter setzen, 1231, 1300
Fensterposition, 1222
Fensterposition setzen, 1233
Fenstertyp, 1224
Fenstertyp setzen, 1234
fetch_from_image_source, 539
fft_generic, 917
fft_image, 919
fft_image_inv, 920
file_exists, 572
fill_interlace, 1004
fill_up, 2489
fill_up_shape, 2490
Filter erzeugen, 925
Filter für schnelle Fourier-Transformation (FFT) erzeugen, 921–923, 926, 928–930, 933, 934
filter_kalman, 1901
find_aniso_shape_model, 2018
find_aniso_shape_models, 2024

find_bar_code, 1353
find_box_3d, 88
find_calib_descriptor_model, 1974
find_calib_object, 1560
find_caltab, 1563
find_component_model, 1823
find_data_code_2d, 1394
find_deformable_surface_model, 118
find_generic_shape_model, 2032
find_local_deformable_model, 1947
find_marks_and_pose, 1564
find_ncc_model, 2099
find_ncc_models, 2104
find_neighbors, 2438
find_planar_calib_deformable_model, 1950
find_planar_uncalib_deformable_model, 1952
find_rectification_grid, 2821
find_scaled_shape_model, 2033
find_scaled_shape_models, 2039
find_shape_model, 2047
find_shape_model_3d, 137
find_shape_models, 2052
find_surface_model, 155
find_surface_model_image, 163
find_text, 2314
find_uncalib_descriptor_model, 1976
fit_circle_contour_xld, 3176
fit_dl_out_of_distribution, 748
fit_ellipse_contour_xld, 3178
fit_line_contour_xld, 3181
fit_primitives_object_model_3d, 222
fit_rectangle2_contour_xld, 3183
fit_surface_first_order, 493
fit_surface_second_order, 494
fitting, 1855
Fitting von XLD-Konturen durchführen, 3133, 3137, 3141, 3176, 3178, 3181, 3183
Fläche der Löcher einer Region, 2428
Fläche einer Region, 485, 2427
Fläche einer XLD-Kontur, 3161, 3162
Floor-Funktion von Tupel-Elementen, 3011
flush_buffer, 1218
fnew_line, 593
for, 2603
for-Schleife starten, 2603
Form einer Region transformieren, 2497
Form einer XLD-Kontur transformieren, 3228
Formmodell (formbasiert) prüfen, 2047
Formmodell prüfen, 1277, 2006
fread_bytes, 593
fread_char, 594
fread_line, 595
fread_serialized_item, 2726
fread_string, 597
Frei-Filter, 1063, 1064
frei_amp, 1063
frei_dir, 1064
full_domain, 426
funct_1d_to_pairs, 2760
Fundamental-Matrix aus Punktkorrespondenzen, 326, 329
Fundamental-Matrix aus RANSAC-Punktmatching, 311, 315
Fundamental-Matrix aus relativer Kamera-Lage (3D-Pose), 323
fuse_object_model_3d, 234
Fuzzy-Entropie, 496
Fuzzy-Messfunktion setzen, 24
Fuzzy-Messfunktion zurücksetzen, 23
Fuzzy-Umfang, 497
fuzzy_entropy, 496
fuzzy_measure_pairing, 4
fuzzy_measure_pairs, 6
fuzzy_measure_pos, 8
fuzzy_perimeter, 497
fwrite_bytes, 598
fwrite_serialized_item, 2727
fwrite_string, 599

Gabor-Filter, 914, 916, 926
gamma_image, 894
Gammafunktion von Tupel-Elementen, 3013, 3025
Gammakorrektur des Bildes, 894
Gauß-Filter, 928
Gauß-Filter-Funktionen, 1005, 1766
Gauß-Funktion, 2768
Gaußsche Ableitungen, 1047
Gaußsche Rauschverteilung erzeugen, 1122
gauss_distribution, 1122
gauss_filter, 1005
gauss_image, 1766
Geführte Filterung eines Bildes, 1007
gegebene Punktkorrespondenzen, 2908
gekrümmte Grauwertfläche einpassen, 493, 494
gekrümmte Grauwertoberfläche, 455, 457
gen_arbitrary_distortion_map, 2822
gen_bandfilter, 921
gen_bandpass, 922
gen_binocular_proj_rectification, 300
gen_binocular_rectification_map, 303
gen_box_object_model_3d, 182
gen_bundle_adjusted_mosaic, 2856
gen_caltab, 1567
gen_canonical_variates_trans, 950
gen_checker_region, 2379
gen_circle, 2380
gen_circle_contour_xld, 3129
gen_circle_sector, 2382
gen_contour_nurbs_xld, 3130
gen_contour_polygon_rounded_xld, 3132
gen_contour_polygon_xld, 3133
gen_contour_region_xld, 3133
gen_contours_skeleton_xld, 3135
gen_cooc_matrix, 498

gen_cross_contour_xld, 3136
gen_cube_map_mosaic, 2858
gen_cylinder_object_model_3d, 183
gen_derivative_filter, 923
gen_disc_se, 2191
gen_dl_model_heatmap, 767
gen_dl_pruned_model, 769
gen_ellipse, 2384
gen_ellipse_contour_xld, 3137
gen_ellipse_sector, 2385
gen_empty_obj, 2371
gen_empty_object_model_3d, 184
gen_empty_region, 2387
gen_filter_mask, 925
gen_gabor, 926
gen_gauss_filter, 928
gen_gauss_pyramid, 1095
gen_grid_rectification_map, 2824
gen_grid_region, 2388
gen_highpass, 929
gen_image1, 441
gen_image1_extern, 442
gen_image1_rect, 444
gen_image3, 445
gen_image3_extern, 447
gen_image_const, 449
gen_image_gray_ramp, 451
gen_image_interleaved, 452
gen_image_proto, 454
gen_image_surface_first_order, 455
gen_image_surface_second_order, 457
gen_image_to_world_plane_map, 1628
gen_image_warp_map, 2887
gen_initial_components, 1829
gen_lowpass, 930
gen_mean_filter, 931
gen_measure_arc, 10
gen_measure_rectangle2, 13
gen_nurbs_interp, 3138
gen_object_model_3d_from_points, 185
gen_parallel_contour_xld, 3146
gen_parallels_xld, 3139
gen_plane_object_model_3d, 185
gen_polygons_xld, 3140
gen_principal_comp_trans, 951
gen_projective_mosaic, 2860
gen_psf_defocus, 1158
gen_psf_motion, 1160
gen_radial_distortion_map, 1630
gen_random_region, 2389
gen_random_regions, 2390
gen_rectangle1, 2392
gen_rectangle2, 2394
gen_rectangle2_contour_xld, 3141
gen_region_contour_xld, 2395
gen_region_histo, 2396
gen_region_hline, 2397
gen_region_line, 2398
gen_region_points, 2399
gen_region_polygon, 2400
gen_region_polygon_filled, 2401
gen_region_polygon_xld, 2402
gen_region_runs, 2402
gen_savitzky_golay_filter, 1130
gen_sin_bandpass, 933
gen_sphere_object_model_3d, 186
gen_sphere_object_model_3d_center, 187
gen_spherical_mosaic, 2862
gen_std_bandpass, 934
gen_struct_elements, 1856
gen_structured_light_pattern, 1461
generalized_eigenvalues_general_matrix, 2152
generalized_eigenvalues_symmetric_matrix, 2153
Geocodierung einlesen, 574
Gerätekontext eines Grafikfensters setzen, 1232
gerade Kantenstücke detektieren, 2518
geschätztes Hintergrundbild, 2831
get_aop_info, 2693
get_bar_code_object, 1357
get_bar_code_param, 1358
get_bar_code_param_specific, 1360
get_bar_code_result, 1362
get_bead_inspection_param, 1447
get_bg_esti_params, 2829
get_calib_data, 1587
get_calib_data_observ_contours, 1597
get_calib_data_observ_points, 1598
get_calib_data_observ_pose, 1543
get_camera_setup_param, 1599
get_channel_info, 2365
get_chapter_info, 2650
get_check, 2631
get_circle_pose, 2968
get_class_train_data_gmm, 1658
get_class_train_data_knn, 1676
get_class_train_data_mlp, 1703
get_class_train_data_svm, 1743
get_component_model_params, 1832
get_component_model_tree, 1832
get_component_relations, 1834
get_comprise, 1771
get_compute_device_info, 2621
get_compute_device_param, 2622
get_contour_angle_xld, 3185
get_contour_attrib_xld, 3186
get_contour_global_attrib_xld, 3190
get_contour_style, 1270
get_contour_xld, 3248
get_current_dir, 572
get_current_hthread_id, 2673
get_data_code_2d_objects, 1401
get_data_code_2d_param, 1404
get_data_code_2d_results, 1409
get_deep_counting_model_param, 1920
get_deep_matching_3d_param, 99

get_deep_ocr_param, 2259
get_deformable_model_contours, 1957
get_deformable_model_origin, 1958
get_deformable_model_params, 1959
get_deformable_surface_matching_result, 121
get_deformable_surface_model_param, 123
get_descriptor_model_origin, 1979
get_descriptor_model_params, 1979
get_descriptor_model_points, 1980
get_descriptor_model_results, 1981
get_diagonal_matrix, 2175
get_dict_object, 3033
get_dict_param, 3034
get_dict_tuple, 3035
get_disp_object_model_3d_info, 1219
get_display_scene_3d_info, 1176
get_distance_transform_xld_contour, 2798
get_distance_transform_xld_param, 2799
get_dl_device_param, 615
get_dl_layer_param, 735
get_dl_model_layer, 735
get_dl_model_layer_activations, 736
get_dl_model_layer_gradients, 737
get_dl_model_layer_param, 737
get_dl_model_layer_weights, 738
get_dl_model_param, 769
get_dl_pruning_param, 798
get_domain, 427
get_draw, 1271
get_drawing_object_iconic, 1261
get_drawing_object_params, 1261
get_error_text, 2632
get_extended_error_info, 2633
get_features_ocr_class_knn, 2276
get_features_ocr_class_mlp, 2295
get_features_ocr_class_svm, 2341
get_fix, 1772
get_fixed_lut, 1773
get_font, 1306
get_font_extents, 1306
get_found_component_model, 1836
get_framegrabber_callback, 408
get_framegrabber_lut, 409
get_framegrabber_param, 409
get_full_matrix, 2176
get_generic_shape_model_object, 2059
get_generic_shape_model_param, 2060
get_generic_shape_model_result, 2061
get_generic_shape_model_result_object, 2064
get_grayval, 518
get_grayval_contour_xld, 519
get_grayval_interpolated, 520
get_handle_object, 3079
get_handle_param, 3080
get_handle_tuple, 3081
get_hsi, 1271
get_icon, 1272
get_image_pointer1, 521
get_image_pointer1_rect, 523
get_image_pointer3, 524
get_image_size, 525
get_image_source_param, 541
get_image_time, 526
get_image_type, 526
get_io_channel_param, 2641
get_io_device_param, 2642
get_keywords, 2651
get_line_approx, 1773
get_line_of_sight, 1550
get_line_style, 1273
get_line_width, 1273
get_lines_xld, 3249
get_lut, 1209
get_lut_style, 1774
get_mbutton, 1237
get_mbutton_sub_pix, 1238
get_measure_param, 15
get_memory_block_ptr, 2753
get_message_obj, 2674
get_message_param, 2675
get_message_queue_param, 2676
get_message_tuple, 2677
get_metrology_model_param, 54
get_metrology_object_fuzzy_param, 55
get_metrology_object_indices, 56
get_metrology_object_measures, 57
get_metrology_object_model_contour, 58
get_metrology_object_num_instances, 59
get_metrology_object_param, 60
get_metrology_object_result, 62
get_metrology_object_result_contour, 64
get_modules, 2630
get_mposition, 1239
get_mposition_sub_pix, 1240
get_mshape, 1241
get_ncc_model_origin, 2108
get_ncc_model_params, 2109
get_ncc_model_region, 2109
get_next_socket_data_type, 2735
get_obj_class, 2366
get_object_model_3d_params, 209
get_operator_info, 2651
get_operator_name, 2653
get_os_window_handle, 1220
get_paint, 1274
get_pair_funct_1d, 2761
get_parallels_xld, 3250
get_param_info, 2653
get_param_names, 2655
get_param_num, 2656

get_param_types, 2657
get_params_class_gmm, 1659
get_params_class_knn, 1677
get_params_class_mlp, 1704
get_params_class_svm, 1744
get_params_ocr_class_cnn, 2248
get_params_ocr_class_knn, 2276
get_params_ocr_class_mlp, 2296
get_params_ocr_class_svm, 2342
get_part, 1275
get_part_style, 1275
get_pixel, 1774
get_points_ellipse, 2799
get_polygon_xld, 3251
get_pose_type, 2969
get_prep_info_class_gmm, 1660
get_prep_info_class_mlp, 1705
get_prep_info_class_svm, 1745
get_prep_info_ocr_class_mlp, 2297
get_prep_info_ocr_class_svm, 2343
get_rectangle_pose, 2970
get_region_chain, 1889
get_region_contour, 2502
get_region_convex, 2503
get_region_index, 2439
get_region_points, 2504
get_region_polygon, 2505
get_region_runs, 2505
get_region_thickness, 2440
get_regress_params_xld, 3193
get_regularization_params_class_mlp, 1707
get_regularization_params_ocr_class_mlp, 2298
get_rejection_params_class_mlp, 1707
get_rejection_params_ocr_class_mlp, 2299
get_rgb, 1276
get_rgba, 1277
get_sample_class_gmm, 1661
get_sample_class_knn, 1678
get_sample_class_mlp, 1708
get_sample_class_svm, 1747
get_sample_class_train_data, 1728
get_sample_identifier_object_info, 1801
get_sample_identifier_param, 1803
get_sample_num_class_gmm, 1662
get_sample_num_class_knn, 1678
get_sample_num_class_mlp, 1709
get_sample_num_class_svm, 1748
get_sample_num_class_train_data, 1729
get_scene_engine_param, 101
get_serial_param, 2730
get_serialized_item_ptr, 2728
get_shape, 1277
get_shape_model_3d_contours, 142
get_shape_model_3d_params, 143
get_shape_model_clutter, 2065
get_shape_model_contours, 2066
get_shape_model_origin, 2067
get_shape_model_params, 2067
get_sheet_of_light_param, 387
get_sheet_of_light_result, 388
get_sheet_of_light_result_object_model_3d, 389
get_size_matrix, 2160
get_socket_descriptor, 2735
get_socket_param, 2736
get_spy, 2633
get_stereo_model_image_pairs, 340
get_stereo_model_object, 341
get_stereo_model_object_model_3d, 342
get_stereo_model_param, 343
get_string_extents, 1307
get_structured_light_model_param, 1466
get_structured_light_object, 1467
get_sub_matrix, 2177
get_support_vector_class_svm, 1748
get_support_vector_num_class_svm, 1749
get_support_vector_num_ocr_class_svm, 2344
get_support_vector_ocr_class_svm, 2345
get_surface_matching_result, 165
get_surface_model_param, 166
get_system, 2701
get_system_info, 2706
get_system_time, 2617
get_text_model_param, 2315
get_text_object, 2316
get_text_result, 2317
get_texture_inspection_model_image, 1487
get_texture_inspection_model_param, 1488
get_texture_inspection_result_object, 1490
get_threading_attrib, 2678
get_thresh_images_variation_model, 1508
get_tposition, 1308
get_training_components, 1837
get_tshape, 1775
get_value_matrix, 2178
get_variation_model, 1509
get_window_attr, 1222
get_window_background_image, 1262
get_window_extents, 1222
get_window_param, 1278
get_window_pointer3, 1223
get_window_type, 1224
get_y_value_funct_1d, 2761
give_bg_esti, 2831

global, 2605
globale Variable deklarieren (HDevelop), 2605
GMM-Klassifikator einlesen, 1663
GMM-Klassifikator erzeugen, 1653, 1665
GMM-Klassifikator löschen, 1652
GMM-Klassifikator schreiben, 1670
GMM-Klassifikator trainieren, 1650, 1652, 1661, 1662, 1668, 2523
GMM-Klassifikator wiederverwenden, 1659, 1660, 1663, 1670
golay_elements, 1857
Größe eines Grafikfensters setzen, 877
größter Wert einer 1D-Funktion (Maximum), 2771
grab_data, 411
grab_data_async, 412
grab_image, 413
grab_image_async, 414
grab_image_start, 415
Grad in Bogenmaß umrechnen, 3020
Grafik-Rechteck kopieren, 1214
Grafikfenster öffnen, 862, 1225, 1227
Grafikfenster erzeugen, 1225
Grafikfenster löschen, 845, 1213, 1768
Grafikfenster schließen, 847, 1213
Grauwert, 518
Grauwert setzen, 478, 479, 481, 483, 484, 1786
Grauwert von XLD-Konturpunkten, 519
Grauwert-Anisotropie, 490
Grauwert-Bereich, 508, 2206
Grauwert-Energie, 486, 487
Grauwert-Entropie, 490, 1144
Grauwert-Histogramm, 501–503, 506
Grauwert-Hochebene extrahieren, 2582
Grauwert-Homogenität, 486, 487
Grauwert-Kontrast, 486, 487
Grauwert-Korrelat, 486, 487
Grauwert-Merkmalshistogramm, 513, 514
Grauwert-Mittelwert, 507
Grauwert-Projektion, 505
Grauwert-Rampe, 451
Grauwert-Skelett, 1132
Grauwert-Streuung, 507, 1143
Grauwert-Subpixel, 520
Grauwert-Symmetrie, 1133
Grauwert-Tiefebene extrahieren, 2580
Grauwertbild anzeigen, 1196
Grauwerte aus Kanälen auswählen, 335
Grauwerte für Regionenausgabe setzen, 1288
Grauwerte skalieren, 901, 1156
Grauwertebene anpassen, 509
Grauwertmerkmale einer XLD-Parallelen, 3196
Grauwertprofil, 20
gray_bothat, 2192
gray_closing, 2193
gray_closing_rect, 2194
gray_closing_shape, 2195
gray_dilation, 2196
gray_dilation_rect, 2197
gray_dilation_shape, 2198
gray_erosion, 2199
gray_erosion_rect, 2200
gray_erosion_shape, 2201
gray_features, 500
gray_histo, 501
gray_histo_abs, 502
gray_histo_range, 503
gray_inside, 1130
gray_opening, 2202
gray_opening_rect, 2203
gray_opening_shape, 2204
gray_projections, 505
gray_range_rect, 2206
gray_skeleton, 1132
gray_tophat, 2207
Grenze einer Region, 2212
guided_filter, 1007

Höhenmodell des Schattens, 374
HALCON spy, 2633, 2634, 2636
HALCON Systemparameter, 2701, 2706
HALCON-Datenbank zurücksetzen, 2630
HALCON-Systemparameter setzen, 2708
Hamming-Abstand einer Region, 2441, 2442
hamming_change_region, 1890
hamming_distance, 2441
hamming_distance_norm, 2442
Hand-Auge-Kalibrierung, 1537
Hand-Auge-Systemparameter kalibrieren, 1543
hand_eye_calibration, 1543
Handle für Trainingsdaten erzeugen, 1726
Handle für Trainingsdaten löschen, 1726
handle_to_integer, 3061
harmonic_interpolation, 1034
harmonische Interpolation, 1034
Harris-Operator, 1114, 1116
Hauptachsentransformation, 953
Hauptachsentransformation (PCA), 951, 952
Hauptachsentransformation (PCA) der Bildmatrix, 951
HDevelop-Einstellungen, 853
HDevelop-Einstellungen setzen, 873
HDevelop-System, 854
HDevelop-Systemparameter setzen, 875
height_width_ratio, 2443
height_width_ratio_xld, 3195
Hessesche Normalform, 2837, 2838, 2840, 2841, 2843
highpass_image, 1065
Hintergrundbild ändern, 2835
Hintergrundbild mit HALCON-Fenster verknüpfen, 1246
Hintergrundbild schätzen, 2831
Hintergrundbild von einem graphischen HALCON Fenster, 1262
Hintergrundbild von einem graphischen HALCON Fenster entfernen, 1260
Hintergrundschätzer erzeugen, 2826
Hintergrundschätzer löschen, 2825

histo_2dim, 506
histo_to_thresh, 2562
Histogramm eines Tupels, 3082
Hit-or-Miss-Operator, 1860, 1862, 2229
hit_or_miss, 2229
hit_or_miss_golay, 1860
hit_or_miss_seq, 1861
Hochpassfilter, 929, 1065
hom_mat2d_compose, 2888
hom_mat2d_determinant, 2889
hom_mat2d_identity, 2889
hom_mat2d_invert, 2890
hom_mat2d_reflect, 2891
hom_mat2d_reflect_local, 2892
hom_mat2d_rotate, 2894
hom_mat2d_rotate_local, 2895
hom_mat2d_scale, 2896
hom_mat2d_scale_local, 2898
hom_mat2d_slant, 2899
hom_mat2d_slant_local, 2901
hom_mat2d_to_affine_par, 2902
hom_mat2d_translate, 2903
hom_mat2d_translate_local, 2904
hom_mat2d_transpose, 2906
hom_mat3d_compose, 2930
hom_mat3d_determinant, 2931
hom_mat3d_identity, 2931
hom_mat3d_invert, 2932
hom_mat3d_project, 2906
hom_mat3d_rotate, 2933
hom_mat3d_rotate_local, 2935
hom_mat3d_scale, 2937
hom_mat3d_scale_local, 2938
hom_mat3d_to_pose, 2939
hom_mat3d_translate, 2941
hom_mat3d_translate_local, 2942
hom_mat3d_transpose, 2943
hom_vector_to_proj_hom_mat2d, 2908
homogene 2D-Einheitsmatrix erzeugen, 2889
homogene 2D-Matrix an lokalen Achsen spiegeln, 2892
homogene 2D-Matrix drehen, 2894
homogene 2D-Matrix in affine Parameter umrechnen, 2902
homogene 2D-Matrix invertieren, 2890
homogene 2D-Matrix mit Slant, 2899
homogene 2D-Matrix skalieren, 2896
homogene 2D-Matrix spiegeln, 2891
homogene 2D-Matrix transponieren, 2906
homogene 2D-Matrix um lokale Achse neigen, 2901
homogene 2D-Matrix um lokale Achsen drehen, 2895
homogene 2D-Matrix um lokale Achsen skalieren, 2898
homogene 2D-Matrix um lokale Achsen verschieben, 2904
homogene 2D-Matrix verschieben, 2903
homogene 2D-Matrizen multiplizieren, 2888
homogene 3D-Einheitsmatrix erzeugen, 2931
homogene 3D-Matrix drehen, 2933
homogene 3D-Matrix in 3D-Pose umrechnen, 2939
homogene 3D-Matrix in projektive 2D-Matrix umrechnen, 2906
homogene 3D-Matrix invertieren, 2932
homogene 3D-Matrix skalieren, 2937
homogene 3D-Matrix transponieren, 2943
homogene 3D-Matrix um lokale Achsen drehen, 2935
homogene 3D-Matrix um lokale Achsen skalieren, 2938
homogene 3D-Matrix um lokale Achsen verschieben, 2942
homogene 3D-Matrix verschieben, 2941
homogene 3D-Matrizen multiplizieren, 2930
homogene Matrix, 2908
Hough-Bild für Geraden berechnen, 2837, 2838
Hough-Transformation für Kreise berechnen, 2837
hough_circle_trans, 2836
hough_circles, 2837
hough_line_trans, 2837
hough_line_trans_dir, 2838
hough_lines, 2840
hough_lines_dir, 2841
HSI-Codierung der aktuellen Farbe, 1271
HSI-Farbraum, 1289
hyperzentrische Kamera, 1581
Hypotenuse von Tupel-Elementen, 3012
hysteresis_threshold, 2520

I/O-Übertragungskanal öffnen, 2642
I/O-Übertragungskanal schließen, 2638
I/O-Gerät öffnen, 2644
I/O-Gerät schließen, 2638
ID des ausgeführten Threads zurückgeben, 2673
if, 2605
ifelse, 1894
ikonische Ergebnisse des Modells für strukturiertes Licht, 1467
ikonische Objekte vergleichen, 2364, 2367
ikonische Objekte verknüpfen, 2369
ikonische Objekte zählen, 2365
ikonische Zwischenergebnisse einer Stereo-Rekonstruktion, 341
ikonisches Objekt, 1261
ikonisches Objekt aus einer Nachricht lesen (Inter-Thread Kommunikation), 2674
ikonisches Objekt einfügen, 2371
ikonisches Objekt einlesen, 566
ikonisches Objekt entfernen, 2375
ikonisches Objekt ersetzen, 2375
ikonisches Objekt in eine Nachricht schreiben (Inter-Thread Kommunikation), 2681
ikonisches Objekt kopieren, 2370
ikonisches Objekt löschen, 845
ikonisches Objekt schreiben, 567
illuminate, 1153
image_points_to_world_plane, 1631
image_to_channels, 477

image_to_memory_block, 554
image_to_world_plane, 1633
import, 2606
import_lexicon, 2284
Impulsantwort von Bewegungsunschärfe erzeugen, 1160
Impulsantwort von Defokussierung erzeugen, 1158
Index des ersten gefundenen Tupel zurückgeben, 3046
Index des letzten gefundenen Tupel zurückgeben, 3046
Index-Schlüsselwörter, 2651
Inferieren eines Samples und generieren einer Heatmap (Deep Learning), 767
info_edges, 1067
info_framegrabber, 417
info_ocr_class_box, 1882
info_parallels_xld, 3196
info_smooth, 1010
Information über Compute Device, 2621
Information über Glättungsfilter, 1010
Information über Operator, 2651
Information über Parameter, 2653
Informationen über ein Handle zurückgeben, 3080
Informationen über I/O-Schnittstelle, 2646
Informationen über Kanäle eines I/O-Geräts, 2645
Informationen zu dargestellten Objektmodellen einer 3D-Szene, 1176
Informationsgehalt (GMM), 1660
Informationsgehalt (MLP), 1705
Informationsgehalt (SVM), 1745
Informationsgehalt eines OCR-Klassifikators, 2297, 2343
Inhalt eines Handles freigeben, 3055
init_compute_device, 2623
init_dl_continual_learning, 633
inner_circle, 2444
inner_rectangle1, 2445
innerer Kreis einer Region, 2444
inneres Rechteck einer Region, 2445
inpainting_aniso, 1035
inpainting_ced, 1037
inpainting_ct, 1039
inpainting_mcf, 1042
inpainting_texture, 1043
insert, 2607
insert_obj, 2371
inspect_clustered_components, 1838
inspect_lexicon, 2284
inspect_shape_model, 2069
Instanz eines 3D-Objektmodells zu 3D-Szene hinzufügen, 1170
integer_to_handle, 3061
integer_to_obj, 2372
Integral einer 1D-Funktion, 2762
integrate_funct_1d, 2762
intensity, 507
interaktive Anzeige, 1235, 1787
interjacent, 1891
interleave_channels, 459
interne Kameraparameter, 1581
interne Kameraparameter einlesen, 1575
interne Kameraparameter in Kameramatrix umrechnen, 1573
interne Kameraparameter kalibrieren, 1581
interne Kameraparameter schreiben, 1576
interne Kameraparameter und 3D-Pose in homogene 3D-Matrix umrechnen, 1619
interpolate_scattered_data, 2846
interpolate_scattered_data_image, 2846
interpolate_scattered_data_points_to_image, 2848
Interpolation verstreuter Datenpunkte, 2844, 2846, 2848
Interpolationsmodus für Grauwertausgabe setzen, 1297
Interpolationsmodus für Grauwerte, 1275
interrupt_operator, 2679
intersect_lines_of_sight, 307
intersect_plane_object_model_3d, 240
intersection, 2417
intersection_circle_contour_xld, 2801
intersection_circles, 2802
intersection_closed_contours_xld, 3153
intersection_closed_polygons_xld, 3155
intersection_contours_xld, 2803
intersection_line_circle, 2804
intersection_line_contour_xld, 2805
intersection_lines, 2806
intersection_ll, 1905
intersection_region_contour_xld, 3156
intersection_segment_circle, 2807
intersection_segment_contour_xld, 2808
intersection_segment_line, 2809
intersection_segments, 2810
Inverse berechnen, 2763
inverse Polartransformation, 979
inverse Polartransformation einer Region, 2410
inverse Polartransformation einer XLD-Kontur, 3148
inverse schnelle Fourier-Transformation (FFT), 920
inverses Tupel, 3053
invert_funct_1d, 2763
invert_image, 895
invert_matrix, 2120
invert_matrix_mod, 2122
isotropic_diffusion, 1011

JSON-String in Dictionary umwandeln, 3036
json_to_dict, 3036
junctions_skeleton, 2491

Kalibrierobjekt für Kamerakalibrierung setzen, 1608

Kalibrierobjekt für Lichtschnitt-Kalibrierung erzeugen, 382
Kalibrierobjekt finden, 1560
Kalibrierparameter einer Kamera setzen, 1605
Kalibrierplatte anzeigen, 1559
Kalibrierplatte erzeugen, 1553, 1567
Kalibrierplatte finden, 1563
Kalibrierplattenpunkte einlesen, 1551
kalibrierte externe Kameraparameter erhalten, 1587
kalibrierte interne Kameraparameter erhalten, 1587
kalibriertes Kameraaufbaumodell, 1587
Kalman-Filter einlesen, 1908
Kamera aus 3D-Szene entfernen, 1177
Kamera zu 3D-Szene hinzufügen, 1169
Kamera-Kalibrierparameter erhalten, 1587
Kameraaufbaumodell erzeugen, 1584
Kameraaufbaumodell löschen, 1582
Kameraaufbaumodell lesen, 1602
Kameraaufbaumodell schreiben, 1615
Kamerakalibrierdatenmodell erzeugen, 1583
Kamerakalibrierdatenmodell löschen, 1582
Kamerakalibrierdatenmodell lesen, 1601
Kamerakalibrierdatenmodell schreiben, 1614
Kameramatrix in interne Kameraparameter umrechnen, 1572
Kameramodell, 1581
Kameraparameter kalibrieren, 1581
Kamerapose in 3D-Szene setzen, 1179
Kameraskalierungsfaktor, 1581
Kanäle zur Farbverarbeitung aufspalten, 464, 472
Kanäle zur Farbverarbeitung zusammenstellen, 465–467, 470
Kanal zum Bild hinzufügen, 465
Kanten bearbeiten (pixelgenau), 1045, 1046, 2236, 2238, 2479, 2484, 2500
Kanten eines 3D-Objektmodells finden, 233
Kanten extrahieren (pixelgenau), 1057, 2069, 2498, 2520, 2522, 2565
Kanten oder Linien extrahieren (subpixelgenau) , 986, 1047, 1051, 1052, 1055, 1060, 1085, 1087, 1089, 2572, 2573
Kantenlücken schließen, 1045, 1046
Kantenpaar-Positionen messen (1D-Vermessung), 16
Kantenposition messen (1D-Vermessung), 18
Kapitel, 2650
Kirsch-Filter, 1068, 1069
`kirsch_amp`, 1068
`kirsch_dir`, 1069
Klasse evaluieren (GMM), 1656
Klassifikations-Nachschlagetabelle (LUT) löschen, 1686
Klassifikator wiederverwenden, 1750
Klassifizierungsparameter (GMM), 1659
Klassifizierungsparameter (kNN), 1677
Klassifizierungsparameter (kNN) setzen, 1683
Klassifizierungsparameter (MLP), 1704, 1707
Klassifizierungsparameter (MLP) setzen, 1714
Klassifizierungsparameter (SVM), 1744
kleinster umschließender Kreis einer Region, 2470
kleinster umschließender Kreis einer XLD-Kontur, 3212
kleinster Wert einer 1D-Funktion (Minimum), 2771
kleinstes Tupel-Element (Minimum), 3086
kleinstes umschließendes Rechteck einer Region, 2443, 2471, 2472
kleinstes umschließendes Rechteck einer XLD-Kontur, 3195, 3213, 3214
kNN-Klassifikator einlesen, 1679
kNN-Klassifikator erzeugen, 1675, 1680
kNN-Klassifikator löschen, 1674
kNN-Klassifikator schreiben, 1685
kNN-Klassifikator trainieren, 1672, 1684, 2524
Kohärenztransport, 1039
kohärenzverbessernde Diffusion, 1037, 1147
Kommentarzeile, 2597
Kompaktheit einer Region, 2430
Kompaktheit einer XLD-Kontur, 3164
Komplement einer Region, 2415
komplexes Bild, 515, 516
Konditionalblock, 2605, 2610
Konditionalblock mit Alternative, 1894
Konfidenz (Hyperbox) der optische Schriftzeichenerkennung (OCR) testen, 1885
Kontrast verbessern, 1149, 1151, 1153
Kontrolldaten einer NURBS-Kurve erzeugen, 3138
Kontrollvariablen-Fenster schließen, 846
Kontrollvariablenfenster öffnen, 855
Kontur ändern, 1344
Kontur einer Region als Kettencode, 1889
Kontur nach Position sortieren, 3230
Konturanzeige, 868, 1270, 1287
Konturattribute für Kantenextraktion (subpixelgenau) bestimmen, 3186, 3190, 3205, 3206
Konturen eines 3D-Matching-Modells (formbasiert) erhalten, 142
Konturen eines Matching-Modells (formbasiert), 2066
Konturen eines Matching-Modells (perspektivisch deformierbar), 1957
Konturen sortieren, 3230
Konturlänge einer Region, 2432
konvexe Hülle einer Region, 2503
Konvexität einer Region, 2433
Konvexität einer XLD-Kontur, 3165
Kosinus eines Bildes, 891
Kosinus hyperbolicus von Tupel-Elementen, 3004
Kosinus von Tupel-Elementen, 3004
Krümmungsflussgleichung, 1154
Kreis ändern, 1320
Kreis als Zeichenobjekt erzeugen, 1249
Kreis anzeigen, 1191
Kreis zeichnen, 1319
Kreisbogen anzeigen, 1187
Kreise mit Hough-Transformation extrahieren, 2836
kreisförmige Region erzeugen, 2380, 2382
kreisförmigen Druck lesen, 977, 2408, 2410

Kreissektor als Zeichenobjekt erzeugen, 1250
Kreuz anzeigen, 1193
Kreuzungen eines Skeletts, 2491
Kubikwurzel von Tupel-Elementen, 3003
kumulative Summen von Tupel-Elementen, 3005

Länge einer XLD-Kontur, 3196
Löcher in Region füllen, 2489, 2490
Lücken zwischen Regionen füllen, 2507, 2509
Label-Bild erzeugen, 462, 463
label_to_region, 2404
Labelbild segmentieren, 2404
Lage eines 3D-Matching-Modells (deformierbar oberflächenbasiert) verfeinern, 125
Lageschätzung, 1581, 2968, 2970
Lanser-Filter, 1057, 1060
laplace, 1071
Laplace-of-Gaussian (LoG), 1073
Laplace-Operator berechnen, 1071
laplace_of_gauss, 1073
Lauflängen aus Eingaberegion eliminieren, 2487
Lauflängenkodierungsdaten einer Region, 2459, 2460, 2505
Laws-Filter, 1145
Ldexp-Funktion von Tupeln, 3013
learn_ndim_norm, 2539
leere Region erzeugen, 2387
leeres ikonisches Objekt erzeugen, 2371
length_xld, 3196
Lepetit-Operator, 1117
Lexikon einlesen, 2284
Lexikon erzeugen, 2283
Lexikon löschen, 2282
Lichtquelle aus 3D-Szene entfernen, 1178
Lichtquelle zu 3D-Szene hinzufügen, 1172
Lichtschnitt-Modell einlesen, 392
Lichtschnitt-Modell erzeugen, 383
Lichtschnitt-Modell kalibrieren, 378
Lichtschnitt-Modell löschen, 381
Lichtschnitt-Modell schreiben, 398
line_orientation, 2849
line_position, 2850
linear_trans_color, 952
lines_color, 1085
lines_facet, 1087
lines_gauss, 1089
Linie ändern, 1325
Linie anzeigen, 1197
Linie zeichnen, 1324
Linien extrahieren, 1084, 1087, 1089
Linien mit Hough-Transformation extrahieren, 2840, 2841
Linienbreite, 1273
Linienbreite setzen, 869, 1292
Liniensegment als Zeichenobjekt erzeugen, 1254
Linienstil, 1273
Linienstil setzen, 1291
list_files, 573
load_dl_model_weights, 740
local_max, 2576
local_max_contours_xld, 3197
local_max_sub_pix, 2577
local_min, 2578
local_min_max_funct_1d, 2763
local_min_sub_pix, 2579
local_threshold, 2563
Lochkamera, 1581
lock_mutex, 2680
log_image, 896
Logarithmus eines Bildes, 896
Logarithmus zur Basis 10 von Tupel-Elementen, 3015
Logarithmus zur Basis 2 von Tupel-Elementen, 3015
Lokale Maxima einer 1D-Funktion, 2763
lokale Maxima extrahieren (pixelgenau), 2576
lokale Maxima extrahieren (subpixelgenau), 2574, 2577
Lokale Minima einer 1D-Funktion, 2763
lokale Minima extrahieren (pixelgenau), 2578
lokale Minima extrahieren (subpixelgenau), 2574, 2579
lookup_lexicon, 2285
lowlands, 2580
lowlands_center, 2581
lut_trans, 1132

make_dir, 574
map_image, 975
Marker und 3D-Pose von Kalibrierplatte finden, 1564
match_essential_matrix_ransac, 308
match_funct_1d_trans, 2764
match_fundamental_matrix_distortion_ransac, 311
match_fundamental_matrix_ransac, 315
match_rel_pose_ransac, 318
Matching-Modell (deskriptorbasiert) einlesen, 1982
Matching-Modell (deskriptorbasiert) löschen, 1968
Matching-Modell (deskriptorbasiert) prüfen, 1979–1981
Matching-Modell (deskriptorbasiert) schreiben, 1984
Matching-Modell (deskriptorbasiert) trainieren, 1969, 1970
Matching-Modell (deskriptorbasiert) wiederverwenden, 1982, 1984
Matching-Modell (formbasiert), 2069
Matching-Modell (formbasiert) einlesen, 1985, 2015, 2070
Matching-Modell (formbasiert) löschen, 1986
Matching-Modell (formbasiert) prüfen, 2006, 2066, 2067, 2069
Matching-Modell (formbasiert) schreiben, 2071, 2094
Matching-Modell (formbasiert) trainieren, 1986, 1992, 1997, 2002, 2006, 2011, 2071, 2094
Matching-Modell (formbasiert) wiederverwenden, 1985, 2015, 2070, 2071, 2094

Matching-Modell (korrelationsbasiert) einlesen, 2110
Matching-Modell (korrelationsbasiert) löschen, 2095
Matching-Modell (korrelationsbasiert) prüfen, 2108, 2109
Matching-Modell (korrelationsbasiert) schreiben, 2113
Matching-Modell (korrelationsbasiert) trainieren, 2095
Matching-Modell (korrelationsbasiert) wiederverwenden, 2110, 2113
Matching-Modell (lokal deformierbar) einlesen, 1960
Matching-Modell (lokal deformierbar) prüfen, 1957, 1959
Matching-Modell (lokal deformierbar) trainieren, 1962
Matching-Modell (lokal deformierbar) wiederverwenden, 1960
Matching-Modell (perspektivisch deformierbar) ansehen, 1957–1959
Matching-Modell (perspektivisch deformierbar) einlesen, 1960
Matching-Modell (perspektivisch deformierbar) löschen, 1926
Matching-Modell (perspektivisch deformierbar) trainieren, 1926, 1928, 1931, 1934, 1936, 1940, 1962, 1963, 1965, 1966
Matching-Modell (perspektivisch deformierbar) wiederverwenden, 1960, 1967
Matching-Modell (punktbasiert) trainieren, 1111, 1114
Matching-Modell finden (deskriptorbasiert), 1974, 1976
Matching-Modell finden (formbasiert), 1997, 2018, 2024, 2032, 2033, 2039, 2047, 2052, 2059–2061, 2064, 2071, 2072, 2093
Matching-Modell finden (korrelationsbasiert), 2099, 2104
Matching-Modell finden (perspektivisch deformierbar), 1947, 1950, 1952
Matching-Modell finden (punktbasiert), 983, 2860, 2865, 2868, 2872, 2875
Matching-Modell perspektivisch (perspektivisch deformierbar) schreiben, 1967
Matching-Modell trainieren, 449, 2065, 2086, 2091, 2112, 3132
Matrix aufspalten, 2167, 2169
Matrix einlesen, 2147
Matrix erzeugen, 2156, 2158
Matrix invertieren, 2120, 2122
Matrix kopieren, 2155
Matrix löschen, 2155
Matrix schreiben, 2148
Matrix skalieren, 2137, 2138
Matrix transponieren, 2145
Matrixelemente, 2176, 2178
Matrixelemente multiplizieren, 2125
Matrixelemente setzen, 2182, 2184
Matrixgleichung lösen, 2139
Matrixgröße, 2160
Matrizen addieren, 2116, 2117
Matrizen elementweise dividieren, 2118, 2119
Matrizen multiplizieren, 2126, 2129
Matrizen subtrahieren, 2143, 2144
Mausinteraktion, 1237–1240, 1319
Mausposition, 1237, 1239
Mauszeigerform, 1241
Mauszeigerform setzen, 1246
`max_diameter_object_model_3d`, 214
`max_image`, 897
`max_matrix`, 2160
`max_parallels_xld`, 3198
maximaler Durchmesser einer Region, 2434
maximaler Durchmesser einer XLD-Kontur, 3166
Maximum einer Matrix, 2160
Maximum von Bildern, 897
Maximum von Tupel-Element, 3084
`mean_curvature_flow`, 1154
`mean_image`, 1012
`mean_image_shape`, 1014
`mean_matrix`, 2161
`mean_n`, 1015
`mean_sp`, 1016
`measure_pairs`, 16
`measure_pos`, 18
`measure_profile_sheet_of_light`, 389
`measure_projection`, 20
`measure_thresh`, 21
Median von Tupel-Elementen, 3085
`median_image`, 1017
`median_rect`, 1019
`median_separate`, 1021
`median_weighted`, 1022
mehrere Farben setzen, 867, 1286
mehrere Kameras kalibrieren, 1581
mehrkanaliges Bild, 951–953
mehrkanaliges Bild erzeugen, 445, 447, 452, 465–470
`memory_block_to_image`, 555
`merge_cont_line_scan_xld`, 3222
`merge_regions_line_scan`, 2492
Merkmale (kNN) für optische Schriftzeichenerkennung (OCR), 2276
Merkmale (MLP) für optische Schriftzeichenerkennung (OCR), 2295
Merkmale (SVM) für optische Schriftzeichenerkennung (OCR), 2341
Merkmale für Blob-Analyse extrahieren, 485, 490, 501–503, 507, 2427, 2430, 2434–2436, 2443–2445, 2471, 2472
Merkmale für die Klassifizierung (GMM) automatisch auswählen, 1665
Merkmale für die Klassifizierung (kNN) automatisch auswählen, 1680
Merkmale für die Klassifizierung (MLP) automatisch auswählen, 1711

Merkmale für die Klassifizierung (SVM) automatisch auswählen, 1753
Merkmale für optische Schriftzeichenerkennung (OCR), 1883
Merkmale von XLD-Konturen extrahieren, 3162, 3164–3166, 3172, 3195, 3203, 3204, 3207, 3212–3214
Merkmalssatz für optische Schriftzeichenerkennung (OCR) automatisch auswählen (kNN), 2278
Merkmalssatz für optische Schriftzeichenerkennung (OCR) automatisch auswählen (MLP), 2301, 2303
Merkmalssatz für optische Schriftzeichenerkennung (OCR) automatisch auswählen (SVM), 2347, 2349
Merkmalsvektor evaluieren (MLP), 1702
Merkmalsvektoren (GMM), 1660
Merkmalsvektoren (MLP), 1705
Merkmalsvektoren (SVM), 1745
messen (1D-Vermessung), 4, 6, 8, 16, 18, 24
Messmodell, 49, 52–54, 65, 67, 68, 76
Messmodell erzeugen, 53
Messobjekt einlesen, 22
Messobjekt für 1D-Vermessung erzeugen, 10, 13, 28, 1311
Messobjekt löschen, 3
Messobjekt schreiben, 29
Messobjekt wiederverwenden, 28
Metadaten einer Bilddatei einlesen, 558
Metadaten einer Bilddatei schreiben, 564
Metrik eines Matching-Modells (formbasiert) setzen, 2089
Metrology-Messobjekt, 34, 36, 39, 42, 44, 46, 51, 54–60, 62, 64, 66, 67, 69, 71, 73
midrange_image, 1023
min_image, 898
min_matrix, 2163
min_max_gray, 508
minimaler Abstand von Regionen, 2793
minimaler Abstand von XLD-Konturen, 2780, 2781
Minimum einer Matrix, 2163
Minimum von Bildern, 898
Minkowski-Addition, 2231, 2232
Minkowski-Subtraktion, 2233, 2235
minkowski_add1, 2231
minkowski_add2, 2232
minkowski_sub1, 2233
minkowski_sub2, 2235
mirror_image, 976
mirror_region, 2406
mit Grauwertschwellenwert messen (1D-Vermessung), 21
Mittelwert einer Matrix, 2161
Mittelwert von 3D-Posen berechnen, 2973
Mittelwert von Tupel-Elementen, 3085
Mittelwert-Filter in Frequenzbereich erzeugen, 931
MLP-Klassifikator einlesen, 1702, 1710
MLP-Klassifikator erzeugen, 1697, 1711
MLP-Klassifikator löschen, 1696
MLP-Klassifikator schreiben, 1723
MLP-Klassifikator trainieren, 1694, 1697, 1708, 1721, 2525
MLP-Klassifikator wiederverwenden, 1702, 1704, 1710, 1723
mod_parallels_xld, 3142
Modell (Automatic Text Reader) erzeugen, 2312
Modell (Automatic Text Reader) löschen, 2311
Modell (Manual Text Finder) erzeugen, 2312
Modell (Manual Text Finder) löschen, 2311
Modell anwenden (Deep Learning), 762
Modell einlesen (Deep Learning), 800
Modell für strukturiertes Licht einlesen, 1468
Modell für strukturiertes Licht erzeugen, 1458
Modell für strukturiertes Licht löschen, 1457
Modell für strukturiertes Licht schreiben, 1475
Modell löschen (Deep Learning), 764
Modell schreiben (Deep Learning), 817
Modell trainieren (Deep Learning), 814
Modell zur Kleberaupeninspektion anwenden, 1443
Modell zur Kleberaupeninspektion erzeugen, 1445
Modell zur Kleberaupeninspektion löschen, 1444
Modell-Parameter (Automatic Text Reader) setzen, 2325
Modell-Parameter (Manual Text Finder) setzen, 2325
Modell-Parameter erhalten (Automatic Text Reader), 2315
Modell-Parameter erhalten (Manual Text Finder), 2315
Modellparameter abfragen (Deep Learning), 769, 2259
Modellparameter für 3D-Matching (deformierbar oberflächenbasiert) erhalten, 123
Modellparameter für 3D-Matching (formbasiert) erhalten, 143
Modellparameter für 3D-Matching (oberflächenbasiert) erhalten, 166
Modellparameter für 3D-Modell, 209
Modellparameter für deformierbares oberflächenbasiertes 3D-Matching setzen, 112
Modellparameter setzen (Deep Learning), 809
Modifikationsausdruck ausführen, 2601
modify_component_relations, 1839
Momente einer Region, 2446, 2448–2453
Momente einer XLD-Kontur, 3199, 3200, 3202, 3203
moments_any_points_xld, 3199
moments_any_xld, 3200
moments_gray_plane, 509
moments_object_model_3d, 215
moments_points_xld, 3202
moments_region_2nd, 2446
moments_region_2nd_invar, 2448
moments_region_2nd_rel_invar, 2449
moments_region_3rd, 2450
moments_region_3rd_invar, 2451
moments_region_central, 2452

moments_region_central_invar, 2453
moments_xld, 3203
Monotonie von Grauwerten, 1096
monotony, 1096
morph_hat, 1862
morph_skeleton, 1864
morph_skiz, 1865
Mosaikbild erzeugen, 2856, 2860
Mosaikbilder mit Bündelausgleich, 2854
move_rectangle, 1776
move_region, 2407
mult_element_matrix, 2125
mult_element_matrix_mod, 2125
mult_image, 899
mult_matrix, 2126
mult_matrix_mod, 2129
Multithreading-Attribute, 2678
Muster-Bilder für Verfahren mit strukturiertem Licht, 1459, 1461, 1469
Musterdeformation zu deformierbarem Oberflächenmodell hinzufügen, 113
Mutex erzeugen (Multithreading), 2669
Mutex freigeben (Multithreading), 2689
Mutex löschen (Multithreading), 2664
Mutex sperren (Multithreading), 2680, 2688

nächste Punkte einer Region, 2482
Nachricht an eine Warteschlange senden (Inter-Thread Kommunikation), 2672
Nachricht aus einer Warteschlange empfangen (Inter-Thread Kommunikation), 2670
Nachricht lesen, 2681
Nachricht schreiben, 2692
Nachrichtenobjekt erzeugen (Inter-Thread Kommunikation), 2667
Nachrichtenobjekt löschen (Inter-Thread Kommunikation), 2662
Nachschlagetabelle (Look-Up-Tabelle, LUT) des Grafikfensters, 1209
Nachschlagetabelle (Look-Up-Tabelle, LUT) des Grafikfensters schreiben, 1788
Nachschlagetabelle (Look-Up-Tabelle, LUT) eines Grafikfensters setzen, 1210
Nachschlagetabelle (Look-Up-Tabelle, LUT) für Bildeinzug, 409
Nachschlagetabelle (Look-Up-Tabelle, LUT) für Bildeinzug setzen, 423
Nachschlagetabelle (Look-Up-Tabelle, LUT) für Farbraumtransformationen, 946
Nachschlagetabelle (Look-Up-Tabelle, LUT) für Farbraumtransformationen erzeugen, 949
Nachschlagetabelle (Look-Up-Tabelle, LUT) für Farbraumtransformationen löschen, 949
Nachschlagetabelle (Look-Up-Tabelle, LUT) setzen, 870
Nachschlagetabelle (Look-Up-Tabelle, LUT) von Grafikfenster anzeigen, 1770
Nachschlagetabelle (LUT) aus Klassifikator erzeugen, 1686, 1688, 1690, 1692
natürlicher Logarithmus von Tupel-Elementen, 3014
negate_funct_1d, 2765
new_extern_window, 1225
new_line, 1309
noise_distribution_mean, 1123
nonmax_suppression_amp, 2521
nonmax_suppression_dir, 2522
Norm einer Matrix, 2164
norm_matrix, 2164
normalisierte Fuzzy-Messfunktion setzen, 26
Nulldurchgänge einer 1D-Funktion, 2771
Nulldurchgänge extrahieren, 2572
num_points_funct_1d, 2766
NURBS-Kurve ändern, 1330, 1333
NURBS-Kurve zeichnen, 1326, 1328

Oberfläche rekonstruieren, 370, 371, 373
Oberflächen-Albedo schätzen, 362, 363
obj_diff, 2373
obj_to_integer, 2374
object_model_3d_to_xyz, 241
Objekt aus Objekttupel auswählen, 2376
Objektinstanz aus 3D-Szene entfernen, 1177
Objektivverzeichnung einer Abbildung ändern, 1630
Objektivverzeichnung eines Bildes ändern, 1625
Objektivverzeichnung selbstkalibrieren, 1635
Objektivverzeichnung von Kameraparametern ändern, 1622
Objektivverzeichnung von Pixelkoordinaten ändern, 1626
Objektivverzeichnung von XLD-Konturen ändern, 1624
OCR-Klassifikator (CNN) einlesen, 2243, 2249
OCR-Klassifikator (CNN) löschen, 2243
OCR-Klassifikator (CNN) schreiben, 2250
OCR-Klassifikator (CNN) wiederverwenden, 2243, 2249, 2250
OCR-Klassifikator (Hyperbox) einlesen, 1880, 1884
OCR-Klassifikator (Hyperbox) löschen, 1876
OCR-Klassifikator (Hyperbox) schreiben, 1885, 1888
OCR-Klassifikator (Hyperbox) wiederverwenden, 1880, 1884, 1885, 1888
OCR-Klassifikator (kNN) einlesen, 2277
OCR-Klassifikator (kNN) löschen, 2267
OCR-Klassifikator (kNN) schreiben, 2282
OCR-Klassifikator (MLP) einlesen, 2291, 2300
OCR-Klassifikator (MLP) löschen, 2286
OCR-Klassifikator (MLP) schreiben, 2311
OCR-Klassifikator (MLP) wiederverwenden, 2291, 2300, 2311
OCR-Klassifikator (SVM) einlesen, 2337, 2346
OCR-Klassifikator (SVM) löschen, 2333
OCR-Klassifikator (SVM) reduzieren, 2347
OCR-Klassifikator (SVM) schreiben, 2351, 2354
OCR-Klassifikator (SVM) wiederverwenden, 2337, 2346, 2351, 2354
ocr_change_char, 1883
ocr_get_features, 1883

open_compute_device, 2624
open_file, 600
open_framegrabber, 419
open_io_channel, 2642
open_io_device, 2644
open_scene_engine, 102
open_serial, 2731
open_socket_accept, 2737
open_socket_connect, 2739
open_textwindow, 1777
open_window, 1227
opening, 2236
Opening Operator, 1866, 1867, 2202–2204, 2236, 2238, 2239
Opening- und Closing-Operator, 1855
opening_circle, 2238
opening_golay, 1866
opening_rectangle1, 2239
opening_seg, 1867
Operatoren auswählen, 2653, 2659
Operatoren eines Kapitels, 2650
optical_flow_mg, 1099
Optimierungsdaten für schnelle Fourier-Transformation(FFT) einlesen, 916, 943
Optimierungsdaten für schnelle Fourier-Transformationen (FFT) schreiben, 945, 946
optimize_aop, 2694
optimize_dl_model_for_inference, 617
optimize_fft_speed, 935
optimize_rft_speed, 936
optische Schriftzeichenerkennung (OCR) trainieren, 1311
optische Schriftzeichenerkennung (OCR) trainieren (Hyperbox), 1877, 1886, 1887
optische Schriftzeichenerkennung (OCR) trainieren (kNN), 2268, 2280
optische Schriftzeichenerkennung (OCR) trainieren (MLP), 2287, 2297, 2308, 2309, 2311
optische Schriftzeichenerkennung (OCR) trainieren (SVM), 2333, 2343, 2351–2354
optische Schriftzeichenkontrolle (OCV) durchführen, 1452
optischer Fluss, 1099
orientation_points_xld, 3204
orientation_region, 2454
orientation_xld, 3204
Orientierung einer Textzeile, 2330
Orientierung und Radius der äquivalenten Ellipse einer Region, 489, 2436
Orientierung und Radius der äquivalenten Ellipse einer XLD-Kontur, 3173, 3175
orthogonal_decompose_matrix, 2169
overpaint_gray, 478
overpaint_region, 479

paint_gray, 481
paint_region, 481
paint_xld, 483
par_join, 2608
parallele Ausführung in HDevelop, 2608
Parallele einer XLD-Kontur, 3146
parallele Projektion, 1581
parallele XLD-Linien, 3250
Parameter der Rückweisungsklasse eines MLP, 1707
Parameter der Rückweisungsklasse eines MLP setzen, 1720
Parameter der Rückweisungsklasse für einen OCR-Klassifikator (MLP), 2299
Parameter der Rückweisungsklasse für einen OCR-Klassifikator setzen (MLP), 2307
Parameter der XLD-Distanztransformation, 2799
Parameter des Hintergrundschätzers, 2829
Parameter des Kleberaupeninspektionsmodells, 1447
Parameter des Zeichenobjekts, 1261
Parameter einer I/O-Geräteinstanz, 2642
Parameter einer Nachricht (Inter-Thread Kommunikation), 2675
Parameter einer Nachricht setzen (Inter-Thread Kommunikation), 2683
Parameter einer Nachschlagetabelle (Look-Up-Tabelle, LUT) eines Grafikfensters setzen, 1785
Parameter einer seriellen Schnittstelle, 2730
Parameter einer seriellen Schnittstelle setzen, 2732
Parameter einer Warteschlange für Nachrichten, 2676
Parameter einer Warteschlange für Nachrichten setzen, 2684
Parameter eines 3D-Matching-Modells (oberflächenbasiert) setzen, 173
Parameter eines Barcode-Modells setzen, 1373, 1383
Parameter eines Compute Devices, 2622
Parameter eines Compute Devices setzen, 2626
Parameter eines Datacode-Modells, 1404
Parameter eines Datacode-Modells setzen, 1429
Parameter eines Hintergrundschätzers setzen, 2833
Parameter eines Kameraaufbaumodells, 1599
Parameter eines Kameraaufbaumodells setzen, 1612, 1613
Parameter eines Lichtschnittmodells, 387
Parameter eines Lichtschnittmodells setzen, 392, 394
Parameter eines Matching-Modells (deskriptorbasiert), 1979
Parameter eines Matching-Modells (formbasiert), 2065, 2067
Parameter eines Matching-Modells (formbasiert) setzen, 2086, 2091
Parameter eines Matching-Modells (korrelationsbasiert), 2109
Parameter eines Matching-Modells (korrelationsbasiert) setzen, 2112
Parameter eines Matching-Modells (lokal deformierbar), 1959
Parameter eines Matching-Modells (perspektivisch deformierbar), 1959

Parameter eines Messobjekts erhalten, 15
Parameter eines Modells für strukturiertes Licht, 1466, 1471
Parameter eines OCR-Klassifikators (CNN), 2248
Parameter eines OCR-Klassifikators (Hyperbox), 1882
Parameter eines OCR-Klassifikators (kNN), 2276
Parameter eines OCR-Klassifikators (MLP), 2296, 2298
Parameter eines OCR-Klassifikators (MLP) setzen, 2305
Parameter eines OCR-Klassifikators (SVM), 2342
Parameter eines Texturinspektionsmodells, 1488, 1495
Parameter für 3D-Szene setzen, 1186
Parameter für Bildeinzug setzen, 424
Parameter für das Kleberaupeninspektionsmodell setzen, 1448
Parameter für I/O-Übertragungskanal lesen, 2647
Parameter für I/O-Übertragungskanal setzen, 2648
Parameter für I/O-Gerät setzen, 2648
Parameter für Lichtquelle in 3D-Szene setzen, 1185
Parameter für Nachschlagetabelle (Look-Up-Tabelle, LUT) des Grafikfensters, 1774
Parameter für Objektinstanz in 3D-Szene setzen, 1180
Parameter für Textlabel in 3D-Szene setzen, 1183
Parameter für XLD-Distanztransformation setzen, 2817
Parameter für Zeichenobjekt setzen, 1265
Parameter oder Informationen eines Dictionaries, 3034
Parameter von Barcode-Modell, 1358, 1360, 1370
Parameter von I/O-Übertragungskanälen, 2641
Parameter-Anzeigefenster anzeigen, 1763
Parameterfenster verbergen, 1764
Parameternamen, 2655
Parametertypen, 2657
partition_dynamic, 2493
partition_lines, 1906
partition_rectangle, 2494
passende Linien für Region, 2843
perspektivische Projektion, 1581
Pfad zum Bildrand, 1130
Pfeil anzeigen, 1189
Phase eines komplexen Bildes, 938, 939
phase_correlation_fft, 937
phase_deg, 938
phase_rad, 939
photometric_stereo, 364
Pixel der Regionenkontur, 2502
Pixel einer Region, 2504
Pixelkanten verdünnen, 2521, 2522
Pixelklassifizierung, 2527, 2529
Pixelkoordinaten in 3D-Koordinaten transformieren, 1631
Pixelkoordinaten rektifizieren, 1626
pixelweises Maximum von Bildern, 897
pixelweises Minimum von Bildern, 898
plane_deviation, 510
plateaus, 2582
plateaus_center, 2584
pluecker_line_to_point_direction, 2811
pluecker_line_to_points, 2812
point_direction_to_pluecker_line, 2813
point_line_to_hom_mat2d, 2910
point_pluecker_line_to_hom_mat3d, 2944
points_foerstner, 1111
points_harris, 1114
points_harris_binomial, 1116
points_lepetit, 1117
points_sojka, 1119
points_to_pluecker_line, 2814
polar_trans_contour_xld, 3147
polar_trans_contour_xld_inv, 3148
polar_trans_image, 1767
polar_trans_image_ext, 977
polar_trans_image_inv, 979
polar_trans_region, 2408
polar_trans_region_inv, 2410
polare Transformation einer Region, 2408
polare Transformation einer XLD-Kontur, 3147
polare Transformation eines Bildes, 977
Polygon anzeigen, 1203
Polygon-Region erzeugen, 2400, 2401
Polygonenapproximation von Regionenkontur, 2505
Polygonzug zeichnen, 1336
Polynomialmodell der Objektivverzeichnung, 1581
Pose eines 3D-Matching-Modells (oberflächenbasiert) verfeinern, 169, 171
Pose für 3D-Szene im Weltkoordinatensystem festlegen, 1187
Pose für Objektinstanz in 3D-Szene setzen, 1183
Pose invertieren, 2975
pose_average, 2973
pose_compose, 2974
pose_invert, 2975
pose_to_dual_quat, 2976
pose_to_hom_mat3d, 2945
pose_to_quat, 2976
Position des Grafikfensters setzen, 877
Potenzfunktion eines Bildes, 900
Potenzfunktion von Matrix, 2132, 2134–2136
Potenzfunktion von Matrizen, 2131
Potenzfunktion von Tupeln, 3019
pouring, 2585
pow_element_matrix, 2131
pow_element_matrix_mod, 2131
pow_image, 900
pow_matrix, 2132
pow_matrix_mod, 2134
pow_scalar_element_matrix, 2135
pow_scalar_element_matrix_mod, 2136
power_byte, 940
power_ln, 941

power_real, 942
Powerspektrum eines komplexen Bildes, 940–942
prepare_deep_counting_model, 1922
prepare_direct_variation_model, 1509
prepare_object_model_3d, 243
prepare_sample_identifier, 1804
prepare_variation_model, 1511
Prewitt-Filter, 1074, 1075
prewitt_amp, 1074
prewitt_dir, 1075
principal_comp, 953
Programm abbrechen, 2601
Programmfenster anzeigen, 1763
Programmfenster verbergen, 1765
proj_hom_mat2d_to_pose, 2977
proj_match_points_distortion_ransac, 2865
proj_match_points_distortion_ransac_guided, 2868
proj_match_points_ransac, 2872
proj_match_points_ransac_guided, 2875
project_3d_point, 1619
project_hom_point_hom_mat3d, 1620
project_object_model_3d, 245
project_point_hom_mat3d, 1621
project_shape_model_3d, 145
projection_pl, 2815
projective_trans_contour_xld, 3150
projective_trans_hom_point_3d, 2946
projective_trans_image, 981
projective_trans_image_size, 983
projective_trans_object_model_3d, 248
projective_trans_pixel, 2914
projective_trans_point_2d, 2915
projective_trans_point_3d, 2947
projective_trans_region, 2412
projektive 2D-Matrix aus Punktkorrespondenzen, 2908
projektive 2D-Matrix aus RANSAC-Punktmatching, 2865, 2868, 2872, 2875
projektive 2D-Matrix in 3D-Pose umrechnen, 2977
projektive 2D-Transformation einer Region, 2412
projektive 2D-Transformation einer XLD-Kontur, 3150
projektive 2D-Transformation eines Bildes, 981, 983
projektive 2D-Transformation eines Pixels, 2914
projektive 2D-Transformation eines Punktes, 2915
projektive 2D-Transformation von Punktkorrespondenzen, 2921, 2923
projektive 3D-Information mittels binokularem Stereo rekonstruieren, 321
projektive 3D-Transformation eines Punktes, 2946, 2947
projektive 3D-Transformation von Punktkorrespondenzen, 2949
projektive Kameraparameter selbstkalibrieren, 1641
projektiver 3D-Punkt aus Fundamental-Matrix, 321
protect_ocr_trainf, 2356
Prozedur abbrechen, 2609
Prozedur in HDevelop importieren, 2606
Prozeduren auswählen, 2653, 2659
Prozeduren eines Kapitels, 2650
pruning, 2240
Punkt ändern, 1336
Punkt zeichnen, 1335
Punkte einer XLD-Kontur, 3248
Punkte einer XLD-Kontur zählen, 3165
Punkte eines Entzerrungsgitters verbinden, 2819
Punkte eines Matching-Modells (deskriptorbasiert), 1980
Punkte verbessern, 1110
Punktextraktion, 1111, 1114, 1116, 1117
Punktkorrespondenzen für Kamerakalibrierung, 1610
punktweiser Abstand zweier Konturen, 2774
punktweiser Abstand zwischen Konturen, 2782

Quadratwurzel eines Bildes, 903
Quadratwurzel von Matrixelementen, 2141, 2142
Quadratwurzel von Tupel-Elementen, 3022
quat_compose, 2987
quat_conjugate, 2988
quat_interpolate, 2988
quat_normalize, 2989
quat_rotate_point_3d, 2990
quat_to_hom_mat3d, 2990
quat_to_pose, 2978
Quaternion in 3D-Pose umrechnen, 2978
Quaternion in homogene 3D-Matrix umrechnen, 2990
Quaternion interpolieren, 2988
Quaternion konjugieren, 2988
Quaternion normalisieren, 2989
Quaternionen multiplizieren, 2987
query_all_colors, 1279
query_aop_info, 2696
query_available_compute_devices, 2624
query_available_dl_devices, 619
query_bar_code_params, 1370
query_calib_data_observ_indices, 1600
query_color, 1280
query_colored, 1280
query_contour_attribs_xld, 3205
query_contour_global_attribs_xld, 3206
query_data_code_2d_params, 1426
query_font, 1309
query_gray, 1281
query_image_sources, 545
query_io_device, 2645
query_io_interface, 2646
query_line_width, 1282
query_lut, 1209
query_mshape, 1241

query_operator_info, 2658
query_paint, 1282
query_param_info, 2658
query_params_ocr_class_cnn, 2249
query_shape, 1283
query_sheet_of_light_params, 391
query_spy, 2634
query_tshape, 1781
query_window_type, 1230

radial_distortion_self_calibration, 1635
radiometric_self_calibration, 1638
Radiometrische Kalibrierung, 1638
rank_image, 1024
rank_n, 1026
rank_rect, 1027
rank_region, 2494
RANSAC-Algorithmus, 1974, 1976
Rauschen aus Region entfernen, 2496
Rauschen schätzen, 491
Rauschen zur XLD-Kontur hinzufügen, 3217
Rauschverteilung hinzufügen, 1120
read_aop_knowledge, 2697
read_bar_code_model, 1371
read_calib_data, 1601
read_cam_par, 1575
read_camera_setup_model, 1602
read_char, 1310
read_class_gmm, 1663
read_class_knn, 1679
read_class_mlp, 1710
read_class_svm, 1750
read_class_train_data, 1729
read_component_model, 1841
read_contour_xld_arc_info, 581
read_contour_xld_dxf, 582
read_data_code_2d_model, 1428
read_deep_counting_model, 1923
read_deep_matching_3d, 104
read_deep_ocr, 2265
read_deformable_model, 1960
read_deformable_surface_model, 124
read_descriptor_model, 1982
read_dict, 3037
read_distance_transform_xld, 2816
read_dl_model, 800
read_encrypted_item, 2755
read_fft_optimization_data, 943
read_funct_1d, 2766
read_gray_se, 2207
read_image, 556
read_image_metadata, 558
read_io_channel, 2647
read_kalman, 1908
read_matrix, 2147
read_measure, 22
read_memory_block, 2754
read_message, 2681
read_metrology_model, 65
read_ncc_model, 2110
read_object, 566
read_object_model_3d, 188
read_ocr, 1884
read_ocr_class_cnn, 2249
read_ocr_class_knn, 2277
read_ocr_class_mlp, 2300
read_ocr_class_svm, 2346
read_ocr_trainf, 2358
read_ocr_trainf_names, 2358
read_ocr_trainf_names_protected, 2359
read_ocr_trainf_select, 2360
read_ocv, 1453
read_polygon_xld_arc_info, 584
read_polygon_xld_dxf, 585
read_pose, 2978
read_region, 568
read_sample_identifier, 1806
read_samples_class_gmm, 1664
read_samples_class_mlp, 1710
read_samples_class_svm, 1751
read_sequence, 559
read_serial, 2731
read_shape_model, 2070
read_shape_model_3d, 146
read_sheet_of_light_model, 392
read_string, 1311
read_structured_light_model, 1468
read_surface_model, 168
read_texture_inspection_model, 1491
read_training_components, 1842
read_tuple, 577
read_variation_model, 1512
read_world_file, 574
real_to_complex, 516
real_to_vector_field, 517
realwertige schnelle Fourier-Transformation (FFT), 944
receive_data, 2740
receive_image, 2741
receive_region, 2742
receive_serialized_item, 2742
receive_tuple, 2743
receive_xld, 2744
Rechteck ändern, 1338
Rechteck als Zeichenobjekt erzeugen, 1256
Rechteck anzeigen, 1204, 1206
Rechteck zeichnen, 1337, 1340, 1341
rechteckige Region erzeugen, 2392, 2394
Rechteckigkeit einer Region, 2454
Rechteckigkeit einer XLD-Kontur, 3207
reconst3d_from_fundamental_matrix, 321
reconstruct_height_field_from_gradient, 368
reconstruct_points_stereo, 344
reconstruct_surface_stereo, 346

reconstruct_surface_structured_light, 1469
rectangle1_domain, 427
rectangularity, 2454
rectangularity_xld, 3207
reduce_class_svm, 1752
reduce_domain, 428
reduce_object_model_3d_by_view, 225
reduce_ocr_class_svm, 2347
reduzierte Support-Vektor-Maschine (SVM), 1752
reell-wertige schnelle Fourier-Transformation (FFT) optimieren, 936
Referenzkontur der XLD-Distanztransformation, 2798
refine_deformable_surface_model, 125
refine_surface_model_pose, 169
refine_surface_model_pose_image, 171
Reflexionskoeffizient (Albedo) schätzen, 361
Region abschneiden, 2480, 2481
Region an Socket senden, 2747
Region anzeigen, 851, 1198, 1207
Region aus Geraden erzeugen, 2388
Region aus Hessescher Normalform erzeugen, 2397
Region aus Histogramm erzeugen, 2396
Region aus Lauflängen erzeugen, 2402
Region aus Pixeln erzeugen, 2388, 2399
Region aus XLD-Kontur erzeugen, 2395
Region aus XLD-Polygon erzeugen, 2402
Region einlesen, 568
Region einzeichnen, 479, 481
Region enthält Pixel, 2476, 2477
Region enthält Region, 2478
Region erzeugen, 2222
Region für Blob-Analyse bearbeiten, 500, 511, 2214, 2215, 2217, 2236, 2238, 2239
Region interaktiv verschieben, 1316–1318
Region of Interest, 427
Region schreiben, 570
Region spiegeln, 2406
Region transformieren um Hamming-Abstand zu erhalten, 1890
Region transponieren, 2413
Region um Punkt spiegeln, 2413
Region verdünnen, 1865, 1872–1874
Region vergrößern, 1893, 2488
Region vergrößern (Thickening), 1868, 1870, 1871
Region verschieben, 2407
Region von Socket einlesen, 2742
Region zeichnen, 1319, 1320, 1342–1344
Region zerlegen, 2493, 2494
region_features, 2455
region_to_bin, 461
region_to_label, 462
region_to_mean, 463
Regionen aus Zeilenkamera-Bild verbinden, 2492
Regionen auswählen, 500, 511, 2438, 2439, 2455, 2461, 2462, 2464, 2467, 2469, 2474
Regionen für Blob-Analyse bearbeiten, 500, 511, 2214, 2215, 2217, 2236, 2238, 2239, 2416, 2417, 2419, 2420, 2480, 2484, 2489, 2493, 2494, 2497–2499
Regionen mit Rangmaske glätten, 2494
Regionen sind gleich, 2475
Regionen sortieren, 2499
Regionen verbinden, 2419, 2420
Regionengröße ändern (skalieren, Zoom), 2415
regiongrowing, 2511
regiongrowing_mean, 2513
regiongrowing_n, 2514
register_object_model_3d_global, 248
register_object_model_3d_pair, 251
Registrierung von 3D-Objektmodellen, 248, 251
regress_contours_xld, 3223
Regressionsparameter einer XLD-Kontur, 3223
Regressionsparameter von XLD-Kontur, 3193
Rektifizierung, 1622, 1630
rel_pose_to_fundamental_matrix, 323
relative Kameralage aus Punktkorrespondenzen, 331
relative Kameralage aus RANSAC-Punktmatching, 318
release_all_compute_devices, 2625
release_compute_device, 2626
remove_calib_data, 1602
remove_calib_data_observ, 1603
remove_dict_key, 3039
remove_dir, 575
remove_noise_region, 2496
remove_obj, 2375
remove_object_model_3d_attrib, 193
remove_object_model_3d_attrib_mod, 195
remove_sample_identifier_preparation_data, 1806
remove_sample_identifier_training_data, 1808
remove_scene_3d_camera, 1177
remove_scene_3d_instance, 1177
remove_scene_3d_label, 1178
remove_scene_3d_light, 1178
remove_texture_inspection_model_image, 1492
render_object_model_3d, 253
render_scene_3d, 1179
repeat, 2608
repeat_matrix, 2158
replace_obj, 2375
reset_fuzzy_measure, 23
reset_metrology_object_fuzzy_param, 66
reset_metrology_object_param, 67
reset_obj_db, 2630
reset_sheet_of_light_model, 392
return, 2609
rft_generic, 944
RGB-Bild, 947
RGB-Farbraum, 1297, 1298
rgb1_to_gray, 954
rgb3_to_gray, 955

rigid_trans_object_model_3d, 254
roberts, 1076
Roberts-Filter, 1076
Robinson-Filter, 1077, 1078
robinson_amp, 1077
robinson_dir, 1078
rotate_image, 985
Rotationsquaternion erzeugen, 2985
roundness, 2458
run_bg_esti, 2831
run_scene_engine, 104
Rundheit einer Region, 2429, 2458
Rundheit einer XLD-Kontur, 3163
runlength_distribution, 2459
runlength_features, 2460

saddle_points_sub_pix, 2587
Salz-und-Pfeffer-Rauschen, 1003, 1016
Salz-und-Pfeffer-Rauschen erzeugen, 1124
sample_funct_1d, 2766
sample_object_model_3d, 255
Sattelpunkte extrahieren (subpixelgenau), 2574, 2587
scale_image, 901
scale_image_max, 1156
scale_matrix, 2137
scale_matrix_mod, 2138
scale_y_funct_1d, 2767
scene_flow_calib, 1136
scene_flow_uncalib, 1138
schachbrettartige Region erzeugen, 2379
Schleife abbrechen, 2594
Schleife vom Start fortsetzen, 2597
schnelle Fourier-Transformation (FFT), 917, 919
schnelle Fourier-Transformation (FFT) optimieren, 935
Schnitt eines 3D-Objektmodells mit einer Ebene, 240
Schraubungsparameter aus einer dualen Quaternion berechnen, 2955
Schriftart (Font), 1306
Schriftart (Font) setzen, 1312
Schwellenwert aus Histogramm, 2562
Schwellenwertbilder eines Variationsmodells, 1508
Schwerpunkt einer Region, 485, 2427
Schwerpunkt einer XLD-Kontur, 3161, 3162
Schwerpunkt von Grauwert-Hochebenen, 2584
Schwerpunkt von Grauwert-Tiefebenen, 2581
screw_to_dual_quat, 2959
search_operator, 2659
segment_characters, 2319
segment_contour_attrib_xld, 3225
segment_contours_xld, 3226
segment_image_mser, 2540
segment_object_model_3d, 226
Segmentierungsparameter für Blob-Analyse extrahieren, 501–503, 507, 2562
Selbstüberschneidung einer XLD-Kontur, 3215
select_characters, 2322
select_contours_xld, 3207
select_feature_set_gmm, 1665
select_feature_set_knn, 1680
select_feature_set_mlp, 1711
select_feature_set_svm, 1753
select_feature_set_trainf_knn, 2278
select_feature_set_trainf_mlp, 2301
select_feature_set_trainf_mlp_protected, 2303
select_feature_set_trainf_svm, 2347
select_feature_set_trainf_svm_protected, 2349
select_gray, 511
select_grayvalues_from_channels, 335
select_lines, 1910
select_lines_longest, 1912
select_matching_lines, 2843
select_obj, 2376
select_object_model_3d, 216
select_points_object_model_3d, 228
select_region_point, 2461
select_region_spatial, 2462
select_shape, 2464
select_shape_proto, 2467
select_shape_std, 2469
select_shape_xld, 3209
select_sub_feature_class_train_data, 1730
select_xld_point, 3211
Semantischer Tupeltyp, 3115, 3116
send_data, 2744
send_image, 2746
send_mouse_double_click_event, 1242
send_mouse_down_event, 1243
send_mouse_drag_event, 1244
send_mouse_up_event, 1245
send_region, 2747
send_serialized_item, 2747
send_tuple, 2748
send_xld, 2748
Serialisierung, 3, 23, 54, 67, 118, 126, 136, 147, 154, 172, 182, 196, 386, 393, 553, 561, 565, 566, 568, 570, 576–578, 581, 586, 766, 808, 1353, 1372, 1394, 1429, 1451, 1454, 1460, 1471, 1486, 1494, 1507, 1513, 1574, 1576, 1586, 1604, 1605, 1656, 1667, 1676, 1682, 1702, 1713, 1727, 1731, 1742, 1755, 1880, 1885, 1944, 1961, 1973, 1983, 2097, 2111, 2146, 2148, 2271, 2280, 2291, 2304, 2723–2728, 2742, 2747, 2886, 2916, 2929, 2948, 2950, 2960, 2966, 2979, 2986, 2991
serialize_bar_code_model, 1372
serialize_calib_data, 1604
serialize_cam_par, 1576
serialize_camera_setup_model, 1605
serialize_class_gmm, 1667
serialize_class_knn, 1682
serialize_class_mlp, 1713
serialize_class_svm, 1755

serialize_class_train_data, 1731
serialize_component_model, 1842
serialize_data_code_2d_model, 1429
serialize_deformable_model, 1961
serialize_deformable_surface_model, 126
serialize_descriptor_model, 1983
serialize_distance_transform_xld, 2817
serialize_dl_model, 808
serialize_dual_quat, 2960
serialize_fft_optimization_data, 945
serialize_handle, 577
serialize_hom_mat2d, 2916
serialize_hom_mat3d, 2948
serialize_image, 561
serialize_matrix, 2148
serialize_measure, 23
serialize_metrology_model, 67
serialize_ncc_model, 2111
serialize_object, 566
serialize_object_model_3d, 196
serialize_ocr, 1885
serialize_ocr_class_cnn, 2250
serialize_ocr_class_knn, 2280
serialize_ocr_class_mlp, 2304
serialize_ocr_class_svm, 2351
serialize_ocv, 1454
serialize_pose, 2979
serialize_quat, 2991
serialize_region, 570
serialize_sample_identifier, 1809
serialize_shape_model, 2071
serialize_shape_model_3d, 147
serialize_sheet_of_light_model, 393
serialize_structured_light_model, 1471
serialize_surface_model, 172
serialize_texture_inspection_model, 1494
serialize_training_components, 1843
serialize_tuple, 578
serialize_variation_model, 1513
serialize_xld, 586
serielle Schnittstelle öffnen, 2731
serielle Schnittstelle schließen, 2729
set_aop_info, 2699
set_bar_code_param, 1373
set_bar_code_param_specific, 1383
set_bead_inspection_param, 1448
set_bg_esti_params, 2833
set_calib_data, 1605
set_calib_data_calib_object, 1608
set_calib_data_cam_param, 1609
set_calib_data_observ_points, 1610
set_calib_data_observ_pose, 1549
set_camera_setup_cam_param, 1612
set_camera_setup_param, 1613
set_check, 2634
set_color, 1283
set_colored, 1286
set_comprise, 1781
set_compute_device_param, 2626
set_content_update_callback, 1263
set_contour_style, 1287
set_current_dir, 575
set_data_code_2d_param, 1429
set_deep_counting_model_param, 1924
set_deep_matching_3d_param, 110
set_deep_ocr_param, 2266
set_deformable_model_origin, 1961
set_deformable_model_param, 1962
set_descriptor_model_origin, 1984
set_diagonal_matrix, 2179
set_dict_object, 3039
set_dict_tuple, 3041
set_dict_tuple_at, 3042
set_distance_transform_xld_param, 2817
set_dl_device_param, 620
set_dl_model_layer_param, 741
set_dl_model_layer_weights, 742
set_dl_model_param, 809
set_dl_pruning_param, 813
set_draw, 1288
set_drawing_object_callback, 1264
set_drawing_object_params, 1265
set_drawing_object_xld, 1267
set_feature_lengths_class_train_data, 1732
set_fix, 1782
set_fixed_lut, 1783
set_font, 1312
set_framegrabber_callback, 422
set_framegrabber_lut, 423
set_framegrabber_param, 424
set_full_matrix, 2182
set_fuzzy_measure, 24
set_fuzzy_measure_norm_pair, 26
set_generic_shape_model_object, 2071
set_generic_shape_model_param, 2072
set_gray, 1288
set_grayval, 484
set_hsi, 1289
set_icon, 1291
set_image_source_param, 547
set_io_channel_param, 2648
set_io_device_param, 2648
set_line_approx, 1784
set_line_style, 1291
set_line_width, 1292
set_local_deformable_model_metric, 1963
set_lut, 1210
set_lut_style, 1785
set_message_obj, 2681
set_message_param, 2683
set_message_queue_param, 2684

set_message_tuple, 2685
set_metrology_model_image_size, 68
set_metrology_model_param, 69
set_metrology_object_fuzzy_param, 71
set_metrology_object_param, 73
set_mshape, 1246
set_ncc_model_origin, 2111
set_ncc_model_param, 2112
set_object_model_3d_attrib, 197
set_object_model_3d_attrib_mod, 199
set_operator_timeout, 2707
set_origin_pose, 2980
set_paint, 1293
set_params_class_knn, 1683
set_part, 1295
set_part_style, 1297
set_pixel, 1786
set_planar_calib_deformable_model_metric, 1965
set_planar_uncalib_deformable_model_metric, 1966
set_profile_sheet_of_light, 393
set_regularization_params_class_mlp, 1714
set_regularization_params_ocr_class_mlp, 2305
set_rejection_params_class_mlp, 1720
set_rejection_params_ocr_class_mlp, 2307
set_rgb, 1297
set_rgba, 1298
set_sample_identifier_object_info, 1809
set_sample_identifier_param, 1810
set_scene_3d_camera_pose, 1179
set_scene_3d_instance_param, 1180
set_scene_3d_instance_pose, 1183
set_scene_3d_label_param, 1183
set_scene_3d_light_param, 1185
set_scene_3d_param, 1186
set_scene_3d_to_world_pose, 1187
set_scene_engine_param, 110
set_serial_param, 2732
set_shape, 1299
set_shape_model_clutter, 2086
set_shape_model_metric, 2089
set_shape_model_origin, 2091
set_shape_model_param, 2091
set_sheet_of_light_param, 394
set_socket_param, 2749
set_spy, 2636
set_stereo_model_image_pairs, 353
set_stereo_model_param, 354
set_structured_light_model_param, 1471
set_sub_matrix, 2183
set_surface_model_param, 173
set_system, 2708
set_text_model_param, 2325
set_texture_inspection_model_param, 1495
set_tposition, 1313
set_tshape, 1787
set_value_matrix, 2184
set_window_attr, 1231
set_window_dc, 1232
set_window_extents, 1233
set_window_param, 1300
set_window_type, 1234
sfs_mod_lr, 370
sfs_orig_lr, 371
sfs_pentland, 373
shade_height_field, 374
shape_histo_all, 513
shape_histo_point, 514
shape_trans, 2497
shape_trans_xld, 3228
Shen-Filter, 1052, 1055, 1057, 1060
Shock-Filter, 1157
shock_filter, 1157
sich überlagernde Regionen teilen, 2507, 2509
Sichtstrahl, 1550
sigma_image, 1029
signal_condition, 2687
signal_event, 2687
sim_caltab, 1570
simplify_object_model_3d, 257
simulate_defocus, 1161
simulate_motion, 1162
sin_image, 902
Singulärwertzerlegung einer Matrix, 2173
Sinus eines Bildes, 902
Sinus hyperbolicus von Tupel-Elementen, 3021
Sinus von Tupel-Elementen, 3021
skeleton, 2498
Skelett beschneiden, 2240
Skelett einer Region, 1864, 2498
Skelett teilen, 2500, 2501
Slant der Lichtquelle schätzen, 362, 363
Slant einer Textzeile, 2332
slide_image, 1787
smallest_bounding_box_object_model_3d, 218
smallest_circle, 2470
smallest_circle_xld, 3212
smallest_rectangle1, 2471
smallest_rectangle1_xld, 3213
smallest_rectangle2, 2472
smallest_rectangle2_xld, 3214
smallest_sphere_object_model_3d, 219
smooth_contours_xld, 3229
smooth_funct_1d_gauss, 2768
smooth_funct_1d_mean, 2768
smooth_image, 1031
smooth_object_model_3d, 259
snap_from_image_source, 548
Sobel-Filter, 1079, 1081
sobel_amp, 1079

sobel_dir, 1081
Socket öffnen, 2737, 2739
Socket schließen, 2734
Socket-Datentyp, 2735
Socket-Deskriptor, 2735
Socket-Parameter, 2736
Socket-Parameter setzen, 2749
socket_accept_connect, 2750
Sojka-Operator, 1119
solve_matrix, 2139
sort_contours_xld, 3230
sort_region, 2499
sp_distribution, 1124
spatial_relation, 2474
Speicherblock, 554, 555, 2751–2754
sphärisches Mosaikbild erzeugen, 2858, 2862
split_contours_xld, 3231
split_skeleton_lines, 2500
split_skeleton_region, 2501
sqrt_image, 903
sqrt_matrix, 2141
sqrt_matrix_mod, 2142
Standardabweichung berechnen, 1127
starre 2D-Transformation aus Punkt und Winkel, 2916
starre 2D-Transformation aus Punkt-zu-Gerade-Korrespondenzen, 2910
starre 2D-Transformation aus Punktkorrespondenzen, 2926
starre 3D-Transformation von Punkt-Gerade-Korrespondenzen, 2944
starre 3D-Transformation von Punktkorrespondenzen, 2949
start_image_source, 549
Startwerte für interne Kameraparameter, 1609
stationary_camera_self_calibration, 1641
Stereo-Modell erzeugen, 339
Stereo-Modell löschen, 339
Stereomodell-Parameter erhalten, 342, 343
Stereomodell-Parameter setzen, 354
stop, 2609
stop_image_source, 550
Streuung von Tupel-Elementen, 3082
String aus Textdatei einlesen, 597
String aus Textfenster einlesen, 1311
String in Textdatei schreiben, 599
String teilen, 3095
Strings vergleichen, 3096
Struktur der automatischen Operatorenparallelisierungsdaten, 2696
strukturierendes Element einlesen, 2207
strukturierendes Element erzeugen, 1856, 1857, 2191
sub_image, 903
sub_matrix, 2143
sub_matrix_mod, 2144
Submatrix, 2177
Submatrix setzen, 2183
Subpixel-Nulldurchgang extrahieren, 2573
subpixelgenaue Mausposition, 1238, 1240
Substring auswählen, 3097, 3098, 3104
Substring durch regulären Ausdruck ersetzen, 3092
Substring mit regulärem Ausdruck, 3089
Substring mit regulärem Ausdruck auswählen, 3093
Substring mit regulärem Ausdruck matchen, 3094
Substring suchen, 3102, 3103
suggest_lexicon, 2285
sum_matrix, 2165
Summe von Matrixelementen, 2165
Summe von Tupel-Elementen, 3086
Support-Vektor eines OCR-Klassifikators (SVM), 2345
surface_normals_object_model_3d, 261
svd_matrix, 2173
SVM-Klassifikator einlesen, 1750
SVM-Klassifikator erzeugen, 1738, 1753
SVM-Klassifikator löschen, 1737
SVM-Klassifikator schreiben, 1758
SVM-Klassifikator trainieren, 1735, 1737, 1747, 1748, 1752, 1756, 2526
SVM-Klassifikator wiederverwenden, 1705, 1744, 1745, 1758
switch, 2610
Symbol für Regionenausgabe, 1272
Symbol für Regionenausgabe setzen, 1291
Symbol lesen, 2214, 2215, 2222, 2283–2285, 2493, 2494
Symbol lesen (CNN), 2243–2246, 2249
Symbol lesen (Hyperbox), 1880, 1881
Symbol lesen (kNN), 2272–2274
Symbol lesen (MLP), 2291–2293, 2300
Symbol lesen (SVM), 2337–2339, 2346
symm_difference, 2418
symm_difference_closed_contours_xld, 3157
symm_difference_closed_polygons_xld, 3158
symmetrische Differenz von zwei Tupeln, 3078
symmetry, 1133
system_call, 2618
Systemaufruf ausführen, 2618
Systemzeit, 2617
Systemzustand mit Kalman-Filter schätzen, 1901
Szenenfluss, 1136, 1138

tan_image, 905
Tangens eines Bildes, 905
Tangens eines Tupel-Elements, 3023
Tangens hyperbolicus von Tupel-Elementen, 3024
Teil des Grafikfensters kopieren, 1214
Teil des Grafikfensters verschieben, 1776
telezentrische Kamera, 1581
test_closed_xld, 3215
test_equal_obj, 2367
test_equal_region, 2475
test_region_point, 2476
test_region_points, 2477

test_self_intersection_xld, 3215
test_subset_region, 2478
test_xld_point, 3216
testd_ocr_class_box, 1885
Text als Zeichenobjekt erzeugen, 1258
Text einfügen in exportierter HDevelop-Prozedur, 2602
Text finden (Automatic Text Reader), 2314
Text finden (Manual Text Finder), 2314
Text im Fenster anzeigen, 848, 1303, 1314
Text-Ergebnis erhalten (Automatic Text Reader), 2317
Text-Ergebnis erhalten (Manual Text Finder), 2317
Text-Objekt erhalten (Automatic Text Reader), 2316
Text-Objekt erhalten (Manual Text Finder), 2316
text_line_orientation, 2330
text_line_slant, 2332
Textanzeige, 1308
Textdatei öffnen, 600
Textdatei schließen, 592
Textfenster öffnen, 1777
Textlabel aus 3D-Szene entfernen, 1178
Textlabel zu 3D-Szene hinzufügen, 1170
Textposition, 1308
Textur fortsetzen, 1043
texture_laws, 1145
Texturinspektion, 1480, 1481, 1483–1488, 1490–1492, 1494, 1495, 1499, 1501
Texturinspektionsmodell, 1480, 1481, 1483, 1485–1487, 1491, 1492, 1494, 1499, 1501
thickening, 1868
thickening_golay, 1870
thickening_seq, 1871
thinning, 1872
thinning_golay, 1873
thinning_seq, 1874
threshold, 2565
threshold_sub_pix, 2566
throw, 2611
Tiefpassfilter, 930
tile_channels, 436
tile_images, 437
tile_images_offset, 438
Tilt der Lichtquelle schätzen, 363, 364
timed_wait_condition, 2688
Timeout für Barcode-Leser setzen, 1373, 1383
Timeout für Matching setzen, 2091, 2112
Tool öffnen, 858
Tool anzeigen, 878
Tool für optische Schriftzeichenkontrolle (OCV) einlesen, 1453
Tool für optische Schriftzeichenkontrolle (OCV) erzeugen, 1450
Tool für optische Schriftzeichenkontrolle (OCV) löschen, 1449
Tool für optische Schriftzeichenkontrolle (OCV) schreiben, 1456
Tool für optische Schriftzeichenkontrolle (OCV) trainieren, 1455
Tool schließen, 847
Tool-Position bestimmen, 875
Top-Hat-Operator, 2207, 2241
top_hat, 2241
topographic_sketch, 1135
topographische Skizze, 1135
train_class_gmm, 1668
train_class_knn, 1684
train_class_mlp, 1721
train_class_svm, 1756
train_dl_model_anomaly_dataset, 627
train_dl_model_batch, 814
train_generic_shape_model, 2093
train_model_components, 1843
train_sample_identifier, 1812
train_texture_inspection_model, 1499
train_variation_model, 1514
traind_ocr_class_box, 1886
traind_ocv_proj, 1455
trainf_ocr_class_box, 1887
trainf_ocr_class_knn, 2280
trainf_ocr_class_mlp, 2308
trainf_ocr_class_mlp_protected, 2309
trainf_ocr_class_svm, 2352
trainf_ocr_class_svm_protected, 2353
trainierte Support-Vektoren, 1748
trainierten OCR-Klassifikator (SVM) approximieren, 2347
trainierten SVM-Klassifikator approximieren, 1752
Trainingsdatei für optische Schriftzeichenerkennung (OCR) einlesen, 2358, 2360
Trainingsdatei für optische Schriftzeichenerkennung (OCR) schreiben, 2356, 2360, 2361
Trainingsdateien für optische Schriftzeichenerkennung (OCR) verknüpfen, 2356
Trainingsdaten (GMM) einlesen, 1664
Trainingsdaten (GMM) löschen, 1652
Trainingsdaten (GMM) schreiben, 1671
Trainingsdaten (MLP) einlesen, 1710
Trainingsdaten (MLP) löschen, 1697
Trainingsdaten (MLP) schreiben, 1724
Trainingsdaten (SVM) einlesen, 1751
Trainingsdaten (SVM) löschen, 1737
Trainingsdaten (SVM) schreiben, 1758
Trainingsdaten eines Variationsmodells löschen, 1502, 1509
Trainingsdaten für Klassifikation einlesen, 1729
Trainingsdaten für Klassifikation schreiben, 1733
Trainingsmuster (GMM), 1658, 1661
Trainingsmuster (kNN), 1676, 1678
Trainingsmuster (MLP), 1703, 1708
Trainingsmuster (SVM), 1743, 1747
Trainingsmuster für GMM-Klassifikator wiederverwenden, 1664, 1671
Trainingsmuster für Klassifikator wiederverwenden, 1710
Trainingsmuster für MLP-Klassifikator wiederverwenden, 1724

Trainingsmuster für SVM-Klassifikator wiederverwenden, 1751, 1758
Trainingsmuster hinzufügen (GMM), 1649, 1650, 1725, 2523
Trainingsmuster hinzufügen (kNN), 1671, 1672, 1725, 2524
Trainingsmuster hinzufügen (MLP), 1693, 1694, 1725, 2525
Trainingsmuster hinzufügen (SVM), 1725, 1734, 1735, 2526
Trainingsparameter für Matching (formbasiert) bestimmen, 1986, 1997, 2006, 2015, 2067, 2069
Trainingsparameter für Matching (korrelationsbasiert) bestimmen, 2098
Trainingsparameter für Matching (lokal deformierbar) bestimmen, 1945
Trainingsparameter für Matching (perspektivisch deformierbar) bestimmen, 1945
Trainingsparameter für Matching bestimmen, 1277
trans_from_rgb, 956
trans_pose_shape_model_3d, 147
trans_to_rgb, 963
transform_funct_1d, 2769
transform_metrology_object, 1762
Transformationsmatrix, 951
translate_measure, 28
transpose_matrix, 2145
transpose_matrix_mod, 2145
transpose_region, 2413
triangulate_object_model_3d, 263
trimmed_mean, 1032
try, 2612
try_lock_mutex, 2688
try_wait_event, 2689
Tupel addieren, 2999
Tupel als Dictionary-Eintrag setzen, 3041
Tupel an Socket senden, 2748
Tupel bitweise nach rechts verschieben (Rechts-Shift), 3029
Tupel dividieren, 3006
Tupel einlesen, 577
Tupel erzeugen, 3057–3059
Tupel in Vektor konvertieren, 2597
Tupel ist größer, 3120, 3121
Tupel ist größer oder gleich, 3122
Tupel ist kleiner, 3123, 3124
Tupel ist kleiner oder gleich, 3125
Tupel mit Linksverschiebung, 3028
Tupel multiplizieren, 3018
Tupel schreiben, 580
Tupel sind gleich, 3119
Tupel sind nicht gleich, 3126, 3127
Tupel sortieren, 3054, 3055
Tupel subtrahieren, 3023
Tupel teilen, 3095
Tupel verknüpfen, 3056, 3059
Tupel von Socket einlesen, 2743
Tupel zusammenfügen, 3088
Tupel-Elemente auswählen, 3047–3052, 3074, 3075
Tupel-Elemente entfernen, 3074
Tupel-Elemente finden, 3045
Tupel-Elemente negieren, 3018
Tupel-Elemente sind größer, 3120, 3121
Tupel-Elemente sind größer oder gleich, 3122
Tupel-Elemente sind kleiner, 3123, 3124
Tupel-Elemente sind kleiner oder gleich, 3125
Tupel-Elemente sind Zahlen, 3110
Tupel-Elemente umrechnen, 3062–3068
Tupellänge, 3083
Tupeltyp, 3116, 3118
Tupeltyp abfragen, 3105–3109, 3111–3113
Tupelwert setzen, 2594, 2607
tuple_abs, 2997
tuple_acos, 2997
tuple_acosh, 2998
tuple_add, 2999
tuple_and, 3071
tuple_asin, 2999
tuple_asinh, 3000
tuple_atan, 3001
tuple_atan2, 3001
tuple_atanh, 3002
tuple_band, 3025
tuple_bnot, 3026
tuple_bor, 3027
tuple_bxor, 3027
tuple_cbrt, 3003
tuple_ceil, 3003
tuple_chr, 3062
tuple_chrt, 3063
tuple_concat, 3056
tuple_constant, 3056
tuple_cos, 3004
tuple_cosh, 3004
tuple_cumul, 3005
tuple_deg, 3006
tuple_deviation, 3082
tuple_difference, 3076
tuple_div, 3006
tuple_environment, 3088
tuple_equal, 3119
tuple_equal_elem, 3119
tuple_erf, 3007
tuple_erfc, 3008
tuple_exp, 3008
tuple_exp10, 3009
tuple_exp2, 3010
tuple_fabs, 3010
tuple_find, 3045
tuple_find_first, 3046
tuple_find_last, 3046
tuple_first_n, 3047
tuple_floor, 3011
tuple_fmod, 3011
tuple_gen_const, 3057
tuple_gen_sequence, 3058
tuple_greater, 3120

tuple_greater_elem, 3121
tuple_greater_equal, 3122
tuple_greater_equal_elem, 3122
tuple_histo_range, 3082
tuple_hypot, 3012
tuple_insert, 3074
tuple_int, 3064
tuple_intersection, 3077
tuple_inverse, 3053
tuple_is_handle, 3105
tuple_is_handle_elem, 3106
tuple_is_int, 3107
tuple_is_int_elem, 3108
tuple_is_mixed, 3108
tuple_is_nan_elem, 3109
tuple_is_number, 3110
tuple_is_real, 3111
tuple_is_real_elem, 3111
tuple_is_serializable, 579
tuple_is_serializable_elem, 579
tuple_is_string, 3112
tuple_is_string_elem, 3113
tuple_is_valid_handle, 3114
tuple_join, 3088
tuple_last_n, 3048
tuple_ldexp, 3013
tuple_length, 3083
tuple_less, 3123
tuple_less_elem, 3124
tuple_less_equal, 3125
tuple_less_equal_elem, 3125
tuple_lgamma, 3013
tuple_log, 3014
tuple_log10, 3015
tuple_log2, 3015
tuple_lsh, 3028
tuple_max, 3084
tuple_max2, 3016
tuple_mean, 3085
tuple_median, 3085
tuple_min, 3086
tuple_min2, 3016
tuple_mod, 3017
tuple_mult, 3018
tuple_neg, 3018
tuple_not, 3072
tuple_not_equal, 3126
tuple_not_equal_elem, 3127
tuple_number, 3064
tuple_or, 3072
tuple_ord, 3065
tuple_ords, 3066
tuple_pow, 3019
tuple_rad, 3020
tuple_rand, 3059
tuple_real, 3067
tuple_regexp_match, 3089
tuple_regexp_replace, 3092
tuple_regexp_select, 3093
tuple_regexp_test, 3094
tuple_remove, 3074
tuple_repeat, 3059
tuple_repeat_elem, 3060
tuple_replace, 3075
tuple_round, 3067
tuple_rsh, 3029
tuple_select, 3048
tuple_select_mask, 3049
tuple_select_range, 3050
tuple_select_rank, 3051
tuple_sem_type, 3115
tuple_sem_type_elem, 3116
tuple_sgn, 3020
tuple_sin, 3021
tuple_sinh, 3021
tuple_sort, 3054
tuple_sort_index, 3055
tuple_split, 3095
tuple_sqrt, 3022
tuple_str_bit_select, 3052
tuple_str_distance, 3096
tuple_str_first_n, 3097
tuple_str_last_n, 3098
tuple_str_replace, 3099
tuple_strchr, 3100
tuple_string, 3068
tuple_strlen, 3101
tuple_strrchr, 3101
tuple_strrstr, 3102
tuple_strstr, 3103
tuple_sub, 3023
tuple_substr, 3104
tuple_sum, 3086
tuple_symmdiff, 3078
tuple_tan, 3023
tuple_tanh, 3024
tuple_tgamma, 3025
tuple_type, 3116
tuple_type_elem, 3118
tuple_union, 3078
tuple_uniq, 3052
tuple_xor, 3073

Umgang mit Grafikfenster, 521, 525, 526, 1270, 1271, 1287, 1288, 1295
Umgebungsvariablen, 3088
Umrechnung einer Geraden in Plückerkoordinaten in eine Gerade, die durch einen Punkt und eine Richtung gegeben ist, 2811
Umrechnung einer Geraden in Plückerkoordinaten in eine Gerade, die durch zwei Punkte gegeben ist, 2812
Umrechnung einer Geraden, die durch einen Punkt und eine Richtung gegeben ist, in Plückerkoordinaten, 2813
Umrechnung einer Geraden, die durch zwei Punkte gegeben ist, in Plückerkoordinaten, 2814
uncalibrated_photometric_stereo, 375

union1, 2419
union2, 2420
union2_closed_contours_xld, 3159
union2_closed_polygons_xld, 3160
union_adjacent_contours_xld, 3231
union_cocircular_contours_xld, 3233
union_collinear_contours_ext_xld, 3236
union_collinear_contours_xld, 3238
union_cotangential_contours_xld, 3242
union_object_model_3d, 201
union_straight_contours_histo_xld, 1915
union_straight_contours_xld, 3246
unkalibriertes photometrisches Stereo, 375
unlock_mutex, 2689
unproject_coordinates, 1234
Untermerkmal wählen, 1730
Untermerkmale gruppieren, 1732
until, 2613
until-Schleife starten, 2608
unwarp_image_vector_field, 1107
update_bg_esti, 2835
update_kalman, 1913
update_window_pose, 1235
Ursprung (Referenzpunkt) eines Matching-Modells (deskriptorbasiert) setzen, 1984
Ursprung (Referenzpunkt) eines Matching-Modells (formbasiert) setzen, 2091
Ursprung (Referenzpunkt) eines Matching-Modells (korrelationsbasiert) setzen, 2111
Ursprung (Referenzpunkt) eines Matching-Modells (lokal deformierbar) setzen, 1961
Ursprung (Referenzpunkt) eines Matching-Modells (perspektivisch deformierbar) setzen, 1961
Ursprung eines Matching-Modells (deskriptorbasiert), 1979, 1981
Ursprung eines Matching-Modells (formbasiert), 2067
Ursprung eines Matching-Modells (korrelationsbasiert), 2108
Ursprung eines Matching-Modells (perspektivisch deformierbar), 1958

var_threshold, 2567
Variablenfenster anzeigen, 1764
Variablenfenster verbergen, 1765
Variablentyp konvertieren, 2597, 2598
Variablenwert setzen, 2593
Variationsmodell einlesen, 1512
Variationsmodell erzeugen, 1506
Variationsmodell löschen, 1502
Variationsmodell schreiben, 1515
Variationsmodell trainieren, 1514
Variationsmodell vorbereiten, 1057, 1079, 1508, 1509, 1511, 1514, 2206
Variationsmodell-Qualität prüfen, 1509
vector_angle_to_rigid, 2916
vector_field_length, 1108
vector_field_to_hom_mat2d, 2918
vector_field_to_real, 517
vector_to_aniso, 2918
vector_to_essential_matrix, 324
vector_to_fundamental_matrix, 326
vector_to_fundamental_matrix_distortion, 329
vector_to_hom_mat2d, 2920
vector_to_hom_mat3d, 2949
vector_to_pose, 2981
vector_to_proj_hom_mat2d, 2921
vector_to_proj_hom_mat2d_distortion, 2923
vector_to_rel_pose, 331
vector_to_rigid, 2926
vector_to_similarity, 2927
Vektor in Tupel konvertieren, 2598
Vektorfeld, 1097, 1107, 1108
Vektorfeld-Bild, 517
Vektorlänge, 1108
Verarbeitungszeit messen, 2617
Verbindungsanfrage für Socket annehmen, 2750
Vereinigung von 3D-Objektmodellen, 201
Vereinigungsmenge von zwei Tupeln, 3078
verfügbare Anzeigemodi, 1282
verfügbare Compute Devices, 2624
verfügbare Cursorformen, 1781
verfügbare Datacode-Parameter, 1426
verfügbare Farbanzahl, 1280
verfügbare Farbnamen, 1279, 1280
verfügbare Fehlersuchmodi, 2634
verfügbare Fenstertypen, 1230
verfügbare Linienbreiten, 1282
verfügbare Mauszeigerformen, 1241
verfügbare Modi zur Anzeige von Regionen, 1283
verfügbare Nachschlagetabellen (Look-Up-Tabellen, LUTs) des Grafikfensters erhalten, 1209
verfügbare Parameter des Lichtschnitt-Modells, 391
verfügbare Schriftarten (Fonts), 1309
verfügbare Slots der Operatorinformation, 2658
verfügbare Slots der Parameterinformation, 2658
verfügbare Slots der Prozedureninformation, 2658
verfügbare XLD-Kontur-Attribute, 3205, 3206
Vermessung von Kantenpaaren (1D Fuzzy-Vermessung), 4, 6
Vermessung von Kantenpositionen (1D Fuzzy-Vermessung), 8
verschachteltes Bild aus einem Mehrkanalbild erzeugen, 459
Verschlüsseltes Element, 2755, 2756
Verteilung anzeigen, 1769
Verteilung des Rauschens bestimmen, 1123
verwendete HALCON-Module, 2630
volume_object_model_3d_relative_to_plane, 220
Volumen eines 3D-Objektmodells, 220
von serieller Schnittstelle einlesen, 2731
Vordergrundregion extrahieren, 2831

Vorhandensein einer Datei prüfen, 572
Vorverarbeitete Daten einziehen, 411
Vorzeichen von Tupel-Elementen, 3020
vorzeichenbehaftetes Bild mit Schwellenwert segmentieren, 2557

wait_barrier, 2690
wait_condition, 2690
wait_event, 2691
wait_seconds, 2619
warten, 2619
Warteschlange für Nachrichtenobjekte löschen (Inter-Thread Kommunikation), 2663
Warteschlangenobjekt für Nachrichten erzeugen (Inter-Thread Kommunikation), 2668
Wasserscheiden extrahieren, 2588
watersheds, 2588
watersheds_marker, 2589
watersheds_threshold, 2591
weißes Rauschen hinzufügen, 1121
Wert einer 1D-Funktion, 2761
Wert von 1D-Funktion interpolieren, 2761
Werte einer 1D-Funktion, 2760
Werte einer 1D-Funktion multiplizieren, 2767
Werte einer 1D-Funktion negieren, 2765
Werte eines Tupel in einem Dictionary ändern, 3042
Werte von 1D-Funktion addieren, 2767
while, 2614
while-Schleife starten, 2614
wiener_filter, 1164
wiener_filter_ni, 1165
Window-Handle des Betriebssystems, 1220
Winkel zwischen 2D-Linie und der Reihenachse, 2773
Winkel zwischen 2D-Linien, 2772
Wort lesen (MLP), 2293
Wort lesen (SVM), 2339
Wort mittels Lexikon prüfen, 2285
Worte aus Lexikon, 2284
write_aop_knowledge, 2700
write_bar_code_model, 1385
write_calib_data, 1614
write_cam_par, 1576
write_camera_setup_model, 1615
write_class_gmm, 1670
write_class_knn, 1685
write_class_mlp, 1723
write_class_svm, 1758
write_class_train_data, 1733
write_component_model, 1848
write_contour_xld_arc_info, 587
write_contour_xld_dxf, 588
write_data_code_2d_model, 1440
write_deep_counting_model, 1925
write_deep_matching_3d, 111
write_deep_ocr, 2267
write_deformable_model, 1967
write_deformable_surface_model, 127
write_descriptor_model, 1984
write_dict, 3044
write_distance_transform_xld, 2818
write_dl_model, 817
write_encrypted_item, 2756
write_fft_optimization_data, 946
write_funct_1d, 2770
write_image, 562
write_image_metadata, 564
write_io_channel, 2649
write_lut, 1788
write_matrix, 2148
write_measure, 29
write_memory_block, 2754
write_message, 2692
write_metrology_model, 76
write_ncc_model, 2113
write_object, 567
write_object_model_3d, 202
write_ocr, 1888
write_ocr_class_knn, 2282
write_ocr_class_mlp, 2311
write_ocr_class_svm, 2354
write_ocr_trainf, 2360
write_ocr_trainf_image, 2361
write_ocv, 1456
write_polygon_xld_arc_info, 590
write_polygon_xld_dxf, 591
write_pose, 2984
write_region, 570
write_sample_identifier, 1813
write_samples_class_gmm, 1671
write_samples_class_mlp, 1724
write_samples_class_svm, 1758
write_serial, 2734
write_shape_model, 2094
write_shape_model_3d, 148
write_sheet_of_light_model, 398
write_string, 1314
write_structured_light_model, 1475
write_surface_model, 177
write_texture_inspection_model, 1501
write_training_components, 1848
write_tuple, 580
write_variation_model, 1515

x_range_funct_1d, 2771
XLD als Zeichenobjekt erzeugen, 1259
XLD auf Geschlossenheit testen, 3215
XLD für Zeichenobjekt setzen, 1267
XLD-Distanztransformation deserialisieren, 2779
XLD-Distanztransformation erzeugen, 2777
XLD-Distanztransformation löschen, 2776
XLD-Distanztransformation lesen, 2816
XLD-Distanztransformation schreiben, 2818
XLD-Distanztransformation serialisieren, 2817
XLD-Kontur, 2395
XLD-Kontur abschneiden, 3218
XLD-Kontur an Socket senden, 2748
XLD-Kontur anzeigen, 851, 1198, 1208

XLD-Kontur ausschneiden, 3221
XLD-Kontur einer Ellipse erzeugen, 3137
XLD-Kontur einer NURBS-Kurve erzeugen, 3130
XLD-Kontur einer Region erzeugen, 3133
XLD-Kontur eines gerundeten Polygons erzeugen, 3132
XLD-Kontur eines Kreises erzeugen, 3129
XLD-Kontur eines Kreuzes erzeugen, 3136
XLD-Kontur eines Polygons erzeugen, 3133
XLD-Kontur eines Rechtecks erzeugen, 3141
XLD-Kontur einzeichnen, 483
XLD-Kontur enthält Punkt, 3216
XLD-Kontur glätten, 3229
XLD-Kontur in 3D-Koordinaten transformieren, 1626
XLD-Kontur rektifizieren, 1624
XLD-Kontur schließen, 3219
XLD-Kontur segmentieren, 3225, 3226
XLD-Kontur teilen, 3231
XLD-Kontur von Skelett erzeugen, 3135
XLD-Kontur von Socket einlesen, 2744
XLD-Kontur zeichnen, 1343
XLD-Konturen an Ellipsen anpassen, 3178
XLD-Konturen an Kreise anpassen, 3176
XLD-Konturen an Linien anpassen, 3181
XLD-Konturen an Rechtecke anpassen, 3183
XLD-Konturen auswählen, 3207, 3209, 3211
XLD-Konturen bearbeiten, 2418, 3140, 3151–3153, 3155, 3157–3161, 3167, 3171, 3173, 3190, 3199, 3200, 3202, 3204, 3207, 3209, 3211, 3225, 3226, 3228, 3231, 3233, 3236, 3238, 3242, 3246
XLD-Konturen einlesen, 581, 582
XLD-Konturen erzeugen, 1052, 1055, 1057, 1060, 1079, 1084, 1085, 1087, 1089, 1343, 1344, 2566, 2572, 2573, 3132, 3133, 3135, 3137, 3141
XLD-Konturen mit lokalem Grauwertmaximum auswählen, 3197
XLD-Konturen schreiben, 587, 588
XLD-Konturen sortieren, 3230
XLD-Konturen zusammenfügen, 3159, 3160, 3222, 3231, 3233, 3236, 3238, 3242, 3246
XLD-Parallelen erzeugen, 3139
XLD-Parallelen extrahieren, 3142
XLD-Parallelen verbinden, 3198
XLD-Polygone einlesen, 584, 585
XLD-Polygone erzeugen, 3140
XLD-Polygone schreiben, 590, 591
XLD-Polygone und XLD-Parallelen verbinden, 3220
XLD-Polygonlinie, 3249
XLD-Polygonpunkte und -linien, 3251
`xyz_to_object_model_3d`, 272

`y_range_funct_1d`, 2771

Zeichen aus Region extrahieren, 2322
Zeichen aus Textdatei einlesen, 594
Zeichen aus Textfenster einlesen, 1310
Zeichen in String (Zeichenkette) suchen, 3100, 3101
Zeichen zu Trainingsdatei hinzufügen für optische Schriftzeichenerkennung (OCR), 2355
Zeichen-Nachschlagetabelle (Look-Up-Tabelle, LUT) für optische Schriftzeichenerkennung (OCR) erzeugen, 1883
Zeichenkettengröße (String), 1307
Zeichenkettenlänge (String), 3101
Zeichenmodus für Regionen, 1271
Zeichennamen aus der Trainingsdatei der optischen Schriftzeichenerkennung (OCR), 2358, 2359
Zeichenobjekt löschen, 1248
Zeichenobjekt mit HALCON-Fenster verknüpfen, 1247
Zeichenobjekt von einem graphischen HALCON Fenster entfernen, 1260
Zeichenregionen extrahieren, 2319
Zeiger (pointer) auf Bild, 521, 523, 524
Zeiger (pointer) auf Fensterdaten, 1223
Zeile aus Textdatei einlesen, 595
Zeilenkamera für Konturverarbeitung verwenden, 3222
Zeilenregion erzeugen, 2398
Zeilenvorschub im Text erzeugen, 593
zeilenweises Bildhistogramm, 1150, 1151
`zero_crossing`, 2572
`zero_crossing_sub_pix`, 2573
`zero_crossings_funct_1d`, 2771
`zoom_image_factor`, 986
`zoom_image_size`, 987
`zoom_region`, 2415
zufällige Region erzeugen, 2389, 2390
Zufallszahlen, 3059
zur seriellen Schnittstelle schreiben, 2734
zusammengesetzte Symbole einlesen, 2214, 2217, 2417, 2484
Zusammenhangskomponenten, 2484
Zusammenhangskomponenten im Hintergrund, 2479
Zusammenhangskomponenten und Löcher einer Region zählen, 2431
Zwischenspeicher (Puffer) der seriellen Schnittstelle löschen, 2728